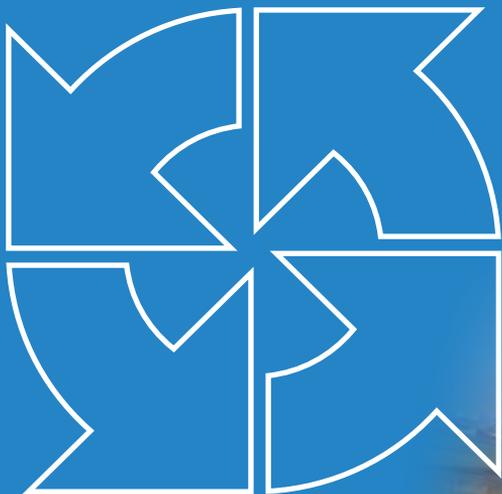


# HULLADÉK GAZDÁLKODÁS

Szerkesztette: **ALEKSZA László**



- **Hulladékgazdálkodás alapjai**
- **Hulladékok gyűjtése és szállítása**
- **Hulladékképződés megelőzése, újrahasználat, újrafeldolgozás, ártalmatlanítás**
- **Hulladékok energetikai hasznosítása**
- **Komposztálás, biogáz előállítás**
- **Mechanikai-biológiai hulladékkezelés**
- **Élelmiszeripari hulladékok és melléktermékek**



**Kézikönyv**

A könyv a TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0018  
számú projekt alapján készült.

## Hulladékgazdálkodás

**Szerkesztette:**  
**ALEKSZA László**

**Szerzők:**  
**ALEKSZA László**  
**ANTAL Tamás**  
**BÉRES András**  
**BODNÁRNÉ Sándor Renáta**  
**DÉR Sándor**  
**FARKAS Hilda**  
**FÜLEKY György**  
**GYURICZA Csaba**  
**HARTMAN Mátyás**  
**KALMÁR Imre**  
**KALMÁRNÉ Vass Eszter**  
**KISS Jenő**  
**KOVÁCS József Attila**  
**MOZSGAI Katalin**  
**NAGYNÉ Szendefy Judit**  
**POSTA Katalin**  
**SIMÁNDI Péter**  
**SIMON László**  
**SZIGETI Ferencz**  
**SZŐLLŐSI István**  
**URI Zsuzsanna**  
**VÍGH Szabolcs**  
**VINCZE György**

**A könyv nyomtatott megjelenését  
a ProfiKomp Zrt. támogatta.  
([www.profikomp.hu](http://www.profikomp.hu))**

# Tartalomjegyzék

<b>I. HULLADÉKGAZDÁLKODÁS ALAPJAI</b>	<b>10</b>
<b>I.1. Alapfogalmak, hulladékok besorolása (Farkas Hilda)</b>	<b>10</b>
I.1.1. A hulladék fogalma	10
I.1.2. A hulladékok környezeti hatásai	10
I.1.3. A hulladékok csoportosítása	11
I.1.4. A hulladékok jellemzéséhez tartozó alapfogalmak	11
I.1.5. A keletkezett hulladékok megoszlása a főbb hulladékkategóriák szerint	13
I.1.6. A hulladékok veszélyességi jellemzői	14
I.1.7. A hulladékjegyzék	15
I.1.8. Az EWC kódok	15
I.1.9. A hulladékok besorolása a hulladékjegyzék alapján	16
I.1.10. Kiegészítések a besoroláshoz	17
I.1.11. Besorolás veszélyes összetevők, tulajdonságok alapján	18
I.1.12. A H jellemzők és a határértékek összefüggése	18
I.1.13. A veszélyességi jellemzők alapján történő besorolás menete	19
I.1.14. A hulladékok minősítése	20
<b>I.2. A hulladékgazdálkodás nemzetközi és hazai jogi rendszere (Farkas Hilda)</b>	<b>22</b>
I.2.1. A hulladékgazdálkodás célja és eszközrendszere	22
I.2.2. A hulladékgazdálkodás hierarchiája	22
I.2.3. A hulladékgazdálkodás és a fenntarthatóság kapcsolata	23
I.2.4. A hulladékgazdálkodás alapelvei	24
I.2.5. Jogforrások az EU szabályozásában	25
I.2.6. Az EU hulladékstratégiája	25
I.2.7. A EU szabályozási hierarchiája	26
I.2.8. A hulladék keretirányelv	27
I.2.9. Kezelés-orientált szabályok – lerakás	28
I.2.10. Kezelés-orientált szabályok – termikus kezelés	30
I.2.11. Hulladék-orientált szabályozás	30
I.2.12. A kiterjesztett gyártói felelősség szabályai	31
I.2.13. A hulladékok nemzetközi szállítása	31
I.2.14. A hazai hulladékgazdálkodási szabályozás felépítése	32
I.2.15. A hulladékgazdálkodás tervezése	33
I.2.16. A hulladékról szóló törvény legfontosabb szabályai	34
I.2.17. A hulladékról szóló törvény új jogintézményei	34
I.2.18. A Ht. végrehajtási szabályai	35
I.2.19. A közszolgáltatásra vonatkozó szabályok	36
<b>I.3. A hulladékképződés megelőzése (Farkas Hilda)</b>	<b>37</b>
I.3.1. A megelőzés fogalma	37
I.3.2. A megelőzés igénye és jelentősége	37
I.3.3. A megelőzés helye a hulladékhierarchiában	38

I.3.4. A megelőzési tevékenységek	38
I.3.5. A gyártói kötelezettségek	39
I.3.6. A melléktermék	39
I.3.7. Az ipari ökológia és a „Zero Waste” („Nulla Hulladék”) célkitűzés	39
I.3.8. A megelőzési intézkedések és eszközök csoportosítása	40
I.3.9. Megelőzés a gazdaságban – a termelés tervezése	40
I.3.10. Megelőzés a gazdaságban – a termékek tervezése	41
I.3.11. Megelőzés a fogyasztásban	41
I.3.12. Eszközök a gazdasági szereplők ösztönzésére – gazdasági szabályozók	42
I.3.13. A veszélyes anyag tartalom csökkentése	42
I.3.14. Eszközök a fogyasztók ösztönzésére	43
I.3.15. Az önkéntes vállalások	43
I.3.15.1. Környezetvédelmi irányítási rendszerek	43
I.3.15.2. Önkéntes megállapodások	44
I.3.16. Öko-tervezés, öko-címke	44
I.3.17. Zöld közbeszerzés	45
I.3.18. Az Országos Megelőzési Program – a jövőkép	45
I.3.19. Az Országos Megelőzési Program – átfogó célkitűzések	46
I.3.20. Az Országos Megelőzési Program – cselekvési program	46
<b>I.4. Hulladékgazdálkodási tevékenységek; hulladékok gyűjtése, szállítása (Antal Tamás)</b>	<b>48</b>
I.4.1. A hulladékok gyűjtésének, begyűjtésének általános szabályai	48
I.4.2. Nem veszélyes hulladékok gyűjtése, begyűjtése	49
I.4.2.1. Házon belüli, közterületi kommunális és szelektív hulladékgyűjtés	50
I.4.2.2. Hulladékgyűjtő edények, eszközök	52
I.4.3. Veszélyes hulladékok gyűjtése, begyűjtése	53
I.4.3.1. Lakosságtól származó veszélyes hulladékok begyűjtése	53
I.4.3.2. Üzemi veszélyes hulladékok gyűjtése, átmeneti tárolása	54
I.4.4. Hulladékgyűjtők kialakítása és felépítése	55
I.4.5. Hazai hulladékszállítás megvalósítása	56
I.4.5.1. Kommunális hulladékgyűjtő járatok szervezése és tervezése	56
I.4.5.2. A begyűjtésben résztvevő járművek és eszközök	58
I.4.5.3. Modern technológiák alkalmazása a hulladékgyűjtésben	59
<b>I.5. Hulladékok kezelése, hasznosítása (Mozsgai Katalin, Simándi Péter)</b>	<b>63</b>
I.5.1. Hulladékhasznosítási technológiák csoportosítása	63
I.5.2. Papír	66
I.5.2.1. Az alapanyag jellemzői	66
I.5.2.2. Papírhulladék hasznosítása	67
I.5.3. Fém	70
I.5.3.1. Az alapanyag jellemzői	70
I.5.3.2. Hasznosítás	71
I.5.3.3. A fémhulladékok kezelésére alkalmazott eljárások	72
I.5.4. Fa	75
I.5.5. Üveg	77
I.5.5.1. Az alapanyag jellemzői	77
I.5.5.2. Betétdíjas üvegek újrahasználata	77
I.5.5.3. Hasznosítás	78

I.5.6. Műanyag	81
I.5.6.1. Az alapanyag jellemzői	81
I.5.6.2. Hulladék műanyagok kezelése, hasznosítása	82
I.5.6.3. Konkrét technológiai folyamatok bemutatása néhány példán keresztül	86
I.5.7. Gumi	89
I.5.7.1. Szilárdsághordozó anyagok	89
I.5.7.2. Hasznosítási lehetőségek	91
I.5.8. Textil	93
I.5.9. Elektronikai hulladékok	94
I.5.9.1. Elhasználódott eszközök bontási technológiája	96
I.5.10. Gépjármű hulladékok	97
I.5.10.1. Roncsautók kezelése, hasznosítása	98
I.5.11. Építési-bontási hulladék	99
I.5.12. Veszélyes hulladékok: olaj-, elem-, illetve akkumulátor-, gyógyszer hulladékok stb.	101
I.5.12.1. Olajhulladékok	102
I.5.12.2. Elem-, illetve akkumulátorhulladék	102
I.5.12.3. Gyógyszer és egészségügyi hulladék	107
I.5.12.4. Növényvédő szerekből és csomagolóeszközeiből képződő hulladék	108
I.5.13. A települési szilárd hulladékok hasznosítása	108
I.5.13.1. Maradékanyag hasznosítás, kezelés mechanikai-biológiai stabilizálással (MBH)	110
<b>I.6. Termikus hulladékkezelés, ártalmatlanítás (Simándi Péter)</b>	<b>112</b>
I.6.1. Égetés	112
I.6.1.1. Az égetés fő technológiai lépései	116
I.6.1.2. Tüzelőberendezések	117
I.6.2. Hőhasznosítás, füstgázhűtés	123
I.6.3. Füstgáztisztítás	124
I.6.4. Szilárd égetési maradék kezelése	130
I.6.5. Hulladékégetés hazai példái	130
I.6.5.1. Fővárosi Hulladékhasznosító Mű	130
I.6.5.2. SARPI Dorog Kft.	133
I.6.6. Pirolízis	136
I.6.6.1. Pirolízis jellemző vegyi folyamatai	138
I.6.7. Elgázosítás	139
I.6.8. Plazmasugaras égetés	139
I.6.9. Égetés nagyhőfokú ipari technológiákban (együttégetés)	141
<b>I.7. Hulladékok lerakása (Hartman Mátyás, Simándi Péter)</b>	<b>143</b>
I.7.1. A hulladéklerakóban lejátszódó folyamatok	143
I.7.1.1. Mechanikai folyamatok	143
I.7.1.2. Fizikai-kémiai folyamatok	145
I.7.1.3. Biokémiai folyamatok	146
I.7.2. Gázmentesítés	150
I.7.3. A lerakó vízháztartása	152
I.7.4. A hulladéklerakókkal kapcsolatos követelmények	154
I.7.4.1. A hulladéklerakók helykiválasztása	157
I.7.4.2. Hulladéklerakók kialakítása	158
I.7.4.3. Hulladéklerakók műszaki védelme	159

I.7.4.4. Csurgalékvízgyűjtő rendszer (szivárgórétteg)	164
I.7.5. A hulladéklerakás technológiája	165
I.7.6. Hulladéklerakók üzemeltetése, ellenőrzése	167
I.7.7. Hulladéklerakók rekultivációja	170
<b>II. ÉLELMISZERIPARI MELLÉKTERMÉKEK</b>	<b>172</b>
<b>II.1. Alapfogalmak</b> (Simon László)	<b>172</b>
<b>II.2. Az élelmiszer-veszteség okai és mértéke, az élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok keletkezése és mennyisége</b> (Simon László)	<b>174</b>
<b>II.3. Az élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok jellemző tulajdonságai, csoportosítása, azonosítása és besorolása</b> (Simon László)	<b>181</b>
II.3.1. Az élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok jellemző tulajdonságai	181
II.3.2. Az élelmiszeripari melléktermékeinek és hulladékainak csoportosítása élelmiszeripari ágazatok szerint	182
II.3.2.1. Gyümölcs- és zöldségfeldolgozás melléktermékei és hulladékai	182
II.3.2.2. Növényolaj-ipar melléktermékei és hulladékai	183
II.3.2.3. Erjedési iparok melléktermékei és hulladékai	184
II.3.2.4. Tejipar melléktermékei és hulladékai	184
II.3.2.5. Húsipar, baromfiipar, halfeldolgozás melléktermékei és hulladékai	185
II.3.3. Az élelmiszer-hulladékok azonosítása és besorolása	187
<b>II.4. Az élelmiszeripar különleges kezelést igénylő melléktermékei és hulladékai</b> (Simon László)	<b>189</b>
II.4.1. Az állati eredetű melléktermékek kategóriákba sorolása	189
1. kategória – kiemelkedő veszély (csak ártalmatlanításra)	189
2. kategória – nagy veszély (nem állati takarmányozásra)	190
3. kategória – kis veszély (nem emberi fogyasztásra)	191
II.4.2. Állati eredetű melléktermékek hasznosítására vonatkozó előírások	192
<b>II.5. Az élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok gyűjtése és szállítása</b> (Simon László, Antal Tamás, Kiss Jenő)	<b>193</b>
II.5.1. Élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok gyűjtésével, nyilvántartásával, tárolásával, szállításával és kereskedelmével kapcsolatos alapfogalmak és előírások	193
II.5.2. Élelmiszer-hulladékok és állati eredetű melléktermékek gyűjtése, tárolása, szállítása és feldolgozása	195
II.5.3. Használt sütőolaj és zsiradékgyűjtése, tárolása, szállítása és feldolgozása	198
<b>II.6. Élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok hasznosítása</b> (Simon László)	<b>201</b>
II.6.1. Az élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok hasznosítható összetevői	201
II.6.1.1. Szénhidrátok	201
II.6.1.2. Aminosavak és fehérjék	202
II.6.1.3. Karbonsavak, zsírok és olajok	203
II.6.1.4. Alkoholok	203
II.6.2. Az élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok hasznosítási eljárásai	204

<b>II.7. Élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok mezőgazdasági hasznosítása</b> (Simon László)	<b>206</b>
II.7.1. Konzerv-, hűtő-, és szárítóipar melléktermékeinek és hulladékeinak mezőgazdasági hasznosítása	206
II.7.2. Malomipar és hántolóipar melléktermékeinek és hulladékeinak mezőgazdasági hasznosítása	206
II.7.3. A növényolaj-iparmelléktermékeinek és hulladékeinak mezőgazdasági hasznosítása	207
II.7.4. A cukoripar és édesiparmelléktermékeinek és hulladékeinak mezőgazdasági hasznosítása	208
II.7.5. Szesz-, bor-, és söripar melléktermékeinek és hulladékeinak mezőgazdasági hasznosítása	209
II.7.6. Állati eredetű melléktermékek mezőgazdasági hasznosítása	211
II.7.6.1. A húsipar melléktermékei, mint takarmány alapanyagok	211
II.7.6.2. A tejipar melléktermékei, mint takarmány alapanyagok	213
II.7.7. Élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok komposztálása	214
II.7.8. Élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok hasznosítása trágyaként	215
<b>II.8. Élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok ipari feldolgozása és hasznosítása</b> (Simon László)	<b>217</b>
II.8.1. Konzerv-, hűtő-, és szárítóipar melléktermékeinek és hulladékaik ipari hasznosítása	217
II.8.2. Malomipar, növényolaj-ipar és a keményítő-gyártás melléktermékeinek és hulladékaik ipari hasznosítása	217
II.8.3. Cukoripar és édesipar melléktermékeinek és hulladékaik ipari hasznosítása	218
II.8.4. Szesz- és boripar melléktermékeinek és hulladékaik ipari hasznosítása	219
II.8.5. Húsipari melléktermékek ipari alapanyagként történő hasznosítása	219
II.8.6. A tejipar melléktermékeinek ipari hasznosítása	220
<b>II.9. Élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok energetikai hasznosítása</b> (Simon László, Simándi Péter)	<b>222</b>
II.9.1. Biogáz-előállítás élelmiszeripari melléktermékekből és hulladékokból	222
II.9.2. Élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok pirolitikus hőbontása	224
II.9.3. Az élelmiszeripari hulladékok égetése	227
<b>II.10. Élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok hasznosításának és ártalmatlanításának technológiai</b> (Szöllösi István, Simon László, Simándi Péter, Kovács Attila József, Nagyné Szendefy Judit, Uri Zsuzsanna)	<b>230</b>
II.10.1. Növényi eredetű melléktermékek hasznosítása karotinoidok, színanyagok, diétás rostok, pektin és fehérjék kinyerésére	230
II.10.1.1. Karotinoidok, színanyagok, antioxidánsok, diétás rostok és pektin kinyerése	232
II.10.1.2. Fehérjék kinyerése	232
II.10.2. Kenyérhulladék hasznosítása fermentációval	234
II.10.3. Biológiai lebomló csomagolóanyagok előállítása élelmiszeripari melléktermékekből és hulladékokból	235
II.10.3.1. Biopolimerek	236
II.10.3.2. Nemzetközi és hazai tendenciák a biopolimer-gyártásban	238
II.10.4. Az állati eredetű melléktermékek hasznosítása hús-, toll- és vérliszt-előállítás céljából	239

II.10.4.1. Vegyes állatifehérje-liszt gyártástechnológiája	241
II.10.4.2. Állatifehérje toll-liszt gyártástechnológiája	247
II.10.4.3. Hemoglobinn termékek gyártástechnológiája	249
II.10.5. Biogáz előállítás kilúgozott cukorrépa-szeletből egy hazai cukorgyárban	250
II.10.6. Élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok termikus hasznosítása és ártalmatlanítása	252
II.10.6.1. Növényi eredetű élelmiszeripari melléktermékek termikus hasznosítása (a sörtörköly égetése)	253
II.10.6.2. Állati eredetű melléktermékek termikus hasznosítása és ártalmatlanítása	255
<b>II.11. Élelmiszeripari szennyvizek kezelése (Uri Zsuzsanna)</b>	<b>260</b>
II.11.1. Az élelmiszeripari szennyvíz mennyiségi és minőségi jellemzése	260
II.11.2. Az élelmiszeripari szennyvizek tisztításánál alkalmazható szennyvízkezelési technológiák	261
II.11.3. Konzervipari szennyvizek tisztítása – esettanulmány	264
II.11.4. Hűtőipari szennyvizek tisztítása – esettanulmány	265
II.11.5. Tejipari szennyvíztisztítás – esettanulmány	267
II.11.6. Állatifehérje-feldolgozó üzem szennyvizének tisztítása – esettanulmány	269
<b>III. BIOLÓGIAI HULLADÉKKEZELÉS</b>	<b>272</b>
<b>III.1. Bevezetés (Aleksza László)</b>	<b>272</b>
<b>III.2. A biológiai hulladékkezelés kémiai és biológiai folyamatai (aerob, anaerob rendszerek) (Posta Katalin)</b>	<b>274</b>
III.2.1. Az aerob és az anaerob kezelés mikrobiológiai összefüggései, mezofil, termofil rendszerek	274
III.2.2. Komposztálás szakaszai, termofil fázis jelentősége	277
III.2.2.1. Lebomlási szakasz	278
III.2.2.2. Átalakulási szakasz	279
III.2.2.3. Érés fázis, más néven felépülési fázis az utolsó szakasz	279
III.2.3. A komposztálás feltételei	279
III.2.3.1. Mikroorganizmusok a komposztálás során	279
III.2.3.2. A szén/nitrogén arány	282
III.2.3.3. Nedvességtartalom	283
III.2.3.4. Oxigénellátás	283
III.2.4. Anaerob kezelés, biogáz előállítás szakaszai és a metántermelést befolyásoló tényezők	283
III.2.4.1. Az anaerob lebontás és a biogáz előállítás szakaszai	283
III.2.4.2. A metántermelést befolyásoló tényezők	286
III.2.4.2.1. Hőmérséklet	286
III.2.4.2.2. Tápanyag	286
III.2.4.2.3. Nedvesség/Szárazanyag-tartalom	287
III.2.4.2.4. Kémhatás	287
III.2.4.2.5. Inhibitorok/Toxikus-anyagok	287
III.2.4.2.5. Szemcseméret	287
III.2.4.2.6. Hidraulikus tartózkodási idő (HRT - Hydraulic Retention Time)	288
III.2.4.2.7. Szerves töltési arány (OLR- Organic Loading Rate)	288



III.2.4.2.8. Koszubsztrát hatás	288
III.2.5. Nitrogén-transzformációs folyamatok	288
III.2.6. Szervesanyag-átalakulási folyamatok az aerob és az anaerob rendszereknél, humuszanyagok a komposztban	292
<b>III.3. Komposztálási technológiák (Dér Sándor, Füleky György)</b>	<b>296</b>
III.3.1. Nyitott rendszerek	296
III.3.1.1. Passzív komposztálás	296
III.3.1.2. Prizmakomposztálás	296
III.3.1.3. Levegőztetett prizmakomposztálás	297
III.3.2. Zárt komposztálási rendszerek	297
III.3.2.1. Szemipermiábilis membránnal takart levegőztet komposztálási rendszerek	297
III.3.2.2. Zárt reaktorterek	298
<b>III.4. A komposztálás munkaműveletei (Dér Sándor)</b>	<b>299</b>
III.4.1. Anyagmozgatás a komposztáló telepen	299
III.4.2. Hulladékok átvétele	300
III.4.3. A hulladékok (alapanyagok) tárolása	300
III.4.4. Előkészítés	301
III.4.5. Az intenzív érés/intenzív komposztálás	302
III.4.6. Utóérés	303
III.4.7. Utókezelés – a komposzt rostálása	303
III.4.8. A komposztok tárolása	304
<b>III.5. A komposztok forgalomba hozásának szabályai az EU tagállamaiban (Dér Sándor)</b>	<b>306</b>
III.5.1. A minőségbiztosítási rendszerek működése	306
III.5.2. A komposztok minőségi besorolása	307
<b>III.6. Biogáz előállítása szerves hulladékokból (Kalmár Imre)</b>	<b>309</b>
III.6.1. A biogáz előállítás jelentősége	309
III.6.2. A biogáz előállítás technológiai alapjai	309
III.6.3. A biogáz előállítás feltételei	310
III.6.4. A biogáz előállítás technológiai rendszere	311
III.6.4.1. A biogáz előállítási folyamat	311
III.6.4.2. Előkészítő műveletek	311
III.6.4.3. A szerves anyag lebontás	312
III.6.4.4. Az output anyagok kezelése	312
III.6.5. A biogáz üzemek működési módjai	312
III.6.6. A biogáz képződését befolyásoló tényezők	312
III.6.7. A biogáz előállítás output anyagai	313
III.6.7.1. A termelődött biogáz összetétele	314
III.6.7.2. Az erjesztési maradék tulajdonságai	314
III.6.7.3. Biogáz hasznosítás	314
III.6.7.3.1. A metán gáz közvetlen értékesítése, hasznosítása	314
III.6.7.3.2. A hőenergia előállítás	314
III.6.7.3.3. Elektromos energia előállítás	315
III.6.7.3.4. Kombinált elektromos- és hőenergia előállítás	315
III.6.7.3.5. Közvetlen elektromos energia előállítás tüzelőanyag cellákkal	315

III.6.7.4. Az erjesztési maradék hasznosítása	315
III.6.8. A biogáz előállítás technikai eszközei	315
III.6.8.1. Alapanyag tároló, homogenizáló berendezések	316
III.6.8.2. Erjesztés berendezései, a fermentorok	316
<i>III.6.8.2.1. A fermentortér kialakítása</i>	316
<i>III.6.8.2.2. A fermentortér fűtése</i>	317
<i>III.6.8.2.3. A keverőszerkezet</i>	318
III.6.8.3. Gáztisztító berendezések	318
III.6.8.4. Gáztárolók	318
III.6.8.5. Anyagáramlás és -továbbítás	319
III.6.8.6. Mérő és szabályozó berendezések	319
III.6.8.7. Biztonsági berendezések	319
<b>III.7. A mechanikai-biológiai hulladékkezelés (MBH) (Aleksza László, Gyuricza Csaba)</b>	<b>320</b>
III.7.1. Stabilizálási technológiák	321
III.7.1.1. Mechanikai-biológiai stabilizálás	321
III.7.1.2. Mechanikai-fizikai stabilizálás	322
III.7.1.3. Biológiai szárítás - Szárazstabilizálás	322
III.7.2. A mechanikai biológiai hulladékkezelés gyakorlata	322
III.7.2.1. Biológiai kezelések	323
III.7.2.1.1. Aerob kezelés	323
III.7.2.1.2. Anaerob kezelés	324
III.7.3. Az MBH-ból kikerülő kimenő anyagáramok	324
III.7.3.1. Komposztszerű anyag (Compost-like output, CLO)	324
III.7.3.2. Biogáz	324
III.7.3.3. Másodlagos tüzelőanyag (RDF)	325
III.7.3.4. Biostabilizált hulladék	325
III.7.3.5. Újrahasznosítható anyagok	325
<b>III.8. A biológiai hulladékkezelés környezeti és környezet-egészségtani hatásai</b>	
(Béres András)	<b>326</b>
III.8.1. Szag és poremisszió	327
III.8.2. Talaj és talajvíz	329
III.8.3. Csurgalékvíz kezelési technológiák	329
III.8.4. Zajszennyezés, munkavédelmi szempontok	340
<b>REFERENCIÁK</b>	<b>344</b>
<b>SZABÁLYOK, IRÁNYELVEK, SZABVÁNYOK</b>	<b>352</b>
<b>INTERNET</b>	<b>354</b>

# I. HULLADÉKGAZDÁLKODÁS ALAPJAI

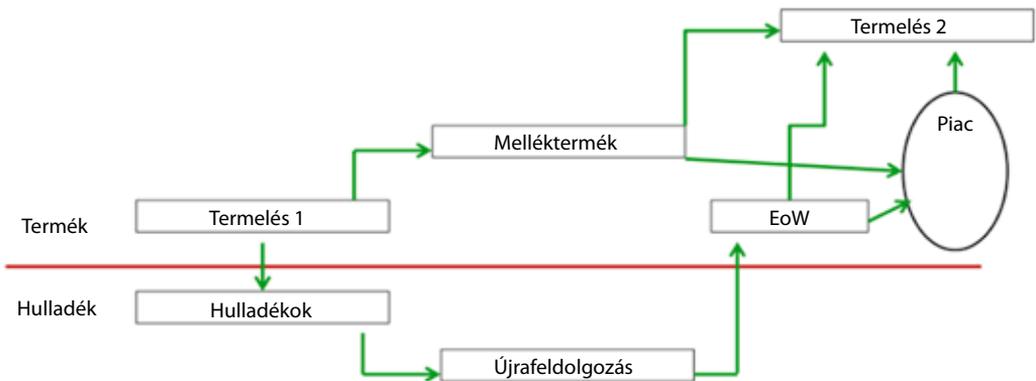
## I.1. Alapfogalmak, hulladékok besorolása

(Farkas Hilda)

### I.1.1. A hulladék fogalma

Mind az európai, mind a hazai szabályozás régóta küzd egy egzakt hulladék fogalom megalkotásával. Ez alapvető annak érdekében, hogy egyértelműen eldönthető legyen, mely anyagok, tárgyak tartoznak a hulladék szabályozás körébe. A korábbi szabályozás értelmében „hulladék: bármely, az 1. számú melléklet szerinti kategóriák valamelyikébe tartozó tárgy vagy anyag, amelytől birtokosa megválnak, megválni szándékozik, vagy megválni köteles”. A jogszabályban feltüntetett 1. melléklet kategóriái azonban túl általánosak voltak, ez sok vitát eredményezett. Ezért a 2008/98/EK európai parlamenti és tanácsi irányelv (Hulladék Keretirányelv: HKI) módosította a fogalmat, amelyet a hulladékról szóló 2012. évi CLXXXV törvény (Ht.) is szó szerint átvett. Ennek értelmében „hulladék bármely anyag vagy tárgy, amelytől birtokosa megválnak, megválni szándékozik vagy megválni köteles”.

Mivel a meghatározás meglehetősen nyitott, az új szabályozási környezet igyekezett azt „kívülről” lezárni, vagyis azokat a feltételeket is meghatározni, amelyek esetén az anyag vagy tárgy nem minősül hulladéknak. Ennek érdekében bevezette a hulladék státus megszűnését („end of waste”: EoW), és a melléktermék fogalmát. Mindkét esetben cél a piacképes alapanyag visszavezetése a termelésbe, ezáltal a fenntartható erőforrás gazdálkodás biztosítása. A hulladék státus megszűnését olyan magas fokú újrafeldolgozással lehet elérni, amelynek eredményeként alapanyag minőségű, piacképes termék állítható elő. A két státus között az a leglényegesebb különbség, hogy míg a melléktermék nem válik hulladékká, hanem közvetlenül felhasználható más ipari folyamatokban, az EoW olyan anyagokból előállított termék, amely már korábban hulladéknak minősült. A folyamatot az I.1.1. ábra szemlélteti.



I.1.1. ábra: A melléktermék és a hulladék státus megszűnésének kapcsolata a termeléssel

### I.1.2. A hulladékok környezeti hatásai

A hulladékok egyik legfontosabb hatása, hogy a környezetbe kerülve veszélyeztethetik annak elemeit, illetve az emberi egészséget. Éppen ezért a hulladékgazdálkodás kiemelkedő feladata a keletkező hulladék megfelelő összeszedése, szállítása, illetve olyan kezelési módok alkalmazása, amely során a

hulladék, vagy az abban lévő anyag a lehető legnagyobb mértékben hasznosul, illetve a nem hasznosítható hulladékok pedig ártalmatlanításra kerülnek. Mindezen műveleteket úgy kell végezni, hogy elkerüljük a környezet és az emberi egészség veszélyeztetését vagy károsítását.

A hulladékok környezeti hatásai rendkívül sokfélék lehetnek. Ilyen esetet, amikor a hulladék valamely összetevője kijut a környezeti elemekbe, pl. a könnyen illó komponensek a környezeti levegőbe párolognak, az oldható komponensek a talajvízbe jutnak. Talajminőség romlást okoz, ha a hulladék közvetlenül a talaj felszínére, vagy annak mélyebb rétegeibe jut (szilárd vagy folyékony halmazállapotú hulladékok). Környezetkárosítást okozhatnak a hulladékok bomlástermékei is pl. a biológiai lebomlás során felszabaduló metán, vagy a nap, szél, csapadék, hő, fény hatására történő változások, felaprózódás, majd szél általi elhordás.

A környezeti hatás szempontjából beszélhetünk nem veszélyes és veszélyes hulladékokról. A nem veszélyes hulladékok egyik speciális csoportja az inert hulladék, amely nem bocsát ki káros anyagot a környezetbe. Az újrafeldolgozási műveletek során különösen a munkafázisokat végző dolgozókra gyakorolt munkaegészségügyi hatások a meghatározóak, míg termikus hasznosítás és az ártalmatlanítás (lerakás, égetés) során a hulladékban lévő káros anyagok környezetbe jutását kell megakadályozni. A lerakhatóság feltételei elsősorban a kioldható komponensek mennyiségétől és veszélyességétől függenek, míg a termikus alapú kezelések előírásait a hulladékban lévő összes káros anyag (pl. nehézfémek, kén- és klórtartalom) határozza meg.

### **1.1.3. A hulladékok csoportosítása**

A hulladékok csoportosítása a célnak megfelelően többféle lehet, de megjegyezzük, hogy ezek a csoportosítások éppen ezért sokszor önkényesek. A legfontosabb elkülönítés a veszélyes és nem veszélyes hulladékok megkülönböztetése. Ennek igen komoly következménye, hogy a hulladék további kezelése ennek megfelelően történik. A veszélyes hulladékok jellemzője, hogy ellenőrizetlen körülmények között jelentős környezeti, illetve egészségügyi károkat okozhatna, ezért velük minden műveletet (gyűjtés, tárolás, szállítás és kezelés) szigorú szabályoknak megfelelően kell végezni.

Az eredet szerint szintén szokás csoportosítani a hulladékokat, ez alapján megkülönböztetünk ipari (termelői), mezőgazdasági, lakossági, és szolgáltatási eredetű hulladékokat. Bár ennek a felosztásnak sokszor statisztikai célú a jelentősége, az tény, hogy a lakossági eredetű hulladék fajták köre lényegesen szűkebb a többi szektorban keletkezőknél. Ugyanakkor az átjárhatóság ezen kategóriák között igen rugalmas, hiszem a termelői szektorban is keletkezik háztartási jellegű hulladék (irodák, szociális helységek), de a lakoságnál is keletkezik pl. építési-bontási hulladék.

További csoportosításra ad lehetőséget a hulladék halmazállapota szerinti elkülönítés: szilárd, iszapszerű, folyékony, vagy gáz halmazállapotú. Ennek jelentősége egyrészt a további kezelés szempontjából van, illetve a környezeti hatás miatt is érdemes erre figyelemmel lenni. A mezőgazdasági eredetű hulladékok egy része már nem hulladék, pl. az a biomassa, amelyet a mezőgazdálkodás során visszaforgatnak a természetes körforgása, de ugyanez vonatkozik az állati melléktermékekre is, amelyekre ma már külön uniós rendelet vonatkozik, és amelyeknek csak igen kis része válik ténylegesen hulladékká.

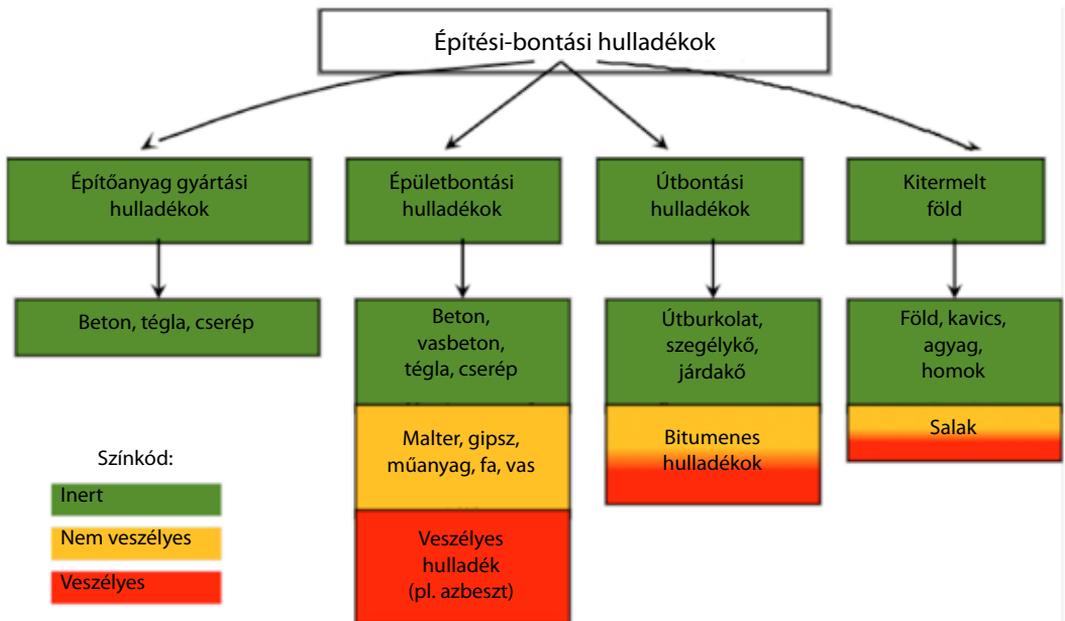
### **1.1.4. A hulladékok jellemzéséhez tartozó alapfogalmak**

A hulladékok jellemzése szempontjából alapvetően három irányból indulhatunk el. Az első megközelítés a hulladékok eredete szerint tesz különbséget, például: építési-bontási hulladék, egészségügyi intézményekben képződő hulladék, háztartási hulladék, háztartási hulladékhoz hasonló hulladék, lomhulladék, települési hulladék, termelési hulladék, vegyes hulladék. Ezek a definíciók megtalálhatók a hulladékokról szóló törvényben, vagy annak végrehajtási rendeleteiben.

A második megközelítés alkalmazásakor elsősorban a hulladék anyagi összetevőire vagyunk tekintettel, például: biohulladék, biológiailag lebomló hulladék, csomagolási hulladék, hulladék-

olaj, elektromos, elektronikus berendezések hulladéka, elem-akkumulátor hulladék, hulladékká vált gépjárművek, PCB hulladék, szennyvíziszap. Ezekben az esetekben már nem minden esetben találunk jogszabályi definíciót, de sokszor nincs is erre szükség.

A harmadik megközelítés a környezeti hatás alapján különbözteti meg a hulladékokat: inert hulladék, veszélyes hulladék. Itt kell megemlíteni még három fontos alapfogalmat. A hulladéktípus jelenti azt a hulladékot, amely a hulladéklista egy adott kódszámával jellemezhető, míg a hulladékfajta a jellemző anyagi összetételre vonatkozik (pl. fa, fém, papír, üveg, kompozit, műanyag, biológiailag lebomló stb.), így elsősorban a fönti csoportosítás második csoportjához rendelhető fogalom. A hulladékjelleg a hulladék inert, nem veszélyes vagy veszélyes jellemzője. A 1.1.2. ábrán szemléltetjük, hogy az építési-bontási hulladékok csoportján belül hogyan oszlanak meg a hulladékok inert, nem veszélyes vagy veszélyes jellemzőik alapján.



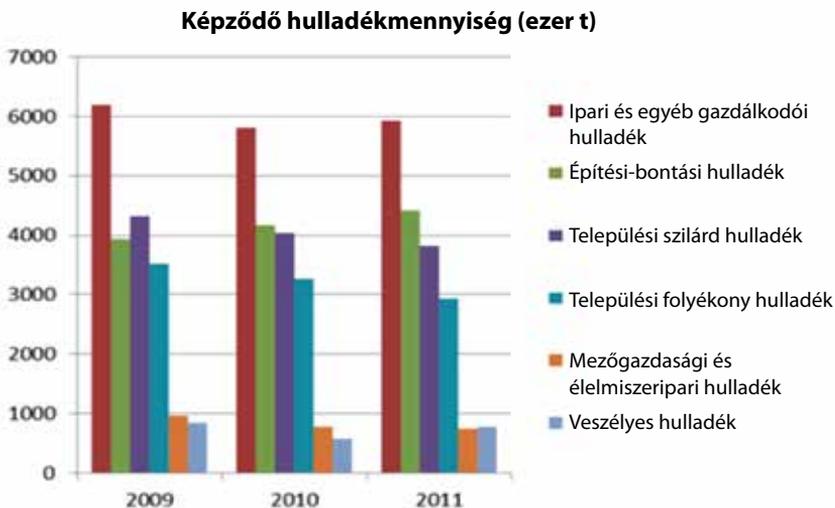
**1.1.2. ábra: Az építési-bontási hulladékok feloslása a környezeti veszélyességük szerint**

### I.1.5. A keletkezett hulladékok megoszlása a főbb hulladékkategóriák szerint

Magyarországon a képződő hulladék mennyiség folyamatosan csökken (lásd I.1.3. ábra), a 2009-es közel 20 millió tonnáról 2011-re mintegy 18,6 M tonnára. Szinte valamennyi kategóriában tapasztalhatjuk a csökkenést (I.1.4. ábra).



I.1.3. ábra: A Magyarországon képződő hulladékok mennyisége 2009-2011  
(Forrás: OHT 2014-2020 adatai alapján)



I.1.4. ábra: A képződő hulladékok megoszlása főbb kategóriák szerint 2009-2011  
(Forrás: OHT 2014-2020 adatai alapján)

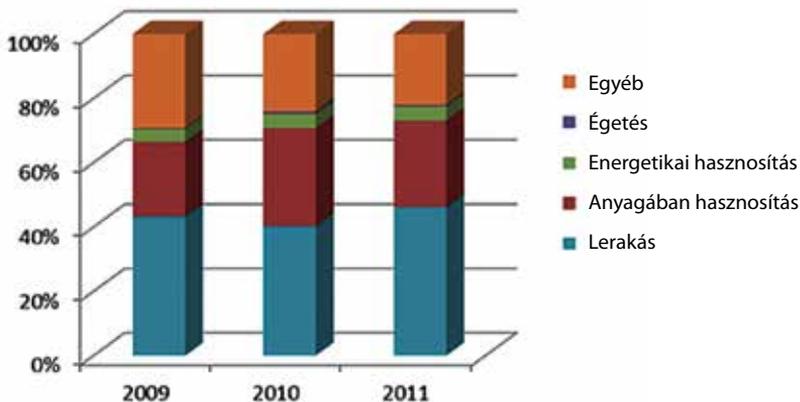
Legnagyobb mértékben a mezőgazdasági és élelmiszeripari hulladékok mennyisége csökkent. Ennek oka lehet, hogy egyre több képződő anyagot forgatnak vissza a termelésbe, illetve dolgoznak fel melléktermékké.

2013-ban további jelentős csökkenés várható már csak azért is, mert ettől az évtől a települési folyékony hulladék kikerül a hulladék körből, és átkerül a szennyvíz-szabályozás alá.

A veszélyes hulladékok mennyiségének kisebb ingadozása rendszeresen megfigyelhető az adat-sorokban. Ennek oka, hogy ide tartoznak a kármentesítés során kitermelt veszélyes anyagok is, amelyek mennyisége a kármentesítési programba bevont területek szennyezésének jellegétől függ.

Egyértelmű emelkedést mutat az építési-bontási hulladékok mennyisége. Az I.1.5. ábrán bemutatjuk a hulladékok megoszlását a kezelések módjától függően. Látható, hogy az újrafeldolgozás (anyagában hasznosítás) 2011-re némileg csökkent a 2010 évihez képest, ezzel párhuzamosan a lerakás kissé emelkedett. Ezzel együtt az újrafeldolgozás 25 % körüli, a lerakás pedig 43 %. Nem jelentős Magyarországon a hulladékok termikus kezelése, 5 % körüli.

### A keletkező hulladékok kezelésének megoszlása



I.1.5. ábra: A Magyarországon képződő hulladékok kezelése 2009-2011

(Forrás: OHT 2014-2020 adatai alapján)

### I.1.6. A hulladékok veszélyességi jellemzői

Lényeges kérdés annak eldöntése, hogy a hulladék veszélyes, vagy nem veszélyes jelleggel bír-e, mivel ettől a döntéstől függ, hogy a továbbiakban milyen szabályok szerint kell kezelni. A veszélyes hulladékokkal történő gazdálkodásra lényegesen szigorúbb szabályok érvényesek, legyen az gyűjtés, szállítás vagy kezelés. A Ht. definíciója szerint veszélyesnek kell tekinteni a hulladékot, ha legalább egy veszélyességi jellemzővel rendelkezik. A veszélyességi jellemzők a Ht. 1. mellékletében vannak felsorolva, jelük H (hazardous properties), értékük H1-H15 között változik. A veszélyességi jellemzők a Jogszabályban megtalálhatók.

A H tényezők hatásuk szerint több csoportba oszthatók.

- A H1-H3 csoport a környezetben való agresszív tulajdonságokat fogja össze, mint robbanásveszélyes, tűzveszélyes, vagy más anyagokkal hevesen reagáló. Az ezekkel a jellemzőkkel bíró hulladékok esetén rendszerint a tűzvédelmi előírások betartása is irányadó. Ilyenek pl. a szerves oldószer hulladékok, vagy a robbanószerek hulladékai.
- A H4-H8 jellemzők csoportja az élőlények fiziológiai folyamataira gyakorol káros hatás, mint például az irritáló, mérgező, rákkeltő, maró hatású. Ide soroljuk a például a gyártási folyamatokból kikerülő vegyi anyagokat, nehézfém, halogén vagy PCB tartalmú hulladékokat, növényvédő szerek hulladékait, egyéb vegyipari hulladékokat.
- A H9 jellemző írja le a fertőzőképes hulladékokat, legfontosabbak a humán és állategészségügyi hulladékok.

- A H10-H11 jellemzők az öröklődő és nem öröklődő genetikai elváltozásokat okozó veszélyes anyagokat foglalják csoportba.
- Bár sorrendben nem ez a következő, a biológiai hatást leíró jellemző a H13, amely a mai korban oly gyakori allergizáló káros anyagokat tartalmazó; a H 12, 14 és 15 pedig a környezeti veszélyességre jellemző.

### **I.1.7. A hulladékjegyzék**

Magyarországon már 1981-ben létezett veszélyes hulladék lista (56/1981. (XI. 18.) MT számú rendelet). 1996-ban ezt a rendeletet hatályon kívül helyezte a veszélyes hulladékokról szóló 102/1996. (VII. 12.) Korm. rendelet, amelynek 2. számú mellékletét képező veszélyes hulladék jegyzék 2002. január 1-ig volt használatos. Erre a listára jellemző volt, hogy a veszélyes hulladékokat 3 veszélyességi osztályba sorolta, a legveszélyesebbeket az 1. osztály, a legkevésbé veszélyeseket a 3. osztály foglalta magába. A listában a veszélyes hulladékok veszélyességi osztályuk szerint, hulladéktípusonként voltak felsorolva, amelyhez határértékek voltak rendelve, a hulladékban található veszélyes komponensek mennyisége, mértéke alapján. A nem veszélyes hulladékok köre elvileg a 4. osztályba tartozott, de ehhez nem volt lista.

Eközben az Unióban két külön hulladéklista volt használatban, egy a veszélyes, egy másik a nem veszélyes hulladékokhoz. Ezek használata rendkívül nehézkes volt, és nehéz volt a kettő közötti átjárhatóság, miközben a gyakorlat szerint sok esetben ugyanaz a hulladék – függően a gyártási technológiától – lehetett veszélyes, vagy nem veszélyes is. Ezért az Unió 2001-ben megalkotta az egységes európai hulladéklistát (EWC), amelyet a csatlakozás során Magyarország is átvett (16/2001. (VII. 18.) KöM rendelet). Ez a lista egységes szerkezetbe foglalja a veszélyes és nem veszélyes hulladékokat, 20 főcsoportba sorolva azokat.

Alapvetően technológiai alapú, a besorolást a gyártási, képződési folyamatától teszi függővé (főcsoportok), de ez kiegészül néhány anyag típusú fejezettel is, pl. 13., 14. és 15. főcsoport. Az előbbibe be nem sorolható hulladékok köre a 16. főcsoportba került, illetve a másodlagos hulladékok elkülönítésére szolgál a kezelés-orientált 19. főcsoport. A hulladéklista technikai értelemben módosult 2013-ban (72/2013. (VIII. 27.) VM rendelet a hulladékjegyzékről).

### **I.1.8. Az EWC kódok**

A hulladékjegyzék 20 főcsoportból áll. A főcsoportokon belül alcsoportok különülnek el, ezek száma összesen 111. A hulladékok megnevezése (hulladéktípus) az alcsoportokon belül van rendszerezve. Minden hulladék 6 számkarakterből álló kódszámmal van ellátva (EWC kód). A hat számjegyből álló kód első két karaktere a főcsoportot jelöli, a második két számjegy az alcsoportra utal, végül az utolsó két karakter a hulladék típusát azonosítja. A veszélyes hulladékok esetén alkalmaznak egy 7. karaktert is: „\*”, ez jelöli, hogy ezt a hulladékot alapesetben veszélyes hulladéknak kell tekinteni. A listában összesen 838 hulladéktípus van felsorolva, ebből a veszélyes hulladékok száma 403. Alább példát mutatunk be a 2. főcsoportban található alcsoportokra (I.1.1. táblázat), illetve a 02 01 alcsoportba sorolt hulladékokra (I.1.2. táblázat).

Mint ahogy azt az I.1.2. táblázat is szemlélteti, a hulladéklista tartalmaz olyan tételeket, amelyek megnevezése csupán abban különbözik, hogy az egyik veszélyesként van megjelölve. Az ugyanazon megnevezéssel ellátott, de veszélyesként és nem veszélyesként is megjelölt tételeket párhuzamos tételeknek nevezzük. Minden alcsoport legutolsó tétele 99-es végű kóddal van jelölve. Ide tartoznak azok a közelebbiről meg nem határozott hulladékok, amelyek származásuk vagy jellegük miatt ide sorolandók, de az alcsoport többi elemével nem azonosíthatók.



<b>Főcsoport/ alcsoport</b>	<b>Megnevezés</b>
<b>02</b>	<b>Mezőgazdasági, kertészeti, vízkultúrák termeléséből, erdőgazdaságból, vadászatból, halászatból, élelmiszer előállításból és feldolgozásából származó hulladékok</b>
02 01	Mezőgazdaság, kertészet, vízkultúrák termelés, erdőgazdaság, vadászat és halászat hulladéka
02 02	Hús, hal és egyéb állati eredetű élelmiszerek előkészítéséből és feldolgozásából származó hulladék
02 03	Gyümölcs, zöldség, gabonafélék, étolaj, kakaó, kávé, tea és dohány előkészítéséből és feldolgozásából; konzervgyártásból; élesztő és élesztő kivonat készítéséből, melasz feldolgozásból és fermentálásból származó hulladékok
02 04	Cukorgyártási hulladékok
02 05	Tejipari hulladékok
02 06	A sütő- és cukrászipari hulladékok
02 07	Alkoholtartalmú vagy alkoholmentes italok termeléséből származó hulladékok (kivéve kávé, tea és kakaó)

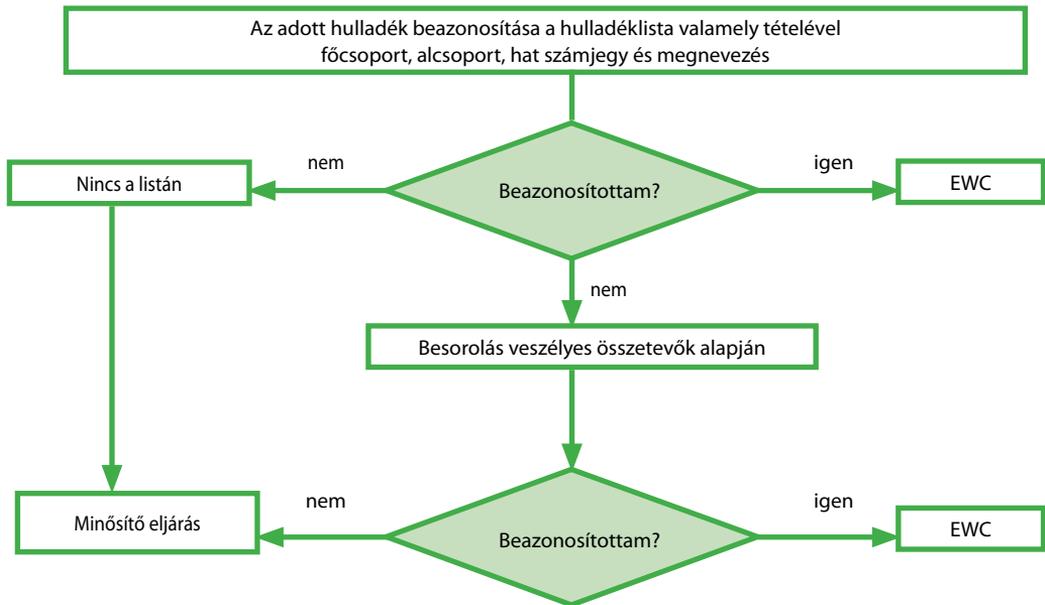
*1.1.1. táblázat: A mezőgazdasági eredetű hulladékok alcsoportjai*

<b>Alcsoport/ hulladék</b>	<b>Megnevezés</b>
<b>02</b>	<b>Mezőgazdaság, kertészet, akvakultúrák termelés, erdőgazdálkodás, vadászat és halászat hulladéka</b>
02 01 01	Mosásból és tisztításból származó iszap
02 01 02	Hulladékká vált állati szövetek
02 01 03	Hulladékká vált növényi szövetek
02 01 04	Műanyag hulladék (kivéve a csomagolás)
02 01 05	Állati ürülék, vizelet és trágya (beleértve a szennyezett szalmát), elkülönítve gyűjtött és nem a képződés helyén kezelt folyékony hulladék (hígtrágya)
02 01 07	Erdőgazdálkodás hulladéka
02 01 08*	Veszélyes anyagokat tartalmazó, agrokémiai hulladék
02 01 09	Agrokémiai hulladék, amely különbözik a 02 01 08-tól
02 01 10	Fémhulladék
02 01 99	Közelebbről meg nem határozott hulladék

*1.1.2. táblázat: A mezőgazdasági eredetű hulladékok alcsoportjának hulladéakai*

### **1.1.9. A hulladékok besorolása a hulladékjegyzék alapján**

A besoroláshoz a jegyzékről szóló rendelet 3. melléklete ad útmutatást. A 01-12 és 17-20 főcsoport címe szerint azonosítsuk a hulladékot a keletkezési tevékenység alapján, és keressük ki a hulladékra vonatkozó megfelelő hat számjegű kódot.



**I.1.6. ábra: A hulladékok besorolásának folyamatábrája**

Ha az adott hulladékot a 01-12 illetve a 17-20 főcsoportokba nem lehet besorolni, akkor a hulladék azonosítására a 13., 14. és 15. főcsoportokat kell használni.

Ha a hulladék besorolására egyik csoport sem alkalmazható, akkor a 16. főcsoport alapján kell besorolni a hulladékot.

Ha a hulladék nem található a 16. főcsoportban sem, akkor a 99 kódot (közelebbről nem meghatározott hulladékok) kell használni a jegyzék azon fő- és alcsoportjában, amely megfelel az adott tevékenységnek. Ugyanakkor a 99-re végződő kóddal veszélyes hulladék – a 13 08 99\* kódszám kivételével – nem sorolható be.

A külön gyűjtött csomagolási hulladékot (beleértve a különböző csomagolási hulladékok keverékét is) a 15 01 alcsoportba kell besorolni, és nem a 20 01 alcsoportba. Az I.1.6. ábrán látható a besorolás folyamata a később tárgyalandó eseteket is beleértve (besorolás összetétel alapján, hulladékminősítési eljárás).

### **I.1.10. Kiegészítések a besoroláshoz**

Nehézfémnek tekintendő az antimon, arzén, kadmium, króm (VI), réz, ólom, higany, nikkel, szelén, tellúr, tallium és ón. A 13 01 01\* azonosító kódú hulladék esetében a PCB-k értelmezését a PCB, valamint a PCB-t tartalmazó berendezések kezelésének részletes szabályairól szóló 144/2012. (XII. 27.) VM rendelet szerint kell érteni.

A 16 02 13\* azonosító kódú hulladék esetében az elektromos és elektronikus berendezésekből származó alkatrészek tartalmazhatnak olyan elemeket és akkumulátorokat, amelyek a 16 06 alcsoportban veszélyes hulladékként vannak megjelölve, továbbá higanykapcsolókat, a katód-sugár csöveket és egyéb aktivált üvegeket. A 16 08 02\* azonosító kódú hulladék esetében az átmeneti fémek közé tartozik a szkandium, vanádium, mangán, kobalt, réz, itrium, niobium, hafnium, wolfram, titán, króm, vas, nikkel, cink, cirkonium, molibdenium, tantál. Ezek a fémek vagy azok vegyületei veszélyesek, amennyiben azokat veszélyes anyagnak minősítették.

A 19 03 alcsoportszámú hulladék esetében a stabilizálás a hulladékban lévő alkotók veszélyes voltát változtatja meg, ezzel a veszélyes hulladékot nem veszélyessé alakítja. A 19 03 04\* azonosító kódú hulladék esetében részben stabilizálnak kell tekinteni a hulladékot, ha annak veszélyes összetevőjét nem sikerül teljességgel veszélytelené alakítani, ezért azok rövid, közepes vagy hosszú idő alatt a környezetbe kerülhetnek.

A 20 01 35\* azonosító kódú hulladék esetében az elektromos és elektronikus berendezések veszélyes összetevői közé tartoznak az elemek és az akkumulátorok, amelyek veszélyesek és a 16 06 alcsoporthoz tartoznak, valamint a higanykapcsolók, katódsugár csövek és más, aktivált üveget tartalmazó készülékek.

#### **I.1.11. Besorolás veszélyes összetevők, tulajdonságok alapján**

A hulladék helyes besorolásának felelőssége azt a termelőt terheli, akinek a tevékenysége során az adott hulladék keletkezik. Különösen nagy felelőssége van annak eldöntésében, hogy a hulladékot veszélyesnek, avagy nem veszélyesnek sorolja-e be.

Ha nem veszélyes hulladékot veszélyesként sorolunk be, annak következménye, hogy azt a továbbiakban a veszélyes hulladékokra vonatkozó szabályoknak megfelelően kell gyűjteni, szállítani és kezelni, ami indokolatlan költségeket jelent a termelő számára.

Ha azonban veszélyes hulladékot nem veszélyesként sorolunk be, akkor kimerítjük a környezet veszélyeztetésének jogállását, és jelentős büntetésre számíthatunk a hatóságoktól.

Minden körülmények között veszélyesként kell kezelni a hulladékot, amennyiben az rendelkezik a veszélyességi jellemzők valamelyikével, vagy a hulladéklistában az „\*”-gal van megjelölve, illetve ismeretlen az összetétele. Utóbbi két esetben a hulladék birtokosának van lehetősége arra, hogy vizsgálatokkal bizonyítsa a hulladék nem veszélyes voltát. Ez a hulladékminősítési eljárás.

#### **I.1.12. A H jellemzők és a határértékek összefüggése**

Ahhoz, hogy eldönthessük, valamely hulladék veszélyesnek tekinthető-e vagy nem, ismernünk kell az összetevőit, illetve az egyéb, környezetre, egészségre gyakorolt hatásait. Ezeket a H veszélyességi jellemzőkkel írhatjuk le.

A hulladékjegyzékről szóló 72/2013. (VIII. 27.) VM rendelet 2. §-a a H3-H8, a H10 és H11 veszélyességi jellemzők tekintetében határértékeket is tartalmaz, amelyek meghaladása esetén a hulladékot veszélyesnek kell tekinteni.

A H3 a tűzveszélyességre vonatkozik, határértéke:  $\leq 55$  °C a zárttéri lobbanáspontra vonatkozóan.

A H7 a rákkeltő tulajdonságot fejezi ki, amelynél különbséget kell tenni a hulladékban mérhető erősen karcinogén (1. és 2. osztályú), illetve a karcinogén (3. osztályú) anyagok között.

A H4-H6, illetve H8, H10 és H11 jellemzők határértékét a hulladékban található vegyületek toxikus jellege határozza meg. A toxikus összetevőkre vonatkozó határértékeket a listarendelet a veszélyes anyagokkal és a veszélyes készítményekkel kapcsolatos 44/2000. (XII. 27.) EüM rendelet 1. számú melléklet 4. pontjában felsorolt R mondatokra vezeti vissza. A veszélyes vegyületeket R (risk) mondatokkal jellemzik, amelyeket internetes adatbázisok, illetve a biztonságtechnikai adatlapok is tartanak. Az egyes H veszélyességi jellemzők határértékénél a következő R mondatokat kell figyelembe venni (I.1.3. táblázat).

<b>H</b>	<b>Hatás</b>	<b>R mondat</b>
H4	Izgató	R 36/37/38
	Irritáló	R 41
H5	Ártalmas	R 20/21/22

H	Hatás	R mondat
H6	Mérgező	R 23/24/25
	Nagyon mérgező	R 26/27/28
H8	Maró	R 34
	Erősen maró	R 35
H10	Reprodukción gátló	R 62/63
	Erős reprodukciót gátló	R 60/61
H11	Mutagén	R 40
	Erősen mutagén	R 46

**I.1.3. táblázat: A H veszélyességi jellemzők és az R mondatok összefüggése**

A H9 (fertőzőképes), és H14 (környezetre veszélyes) jellemzők kiértékeléséhez a veszélyes hulladékokkal kapcsolatos tevékenységek végzéséről szóló kormányrendelet „hulladékok minősítése” fejezetben felsorolt határértékek az irányadók, míg a H15 (kimosódás várható) a hulladékok lerakására vonatkozó rendelet mellékleteiben a hulladékok átvételére vonatkozó kioldódási határértékeket kell figyelembe venni.

### **I.1.13. A veszélyességi jellemzők alapján történő besorolás menete**

A megfelelő besoroláshoz a legelső és legfontosabb lépés, hogy ismerjük a hulladék H jellemzőkre vonatkozó tulajdonságait, illetve rendelkezünk a benne található veszélyes anyagok (összetevők) listájával és azok hulladékban mért (vagy anyagmérték alapján számított) koncentrációival.

A veszélyes összetevőkhöz egyenként hozzárendeljük a határértéket, ha van, az R mondat tal jellemezhető vegyületekhez az R mondatokat, a karcinogén anyagokhoz a rákkeltő osztályt. Az adott H veszélyességi jellemző kiértékeléséhez összeadjuk az ott megjelölt R mondat tal rendelkező valamennyi veszélyes összetevő koncentrációját.

Ugyanígy járunk el a karcinogén anyagokkal is, csak ezt osztályonként csoportosítva. Amennyiben az adott H tényezőre vonatkozó anyagok összes koncentrációja eléri az adott H-hoz tartozó határértéket (lásd I.1.4. táblázat), a hulladékot veszélyesnek kell besorolni.

A H9, H14 és H15 tekintetében a táblázatban megjelölt jogszabályok határértékei szerint kell értékelni. Ha a vizsgált paraméterek akár egyike is meghaladja az ott jelzett határértékeket, a hulladékot veszélyesként kell besorolni.

H	Tulajdonság	R mondat	Határérték	Tulajdonság
H1	Robbanó			
H2	Oxidáló			
H3-A	Tűzveszélyes			
H3-B	Kevésbé tűzveszélyes		≤ 55 °C	zárttéri lobbánáspont
H4	Izgató	R 36/37/38	20 %	légúti, szem- és bőrizgató
	Irritáló	R 41	10 %	súlyos szemkárosodást okozhat

H	Tulajdonság	R mondat	Határérték	Tulajdonság
H5	Ártalmas	R 20/21/22	25 %	
H6	Mérgező	R 23/24/25	3 %	
	Nagyon mérgező	R 26/27/28	0,1 %	
H7	Karcinogén		1 %	3. osztályú rákkeltő
	Erősen karcinogén		0,1 %	1. vagy 2. osztályú rákkeltő
H8	Maró	R 34	5 %	égési sérülést okoz
	Erősen maró	R 35	1 %	súlyos égési sérülést okoz
H9	Fertőző		veszélyes hulladék rendelet	nemzeti fertőzőképességi határértékek
H10	Reproduktiót gátló	R 62/63	5 %	3. osztályú reprodukciós toxicitás
	Erős reprodukciót gátló	R 60/61	0,5 %	1.-2. osztályú reprodukciós toxicitás
H11	Mutagén	R 40	1 %	3. osztályú mutagén
	Erősen mutagén	R 46	0,1 %	1. vagy 2. osztályú mutagén
H12	Gázokat fejleszt			
H13	Érzékenységet okozó			
H14	Környezetre veszélyes		veszélyes hulladék rendelet	nemzeti ökotoxikológiai határértékek
H15	Kimosódás várható		lerakó rendelet	hulladék lerakók átvételi követelményei

**I.1.4. táblázat: A H jellemzők és a határértékek kapcsolata**

#### **I.1.14. A hulladékok minősítése**

Az esetek többségében a hulladék birtokosa képes besorolni a hulladékát a listarendelet alapján, figyelembe véve a H jellemzőkről mondottakat.

Előfordulnak azonban olyan esetek, amikor a birtokosnak az az érdeke, hogy bizonyítsa, az adott hulladék nem veszélyes, hiszen akkor a további kezelési költségei lényegesen alacsonyabbak lesznek. Ekkor kerülhet sor a hulladékminősítési eljárásra. Ez a következő esetekben fordulhat elő:

- listában veszélyesként megjelölt, de veszélyességi jellemzőket nem mutató hulladék;
- ismeretlen összetételű hulladék;
- olyan kezelési technológián átesett másodlagos hulladék, amelyet veszélyes hulladék kezelése során abból a célból kezeltek, hogy veszélyessége csökkenjen.

A hulladékminősítési eljárás szabályait a veszélyes hulladékkal kapcsolatos kormányrendelet tartalmazza. Az eljárás lényege, hogy a hulladék birtokos saját költségén elvégezteti mindazon vizsgálatokat, amelyeket a rendelet felsorol, és kérelmezi a hulladékminősítési eljárás lefolytatását.

A felsorolt, minősítést megalapozó vizsgálatok közül a csak a relevánsakat kell elvégezni. A mintavételt és a méréseket csak erre akkreditált laboratórium végezheti. A kérelmet a vizsgálati eredményeket tartalmazó jelentéssel együtt jelenleg a környezetvédelmi felügyelőséghez kell benyújtani. Ez továbbítja az Országos Környezetvédelmi és Természetvédelmi Főfelügyelőséghez (OKTF). A Hulladékminősítő Bizottság az OKTF mellett működő, kiemelkedő szakmai tudással és tapasztalattal rendelkező szakemberekből álló testület. Feladata az OKTF-hez beérkező hulladékminősítési kérelmek szakmai elbírálása, és ennek alapján javaslat elkészítése az adott hulladék minősítésére vonatkozóan. A javaslat tartalmazza a minősített hulladéknak a veszélyes – nem veszélyes besorolására vonatkozó véleményt, illetve a minősített hulladék lista szerinti kódszámát. A minősítésről a Bizottság javaslata alapján az OKTF határozatban dönt.

## I.2. A hulladékgazdálkodás nemzetközi és hazai jogi rendszere (Farkas Hilda)

### I.2.1. A hulladékgazdálkodás célja és eszközürendszere

A hulladékgazdálkodás céljait a következők szerint foglalhatjuk össze:

- az emberi egészség védelme, a természeti és az épített környezet megóvása, a fenntartható fejlődés biztosítása és a környezettudatos magatartás kialakítása a hulladékgazdálkodás eszközeivel;
- a természeti erőforrásokkal való takarékoskodás;
- a környezet hulladék által okozott terhelésének minimalizálása, szennyezésének elkerülése érdekében a hulladékkeletkezés megelőzése (a természettől elsajátított anyag minél teljesebb felhasználása, hosszú élettartamú és újrahasználatos termékek kialakítása), a képződő hulladék mennyiségének és veszélyességének csökkentése;
- a keletkező hulladék minél nagyobb arányú hasznosítása, a fogyasztás-termelés körforgásban tartása;
- a nem hasznosuló, vissza nem forgatható hulladék környezetkímélő ártalmatlanítása.

A hulladékgazdálkodás céljainak eléréséhez megfelelő jogi szabályozásra, a végrehajtáshoz szükséges intézményrendszerre, valamint a fejlesztést ösztönző támogatásokra van szükség.

A jogrendszer meghatározza a szereplők jogait és kötelezettségeit, a végrehajtás ellenőrzéséhez szükséges eszközürendszert, mint eljáró hatóságok, engedélyezés, ellenőrzés és szankciók, valamint felállítja a gazdasági szabályozókat (pl. termékdíj, lerakási járulék stb.).

Az intézményrendszer elsősorban az eljáró hatóságokat jelenti, de ide sorolhatjuk az egyéb háttérintézményeket is, amelyek pl. az adatszolgáltatás feldolgozásában, tervezési folyamatokban vesznek részt.

Az elérendő célokat támogatásokkal kell elősegíteni. A támogatások forrása lehet uniós fejlesztési forrás, költségvetési eredetű (pl. környezetvédelmi adókból származó), vagy a szereplők saját forrásai.

### I.2.2. A hulladékgazdálkodás hierarchiája

A hulladék nem csak környezeti, hanem társadalmi és gazdasági probléma is.

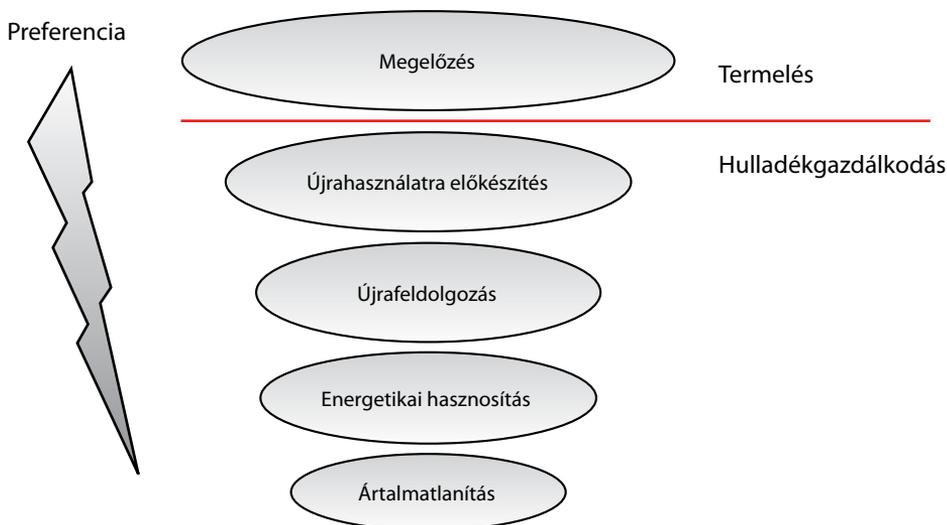
A hulladék társadalmi hatása elsősorban az egészségre gyakorolt károk útján jelentkezik, de ide sorolhatjuk azokat a hátrányokat is, amelyek a hulladékok elhelyezéséhez szükséges területek elfoglalásából adódnak (meddőhányók, salakhányók, lerakók és egyéb kezelő telepek), hiszen ezek más, értékesebb felhasználásra már nem alkalmasak, így csökkentik életterünket.

A gazdasági probléma legfőképpen a hulladékkezelésre fordított költségekben nyilvánul meg, ide értve a lakosság által megfizetendő kiadásokat is. Ugyanakkor felismertük, hogy a hulladékban rejlő anyagok gazdasági előnyöket is hordoznak, miközben szerencsésen csökkennek a környezeti, társadalmi és gazdasági problémák is. Ennek eredményeként a hulladék ma már a hatékony erőforrás felhasználás egyik fontos elemévé vált. A folyamat hatékonyabbá tétele érdekében módosult a hulladékgazdálkodás hierarchiája is.

A hierarchia (I.2.1. ábra) lényegében azt a preferált sorrendet rögzíti, amelyet követni kell a hulladékgazdálkodás tervezése és megvalósítása során. Ennek értelmében elsődleges feladat a hulladék keletkezésének megelőzése. Ez a termelés szereplőinek feladata, ide értve a hulladékszegény technológiák használatát, illetve a hosszú használati idejű termékek előállítását.

Amennyiben a hulladék mégis keletkezik, meg kell próbálni a terméket javítás, tisztítás útján visszahelyezni eredeti funkciójába, hogy az tovább használható legyen (újrahasználatra való előkészít-

tés). Ha ez sem lehetséges, akkor újrafeldolgozás útján kell hasznosítani a hulladékban lévő anyagokat, vagy azok energiataralmát termikusan hasznosítani. A legkevésbé preferált kezelési mód a hulladék ártalmatlanítása, amely lehet lerakás vagy ártalmatlanítási célú égetés.



**1.2.1. ábra: A hulladékgazdálkodás hierarchiája**

### 1.2.3. A hulladékgazdálkodás és a fenntarthatóság kapcsolata

A 1.2.2. ábrán bemutatjuk a fenntarthatóság és a hulladékgazdálkodás kapcsolatát. A természeti erőforrásokból az ember a termelés során termékeket állít elő. A termékek előbb-utóbb hulladékká válnak.

A termeléshez szükséges természeti erőforrások megfelelő mennyisége csak úgy tartható fenn hosszútávon, ha onnan nem csak kiveszünk, hanem vissza is juttatunk. Vagyis a ciklus zárására kell törekedni. Ezért azokat a hulladékokat, amelyeknél ez lehetséges, vissza kell juttatni a természetes körforgásba, csökkentve ezzel a természeti erőforrások deficitjét. Ilyen módszerek a biológiailag lebontható anyagok komposztálása, vagy a szennyvízkezelés.

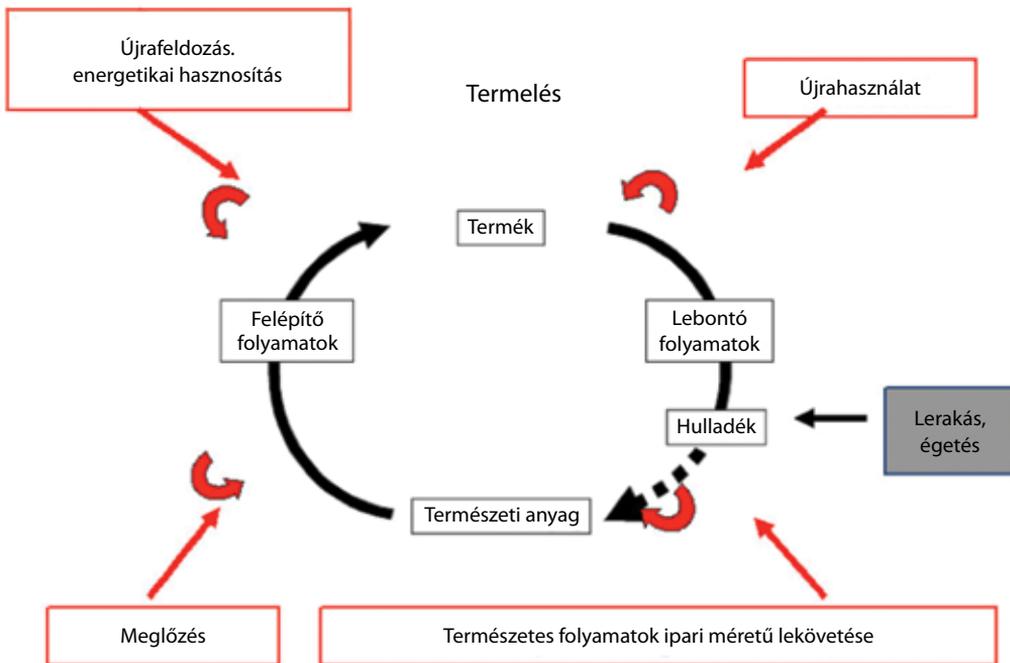
Fontos azonban kiemelni, hogy nem lehet minden hulladékot így kezelni. Ezért olyan megoldásokat kell keresni, amelyek csökkentik a természetes erőforrás igényt. Ennek leghatékonyabb formája, ha eleve csökkentjük a termelés erőforrás igényét hulladékszegény, alapanyag- és energiatakarékos technológiák bevezetésével. Ezek a lépések a megelőzés kategóriájába tartoznak.

Termék oldalról a természetes erőforrás igény csökkenthető a már hulladéknak nyilvánított tárgy újrahasználatra való előkészítésével. A véglegesen hulladék státuszba került anyagok, tárgyak esetében meg kell próbálni a hulladék anyagából kinyerni mindazt, ami hasznos lehet a termelés számára (újrafeldolgozás, energetikai hasznosítás), ezzel is csökkentve a természeti erőforrás szükségletet.

A fenntarthatóság szempontjából kifejezetten hátrányos a hulladékok ártalmatlanítása (lerakás, égetés), mivel ezek mind a gazdaság, mind a természeti erőforrások szempontjából elveszettek tekinthetők, ugyanakkor elhelyezésük, kezelésük anyagi ráfordításokat igényelnek. Ezzel együtt azonban hangsúlyozni kell, hogy ezekre a lépésekre mégis szükség van, hogy biztosítani lehessen a hulladékok káros hatásai elleni védelmet.



Említést kell még tenni arról, hogy manapság egyre előre tör az ún. waste mining (hulladék bányászat), amelynek célja a korábban lerakott hulladékok felszedése, és a benne található hasznos anyagok kinyerése.



**1.2.2. ábra: A fenntarthatóság és a hulladékgazdálkodás kapcsolata**

#### 1.2.4. A hulladékgazdálkodás alapelvei

A hulladékgazdálkodás alapelveit mind a 2008/98/EK európai parlamenti és tanácsi irányelv (Hulladék Keretirányelv: HKI), mind a hulladékról szóló 2012. évi CLXXXV törvény (Ht.) tartalmazza, de ezek sem a jogi kötőerejében, sem a tartalmában nem mutatnak teljes egyezést.

A korábban hatályos HKI idején sok tagállam kezdeményezett eljárást az Európai Bíróságnál (EB) konkrét ügyekben a hulladékgazdálkodás alapelveire hivatkozva. Mivel ezek az elvek egyenlő súllyal a normaszövegben voltak felsorolva, és egyes elvek ellentmondanak egymásnak (pl. közelség elve és önellátás elve; elérhető legjobb eljárás elve és költséghatékonyság elve), az EB nagy problémákba ütközött az ügyek elbírálásánál. Ezért a 2008-ban hatályba lépett HKI egyes elveket irányadóként (a Preambulumban, jogi kötőerő nélkül) sorol föl, mint a szennyező fizet elvet, az elővigyázatosság és a megelőzés elvét, a költségfelosztás elvét. Másokat a normaszövegbe építettek be az alkalmazás körülményeinek pontos meghatározásával, pl. a kiterjesztett gyártói felelősség elve, az önellátás és a közelség elve. Az elérhető legjobb eljárás esetében pedig definiálásra került sor.

Ezzel ellentétben a Ht. 8 alapelvet tartalmaz, amelyeket a normaszöveg 3. §-ában sorol föl. Ezek közül néhány megegyezik a HKI-ben felsoroltakkal (a kiterjesztett gyártói felelősség elve, az önellátás elve, a közelség elve, a szennyező fizet elve). Másokat a hazai célok hangsúlyozása érdekében mondtak ki (az újrahasználat és az újrahasználatra előkészítés elve, a biológiailag lebomló hulladék hasznosításának elve), míg a harmadik csoportba azok tartoznak, amelyeket a közszolgáltatás új hazai rendszerének erősítése érdekében alkottak meg (a költséghatékony hulladékgazdálkodási közszolgáltatás biztosításának elve, a keresztfinanszírozás tilalmának elve).

### **I.2.5. Jogforrások az EU szabályozásában**

Az Unióban elsődleges jogforrásnak az Alapszerződéseket, másodlagos jogforrásnak pedig, a felhatalmazás alapján, az EU intézményei által alkotott joganyagot tekintjük. A másodlagos jogforrások hierarchiájában a legmagasabb helyen a rendelet (regulation) áll, amely olyan általános hatályú közösségi jogi norma, ami teljes egészében, minden tagállamban kötelező és közvetlenül alkalmazandó, azaz a tagállamoktól nem igényli külön jogszabály kibocsátását. A hulladékgazdálkodás területén csak két rendelet van, az egyik hulladékok szállítását (1013/2006/EK), a másik a hulladék statisztikát szabályozza (2150/2002/EK). Itt kell figyelembe venni egy harmadik rendeletet is, amely az állati melléktermékeket lényegében kiveszi a hulladékszabályozás alól (1069/2009/EK).

Az irányelv (directive) olyan közösségi jogszabály, amely az elérendő célokat illetően kötelezi a tagállamokat, de a cél megvalósításának formáját, az eljárások és eszközök megválasztását és saját jogrendszerbe illesztését átengedi a tagországoknak. A rendelettel ellentétben tehát, a tagállamok kötelesek nemzeti jogalkotás útján az irányelvnek megfelelő jogszabályt alkotni meghatározott határidőn belül. A hulladékgazdálkodásban ez a legjellemzőbb jogforrás.

A határozat (decision) meghatározott címzettekhez szóló, konkrét ügyekre vonatkozó közösségi jogi aktus, ami teljes egészében kötelezi címzettjeit. A címzett lehet tagállam, de természetes vagy jogi személy is. A hulladékgazdálkodásban általában valamely direktíva végrehajtásával összefüggő konkrét intézkedésekhez használják, mint pl. a jelentési kötelezettségek végrehajtási szabályainak, alkalmazandó mérési módszereknek a közzétételére. Határozat formájában lépett életbe pl. az európai hulladéklista (2000/532/EK) A közösségi döntéshozatalban lehetőség van ajánlások (recommendation) és állásfoglalások (opinion) kibocsátására is, ezek nem kötelező jogforrások.

### **I.2.6. Az EU hulladékstratégiája**

A folyamatosan bővülő szabályozás, valamint az egyértelműen kimutatható sikerek ellenére a hulladék továbbra is jelentős problémát jelentett az Unióban, és jelent még ma is, mivel mennyisége folyamatosan nő, a nem megfelelő kezelés pedig többször súlyos környezeti szennyezést eredményez. Emellett a jogalkalmazás is sok kívánnivalót hagy maga után, mivel számottevő különbségeket lehet kimutatni az egyes tagállamok között mind a jogszabályok értelmezése, mind azok végrehajtása terén.

Az Európai Bizottság a problémát már viszonylag korán felismerte, ezért egységes közösségi hulladék stratégiát dolgozott ki 1989-ben, majd 1996-ban, végül a legutóbbit 2005-ben fogadták el. A stratégiák nem jogforrások. Szerepük, hogy meghatározzák valamely szakterület működésének alapelveit, célkitűzéseit, fejlesztési irányait. A megelőző, hosszú távú időszak tendenciáinak elemzésével feltárják a nem kívánatos, vagy nem hatékony folyamatokat, illetve a szakterület szélesebb gazdasági és társadalmi összefüggéseit.

Az elfogadott stratégiák ilyen módon azonban azt is meghatározzák, hogy hogyan kell kialakítani, illetve átalakítani a jogforrások szabályozási területeit, tárgyi, alanyi és időbeli hatályát. A 2002-2012 időszakot átfogó 6. Környezetvédelmi Cselekvési Program az egységes természeti erőforrás-, termék- és hulladékpolitika képét festette meg. Ezzel párhuzamosan felszólította a Bizottságot hét tematikus stratégia kidolgozására. Ezek egyike a hulladékkezelés megelőzésére és a hulladékok újrafeldolgozására irányuló tematikus stratégia, amelyet az erőforrások fenntartható felhasználásának stratégiájával szoros összefüggésben alkottak meg.

A hulladéktematikus stratégia 5 fő célt tűz ki, amelyek a következők:

- a hulladék környezeti hatásainak csökkentése;
- a keletkező mennyiség csökkentése;
- az újrafeldolgozás kiterjesztése;
- a szabályozás modernizálása és egyszerűsítése;
- a jogszabályok maradéktalan végrehajtása.

A negatív környezeti hatások csökkentése érdekében a hulladékgazdálkodási politikában be kell vezetni az életciklus-szemléletet, kapcsolódva ezzel az erőforrásokról szóló tematikus stratégia, valamint az integrált termékpolitika által használt előrejelző és modellező rendszerekhez.

A hulladékkeletkezés megelőzésére vonatkozóan a stratégia támogatja a környezetszennyezés integrált megelőzéséről és csökkentéséről szóló (IPPC) irányelv, az integrált termékpolitika és más eszközök használatát, ugyanakkor a szükséges kötelezettségek pontosítása mellett a tagállamokra kívánja bízni a nemzeti politikák és programok kidolgozását.

Az újrafeldolgozás kiszélesítése érdekében ösztönözni kívánja a feldolgozó kapacitás növelését, a létesítmények egységes követelményeken alapuló működtetését, a feldolgozott anyagokra vonatkozó, közösségi szintű szabványok megalkotását, valamint biztosítani kívánja az EU ipara számára a feldolgozható anyagokhoz való jobb hozzáférést a belső piacon.

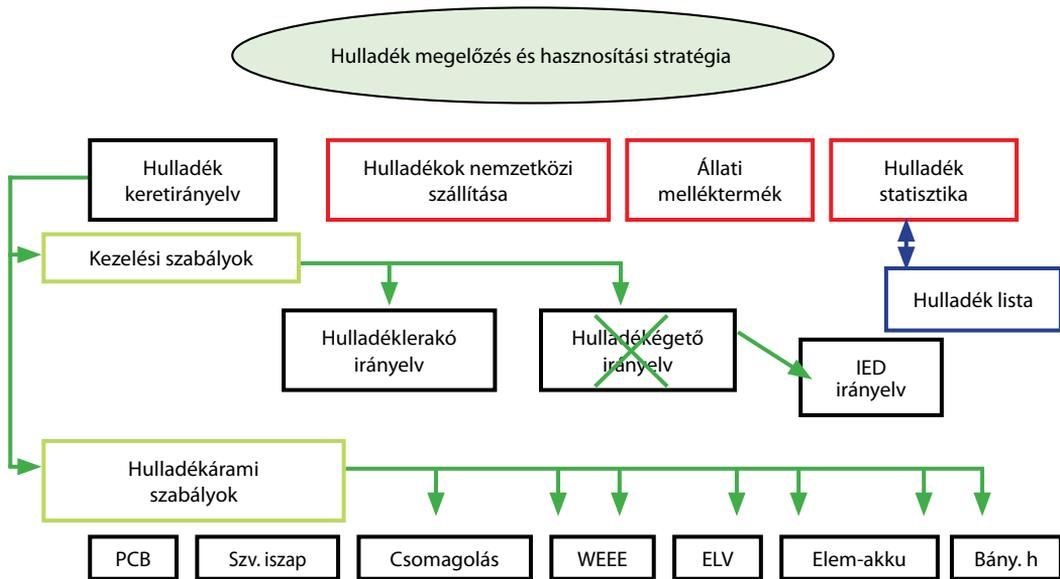
### **1.2.7. A EU szabályozási hierarchiája**

Mindezen célok megvalósulása érdekében szükség van a szabályozó rendszer egyszerűsítésére is. A jogi eszközök felülvizsgálatával kapcsolatban a hulladékstratégia pontos menetrendet tartalmaz, és kijelöli, hogy mely fogalmakat, tevékenységeket és hasznosítási célokat kell felülvizsgálni, illetve mely jogszabályok között kell az összhangot megteremteni.

Az átalakított jogi rendszert a 1.2.3. ábra szemlélteti. Piros kerettel jelöltük a rendeleteket, fekete kerettel az irányelveket, kékkel a határozatokat.

Az irányelvek (fekete kerettel jelölve) között kiemelkedő a HKI. A korábbi rendszerhez képest ebbe már beépítették a veszélyes hulladékokra, illetve az olajhulladékokra vonatkozó szabályokat, amelyek korábban különálló irányelvben jelentek meg. A HKI végrehajtására kiadott további irányelveket két csoportra bonthatjuk: a kezelésre vonatkozó szabályok, illetve a hulladékarami szabályok. A kezelésre korábban két irányelv volt érvényben, a lerakó irányelv, illetve a hulladékok égetésére vonatkozó irányelv. Az égetés szabályait azonban beépítették a 2010-től hatályos ipari kibocsátásokról szóló irányelvbe (2010/75/EU: IED), amely a korábbi IPPC irányelvet váltotta föl. Ezzel az Unió kifejezte, hogy a hulladékok hasznosítási, vagy ártalmatlanítási célú termikus kezelése nem különbözik a más, ipari célú tevékenységektől, azok környezeti hatását a kibocsátásai alapján kell megítélni, történjen az hulladékegetőben, energia előállító erőműben, vagy cementgyári együttegetéssel. A hulladékarami irányelvek az adott hulladékarammal összefüggő speciális gyűjtési, hasznosítási előírásokat tartalmaznak. Számuk az ábrán láthatónál jóval nagyobb, ezekre a későbbiekben kitérünk. Ábránkon csak egy határozatot tüntettünk fel, számuk természetesen jóval nagyobb.

A hulladéklistát tartalmazó, többször módosított bizottsági határozat (2000/532/EK, kék kerettel jelölve) jelentősége, hogy gyakorlatilag az egész hulladékgazdálkodás adminisztrációját a listában szereplő hulladék fajták és a hozzájuk rendelt kódszámok alapján kell végezni (engedélyezés, adat-szolgáltatás, szállítási dokumentáció stb.).



Magyarzat: PCB: policiklusos bifenilek és terfenilek  
 WEEE: elektromos, elektronikus berendezések hulladécai  
 ELV: hulladékká vált gépjárművek hulladécai

**1.2.3. ábra: A hulladékgazdálkodás uniós szabályozási rendszere**

### 1.2.8. A hulladék keretirányelv

A 2008 decemberétől hatályos új keretirányelv legfőképpen három dologra koncentrált:

- az emberi egészség védelme a hulladékok káros hatásaival szemben,
- a hatékony megelőzés,
- és a hulladéknak, mint erőforrásnak a lehető legszélesebb körben történő fölhasználása.

Az emberi egészség védelme lényegében végigvonul az irányelven, ennek lényegét külön cikk tartalmazza, de a hivatkozás erre a cikkre többször megtörténik. A megelőzés hatékonyságának növelése érdekében a HKI előírja a tagországok számára a nemzeti megelőzési program elkészítését, amelyet 2013 végéig kell bemutatni a Bizottságnak.

A HKI előírja, hogy a tagállamok tegyenek intézkedéseket az újrahasználatok elősegítésére (gyűjtés, javítási központok, újra forgalomba hozás csatornáit), ösztönözzék a hulladékszegény technológiák bevezetését, az öko-tervezést, öko-címke rendszer használatát, a kötelezettek önkéntes vállalásait, valamint a szemléletformálást.

Az erőforrás hatékonyság növelése érdekében az Unió célul tűzte ki, hogy az európai közösség újrahasznosító társadalommá váljon. Ennek érdekében tovább kell növelni a hasznosítás mértékét (biohulladék, építési-bontási hulladék, lakossági papír, fém, műanyag, üveg, elektronikai hulladék, elemek-akkumulátorok), fejleszteni kell a begyűjtő rendszereket (házhoz menő gyűjtés, hulladék udvarok, visszavételi helyek), kellő kezelési kapacitásokat kell kiépíteni (fejlesztési források biztosításával), illetve elő kell segíteni a lakosság, önkormányzatok érdekeltségi rendszerének kialakítását. A HKI a következő konkrét célokat is megfogalmazza a tagállamok számára:

- szelektív gyűjtési rendszer kiépítése lakossági papír, üveg, fém, műanyagra 2015-ig;
- 50 %-os újrafeldolgozási cél a lakossági papír, üveg, fém, műanyagra 2020-ig;
- 70 %-os újrafeldolgozás nem-veszélyes építési-bontási hulladéokra.

A HKI több új szabályozási elemet vezetett be. Ezek közül legfontosabb a korábbi 3 lépcsős hulladék hierarchia 5 lépcsőssé alakítása, amelyről már korábban részletesen szoltunk. Fontos új alapfogalmak kerültek bevezetésre, amelyekről az korábbi fejezetben található részletes ismertetés. A korábbiaknál részletesebben kerül kifejtésre a kiterjesztett gyártói felelősség.

Új elemnek tekinthető, hogy az engedélyezéssel összefüggésben lehetőség nyílik egyes hulladékgazdálkodási tevékenységeket nyilvántartásba vétel útján is végezni, illetve a tagállamok dönthetnek úgy, hogy meghatározott esetekben enyhítenek az ellenőrzések gyakoriságán, illetve intenzitására. A HKI fontos eleme, hogy hangsúlyozza a társadalmi részvétel és nyilvánosság biztosítását a hulladékra vonatkozó jogszabályok és politika kialakítása során.

### **1.2.9. Kezelés-orientált szabályok – lerakás**

Mint fentebb részleteztük, a hulladékkezelésekre vonatkozó szabályok közül egyik a hulladéklerakókról szóló 1999/31/EK irányelv. Ennek célja olyan intézkedések bevezetése, amelyek megakadályozzák vagy csökkentik a hulladék lerakásából eredő negatív környezeti hatásokat, a felszíni vizek, a talajvíz, a talaj és a levegő szennyezését, beleértve az üvegházhatású gázok kibocsátását, valamint minden, az emberi egészséget veszélyeztető tényezőt a lerakóban való elhelyezésétől kezdve a bezárás és az utókezelés ideje alatt is.

Az irányelv részletesen meghatározza, mely kategóriájú lerakóban milyen tulajdonságú hulladékot lehet elhelyezni (átvételi követelmények), az átvételi eljárás menetét, az engedélyezést, a működtetés során elvégzendő monitorozást, a bezárás és utógondozás folyamatát és költségviselését.

Az irányelv három lerakó kategóriát határoz meg:

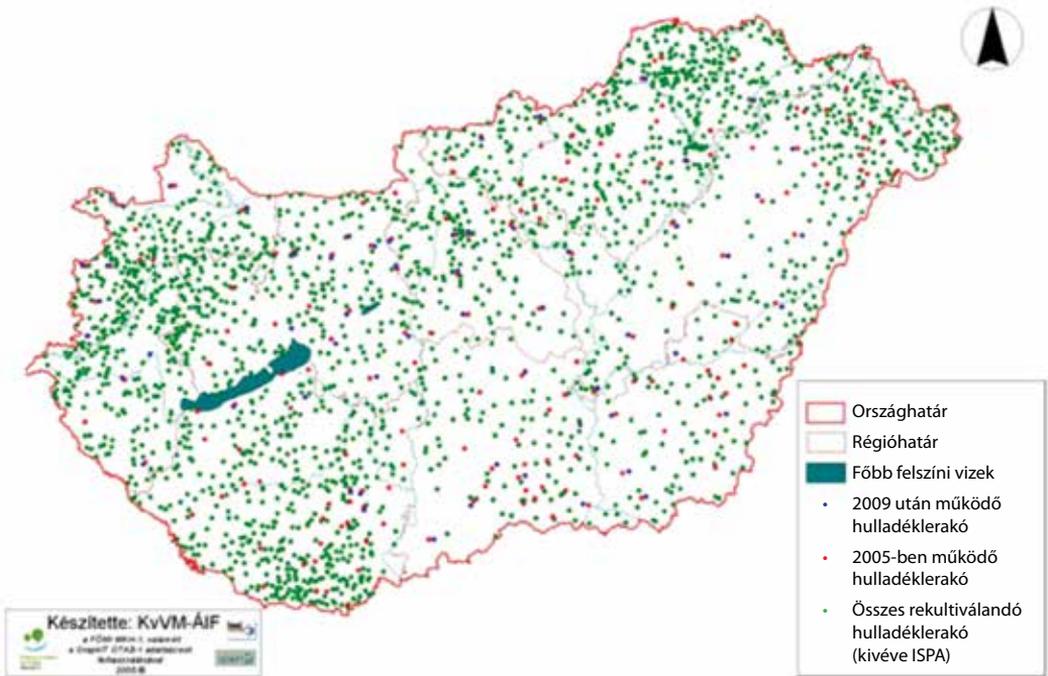
- nem veszélyes hulladék lerakó,
- veszélyes hulladék lerakó, illetve
- inert hulladék lerakó.

Az átvételi követelmények sorában az egyes lerakó kategóriákhoz olyan határérték rendszer tartozik, amely a hulladékban lévő veszélyes anyagokra, illetve az abból kioldható káros szennyezőkre vonatkozik.

A települési hulladék lerakó esetén nincsenek határértékek, de fontos előírás, hogy a hulladéklerakókba kerülő biológiailag lebomló hulladék mennyisége 2016-ra nem haladhatja meg az 1995-ben keletkező mennyiség 35 %-át. A rendelet részletesen meghatározza a lerakók műszaki követelményeit is, ide értve a szigetelésre, a csurgalékvíz és a depóniagáz összegyűjtésére, kezelésére vonatkozó szabályokat.

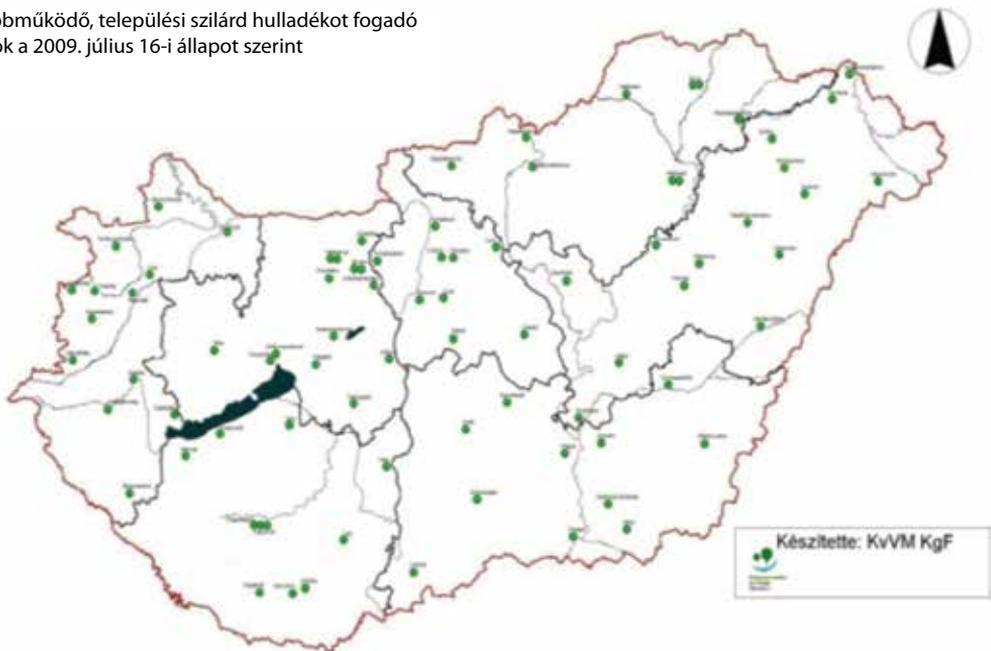
Az irányelv több mellékleten keresztül részletezi, hogy a működtetés, illetve a felhagyás során milyen monitoring vizsgálatok elvégzése szükséges annak bizonyítására, hogy a tevékenység nem szennyezi a talajt, talajvizet és a levegőt. Az irányelv általánosan 30 évben határozza meg az utógondozás idejét. A lerakó irányelv követelményeinek átvételére az Unió 10 évet adott. Ez a hosszú határidő azért volt szükséges, hogy a tagországok fölülvizsgálhassák, működő lerakóik teljesítik-e az itt meghatározott műszaki követelményeket, illetve a bezárásra kerülő lerakók helyett megépíthessék a szükséges, modern kapacitásokat.

Magyarországon 2009. július 15-ig több mint 2500 korszerűtlen települési hulladék lerakó bezárására került sor (1.2.4. ábra), amelyek rekultivációja jelenleg is tart. Eközben, többnyire EU források felhasználásával, modern hálózat épült, amely mintegy 77 lerakóból áll (1.2.5. ábra).



**1.2.4. ábra: Magyarországon 2002-ben felmért működő és felhagyott települési hulladék lerakók**  
(Forrás: KvVM ÁIF)

Továbbműködő, települési szilárd hulladékot fogadó lerakók a 2009. július 16-i állapot szerint



**1.2.5. ábra: 2009. július 15. után működő települési hulladék lerakók** (Forrás: KvVM KgF)

### **I.2.10. Kezelés-orientált szabályok – termikus kezelés**

A termikus kezelés célja szerint lehet:

- energetikai hasznosítás, valamint
- ártalmatlanítási célú égetés.

Utóbbinál a kezelés elsődleges célja a hulladék valamely veszélyes tulajdonságának megszüntetése az égés folyamán (pl. veszélyes hulladék égetőben). A termikus hasznosítás során a cél az elektromos-, illetve hőenergia-termelés, vagy cement-, tégl-, illetve építőipari cserép- és kerámia-gyártás során való felhasználása. Ennek megfelelően a termikus hasznosítás történhet erre a célra létesített hulladék égetőben, együttégetéssel, pl. erőművekben, vagy a cementgyártás során.

A korábbi szabályozás külön jogforrást hozott létre a hulladékégetőkre vonatkozóan (2000/76/EK). Az irányelv célja volt, hogy szabályozza a hulladékégetők és együttégetők működési feltételeit, technológiai előírásait, illetve meghatározta a kibocsátási határértékeket. 2010-ben az irányelv hatálya megszűnt, a termikus kezelőművekre vonatkozó szabályokat beépítették az ipari kibocsátások irányelvbe (IED) ezzel egy tekintet alá vették a többi ipari üzemmel. Működésük kritériuma a legjobb elérhető technika (BAT) alkalmazásának megkövetelése, kibocsátás oldalról pedig a szabályozás az emittált füstgáz összetevőinek megengedhető koncentrációját határozza meg. Az elérhető legjobb technikákról a Bizottság referencia dokumentumokat ad ki (<http://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/>).

Meg kell említeni, hogy az elmúlt húsz év alatt sok vitát generált a termikus hasznosítás és ártalmatlanítás közötti különbségtétel. Az Európai Bíróság által kiadott jogértelmezés szerint ott húzható meg a határ, hogy a kérdéses üzemet elsődlegesen energiatermelés, vagy hulladékégetés céljára hozták-e létre. Ez az értelmezés azonban ártalmatlanító műveknek tekintette azokat a kommunális égetőket is, amelyek jelentős energiát szolgáltattak.

Ennek a problémának a feloldása érdekében a HKI meghatározta a kommunális hulladék égetése esetén R1 hasznosítási műveletnek tekinthető energiahatékonysági követelményt, ami alapján, ha egy kommunális hulladékégető eléri a megkívánt energiahatékonysági szintet, hasznosító műnek tekinthető. Ilyen lehetőség azonban a veszélyes hulladékégetőkre nem adott, így azt ártalmatlanításnak kell tekinteni még akkor is, ha ezek a technológiák sok esetben jelentős energiát is termelnek.

### **I.2.11. Hulladék-orientált szabályozás**

A hulladék-orientált szabályok azok az irányelvek, amelyek valamely speciális hulladékamra állapítanak meg normákat. Különválasztjuk ezek közül a gyártói felelősséggel kapcsolatos szabályokat (lásd a következő fejezetet). A nem ezek közé tartozók közül a legjelentősebbek a következők:

- a titán-dioxid-iparból származó hulladékról (beépítve az IED-be);
- a szennyvíziszap mezőgazdasági felhasználása során a környezet és különösen a talaj védelméről (86/278/EGK);
- a poliklórozott bifenilek és a poliklórozott terfenilek (PCB/PCT) ártalmatlanításáról (96/59/EK);
- az ásványinyersanyag-kitermelő iparban keletkező hulladék kezeléséről (2006/21/EK).

Titán-dioxid ipar Magyarországon nincs, ezért ez az irányelv szempontunkból nem releváns. Annál inkább jelentős a szennyvíziszap mezőgazdasági felhasználása.

A szennyvíziszap felhasználási irányelv elsősorban a talajok nehézfém szennyezettséggel szembeni védelmét fogalmazza meg, és meghatározza egyes nehézfémeknek (Cd, Cu, Ni, Pb, Zn, Hg, Cr) a mezőgazdasági hasznosítású talajokban illetve a hasznosítandó iszapokban megengedhető koncentrációját. A talaj és iszap jellemzéséhez szükséges részletes vizsgálati előírásokat a tagországok határozzák meg. A tagországoknak meg kell állapítani továbbá az iszap nehézfém-koncentrációjának figyelembe vételével azt a maximális iszapmennyiséget, amely a talajon területegységenként és évenként felhasználható. A PCB irányelv kimondja, hogy 2010-ig ki kell vonni

a forgalomból a környezetre és egészségre veszélyes PCB tartalmú anyagokat, és ezeket ártalmatlanítani kell, az ezeket tartalmazó, leselejtezett berendezésekkel együtt.

A bányászati hulladékok külön szabályozására azért volt szükség, mert a bányászati tevékenység során keletkezett fúróiszap, meddőanyag, vagy előkészítési maradék (zagy, por, törmelék), amelyet a meghatározott időkorláton túl gyűjtenek, tárolnak, azaz bányászati hulladékkezelő létesítményben helyeznek el, hatalmas mennyisége miatt, illetve a belőlük a környezetbe kerülő szennyezések okán fokozott környezeti és baleseti kockázatot jelentenek. Ezek csökkentése érdekében a jogszabály előírja a kockázat értékelést, a kezelőtelepek besorolását, az engedélyezést, a hulladékgazdálkodási terv készítését, valamint adott esetekben a környéken élő lakosság tájékoztatását.

### **1.2.12. A kiterjesztett gyártói felelősség szabályai**

A kiterjesztett gyártói felelősség lényege, hogy a termelést végző gazdálkodók nem csak a gyártás és a termékek tervezése során kötelesek figyelembe venni a környezetvédelmi érdekeket, hanem termékeik hulladékká válása után is kötelesek annak visszagyűjtéséről gondoskodni, a visszagyűjtött hulladék hasznosítását vagy hasznosíttatását elvégezni, és ennek költségét viselni. Ennek értelmében a szabályozás a hulladék birtokosának a hulladékért való általános felelősségét a gyártóra terheli át.

Az uniós szabályozás értelmében a gyártó a visszagyűjtési és hasznosítási kötelezettségét teljesítheti önállóan, kollektíven, esetleg erre szakosodott szervezetek útján. A kötelezettséget átvállaló szervezetek működését, feladatainak költségeit a gyártók befizetéseiből finanszírozzák. A kiterjesztett gyártói felelősségi körbe tartozó irányelvek a következők:

- az elhasználódott járművekről (2000/53/EK);
- az elektromos és elektronikus berendezések hulladékairól (2002/96/EK);
- a csomagolásról és a csomagolási hulladékról (94/62/EK);
- az elektromos és elektronikus berendezések hulladékairól (2002/96/EK);
- az elemekről és akkumulátorokról, valamint a hulladék elemekről és akkumulátorokról (2006/66/EK);
- az egyes veszélyes anyagok elektromos és elektronikus berendezésekben való alkalmazásának korlátozásáról (2002/95/EK).

A fenti szabályozási elemek közös jellemzője, hogy meghatározzák a minimálisan visszagyűjtendő mennyiségeket, ezek minimális újrafeldolgozási és termikus hasznosítási arányait, illetve azokat a céldátumokat, amelyekig a tagországoknak mindezt teljesíteni kell. A teljesítést a Bizottság ellenőrzi, ehhez a tagállamoknak rendszeresen jelentéseket kell benyújtaniuk. Amennyiben a teljesítésben jelentős lemaradást tapasztal a Bizottság, kötelezettségszegési eljárást indíthat az adott tagállam ellen. A hasznosítási célokat az Unió folyamatosan fölülvizsgálja, és emeli. Jelenleg az elektromos és elektronikus hulladékok új hasznosítási célértékei vannak bevezetés alatt, illetve megkezdődött a csomagolási hulladékok új hasznosítási célértékeinek fölülvizsgálata is.

### **1.2.13. A hulladékok nemzetközi szállítása**

1988-ban egy olasz cég által Nigériába szállított veszélyes hulladék okozta mérgezés váltotta ki a Baseli Egyezmény megszületését. Ez az egyezmény a veszélyes hulladékok országhatárokat átlépő szállításának ellenőrzéséről és ártalmatlanításáról szól, és előírja a veszélyes hulladékok fejlett országokból fejlődő országokba történő kivitelének tilalmát. Fejlődő országoknak a nem OECD országokat tekintik.

Az egyezmény része két hulladéklista, a sárga listán a veszélyes (tehát kivitelre tiltott) hulladékok vannak, a zöld lista pedig a nem veszélyes hulladékokat tartalmazza. OECD-n belül a sárga listás hulladékokat a hatóságok felé előre bejelentett módon (notifikáció) lehet kezelésre szállítani.



Az Unió a Bázeli Egyezmény figyelembe vételével alkotta meg a hulladékok nemzetközi szállítására vonatkozó rendeletét (1013/2006/EK). Ennek értelmében EU-n belül (EFTA országok is) ártalmatlanításra minden, hasznosítási célra pedig a veszélyes hulladékot notifikációval kell szállítani. A nem veszélyes hulladék hasznosításra szabadon szállítható, az EU-n kívülre történő szállítás pedig a Baseli Egyezmény szerint történik.

A notifikációs kötelezettség alapján a hulladékot indító vállalkozás köteles értesíteni az indító ország megfelelő hatóságát, amely során többek között adatokat kell közölni a szállítással érintett hulladékról, a szállítmány tranzit és célországáról, a szállítmányt fogató kezelőről (annak engedélyéről), valamint a szállítás időpontjáról és módjáról. Az indító ország hatósága a bejelentés alapján értesíti a szállítmány adatairól az összes tranzit ország, illetve a célország illetékes hatóságát, amit azok visszaigazolnak. Ezek megléte esetén az indító ország hatósága engedélyezi a szállítást.

A rendelet kimondja azt is, hogy amennyiben hulladékot illegálisan szállítanak, azt az indító vállalkozásnak saját költségén vissza kell szállítani az indító országba. Amennyiben az indító vállalkozás kiléte nem deríthető ki, a visszaszállításról az indító ország hatóságának kell gondoskodni.

#### **I.2.14. A hazai hulladékgazdálkodási szabályozás felépítése**

A HKI jogharmonizációját a hulladékról szóló 2012. évi CLXXXV. törvény (Ht.) megalkotásával végezte el Magyarország. Ez a törvény a hulladékgazdálkodásról szóló 2000. évi XLIII. törvényt váltotta föl, amely Magyarországon először egységes szabályrendszert alkotott a veszélyes, nem veszélyes és települési hulladékok tekintetében.

A hulladék szabályozási rezsim másik fontos eleme a környezetvédelmi termékdíjról szóló 2011. évi LXXXV. törvény (Ktdtv.), amely az 1996-tól létező hazai termékdíj szabályozás legutóbbi eleme. A hulladékos szabályozást 2013-ban kiegészítette a hulladékgazdálkodási közszolgáltatási tevékenység minősítéséről szóló 2013. évi CXXV. törvény (Hkmtv.). A Ht. 88. §-a összesen 31 kormányrendelet, 9, a környezetügyért felelős miniszter által megalkotandó miniszteri rendelet, és 6, más miniszterek által megalkotandó rendelet kiadását írja elő. Mindezek mutatják, hogy a hulladékgazdálkodás jogi rendszere igen kiterjedt, köszönhetően annak, hogy a hulladék fajták különbözősége miatt fontos kidolgozni azok külön műszaki szabályait is.

Az Unióban a termékdíjnak megfelelő szabályozás nincs, mivel a HKI kimondja, hogy a kiterjesztett gyártói felelősségből adódóan a gyártóra háruló kötelezettségek és a költségviselés kikényszerítésének módját a tagország határozza meg. Magyarország a Ktdtv. 1996-os bevezetésével ezt a célt kívánta elérni, mivel a termékdíj, vagy az ennek elkerülése érdekében fizetett hasznosítási díj a gyártók által előállított termékek hulladékainak összegyűjtési és hasznosítási költségeit hivatott fedezni. Régóta felmerült, hogy a települési hulladékok szabályozását külön kellene választani az általános hulladékos szabályozástól, érvek vannak pro és kontra. Tény, hogy az Unióban nincs erre külön szabályozás, bár az új HKI már lényegesen több szabályt alkotott erre a hulladékáramra, mint a korábbi irányelvek, sőt, hasznosítási célértéket is tűzött ki 2020-ra.

A települési hulladékok gyűjtési és hasznosítási aránya Magyarországon azonban hagyományosan alacsony szintű, jellemző kezelési forma a lerakás. Ennek megfordítása érdekében a szakpolitika 2012-ben úgy döntött, nagyobb hangsúly kerül a közszolgáltatás minőségének fejlesztésére, és a hasznosítási arányok növelésére. A Ht.-ben kimondásra került, hogy 2014-től közszolgáltatást csak többségi állami vagy önkormányzati tulajdonban lévő vállalkozás végezhet, továbbá bevezetésre került a lerakási adó, illetve a közszolgáltatók minősítése érdekében hatályba lépett a Hkmtv. A végrehajtás ellenőrzéséhez kíván forrásokat teremteni a felügyelőségek számára hulladékgazdálkodási felügyeleti díj 2013-as bevezetése, amelyet mindazok fizetnek, aki hulladékgazdálkodási engedéllyel rendelkeznek, illetve akik tevékenységét nyilvántartásba vették.

### **I.2.15. A hulladékgazdálkodás tervezése**

Az általános hazai hulladékgazdálkodási célkitűzéseket a Ht. tartalmazza. Ennek értelmében elsődleges feladat a hulladék keletkezés megelőzése, a keletkező hulladék esetén azonban gondoskodni kell az emberi egészség és a környezetet magas fokú védelméről, illetve gondoskodni kell a hulladék lehető legnagyobb arányú hasznosításáról, a lerakás visszaszorításáról.

A hazai hulladékgazdálkodás számszerűsített, az EU elvárásoknak megfelelő célkitűzéseit részben a Ht., részben az egyes hulladékarami jogszabályok rögzítik. A rész-célok részletes megfogalmazására, illetve az ezek eléréséhez szükséges eszközrendszer meghatározására a tervezés szolgál. A hazai rendszerben megkülönböztetünk:

- Országos Hulladékgazdálkodási Tervet (OHT).
- Területi Hulladékgazdálkodási Terveket (THT), illetve
- a közszolgáltatók által készített közszolgáltatási hulladékgazdálkodási terveket.

Az OHT-t az Országos Hulladékgazdálkodási Ügynökség (OHÜ) készíti hét éves periódusra, amelyet a Kormány fogad el. Az OHT részét képezi az Országos Megelőzési Terv (lásd: I.3. A hulladék-képződés megelőzése tananyagot).

A hasznosíthatóság érdekében általános cél

- az elkülönített gyűjtés kialakítása és fejlesztése,
- a hulladékká vált termékek újrahasználatos összetevőinek elkülönítése, javítása és ismételt felhasználása.

A terv a települési papír, műanyag, fém és üveg hulladék hasznosítási arányát 2014-re összességében 35 %-ra, 2020-ra 50 %-ra tűzi ki. A vegyes települési hulladék haszonanyagot jelentő csomagolási hulladék tartalmának tovább kell csökkennie.

- WEEE: az elért és a 2012/19/EU irányelvben meghatározott 4 kg/fő/év gyűjtött mennyiség tartása, majd 2021-re a gyűjtésnek a kibocsátott mennyiség 65 %-t el kell érnie.
- ELV: 2014. év végére az összes hulladékká váló jármű tömegarányát tekintve az újrahasználat és hasznosítás együttes arányának a 95 %-ot, ezen belül az anyagában történő hasznosításának a 85 %-ot, az energetikai hasznosításának a 10 %-ot kell elérnie.
- EÜ hulladék: elkülönített gyűjtés, hasznosítás a cél.
- Növényvédő-szer és csomagolása: a csomagolóanyagok, göngyölegek gyűjtési arányát tovább kell növelni.
- Olajhulladék: a felmerülő környezeti ártalmak csökkentése, a regenerálás elsődleges kezelésként történő bevezetése.
- Ipari nem veszélyes hulladék: a hulladékkeletkezés csökkentése a korszerűbb ipari technológiák terjedésének előmozdításával, valamint gyártásoptimalizálással. Hasznosítási arányok növelése.
- ÉBH: 2020-ig a nem veszélyes építési-bontási hulladék újrahasználatra történő előkészítésének, újrafeldolgozásának és az egyéb, anyagában történő hasznosításának tömegében minimum 70 %-ra növelése, a hasznosításából származó termék, anyag felhasználásának növelése, a hulladékból származó termékek versenyképessé tétele.
- Mezőgazdasági és élelmiszeripari hulladékok: a biológiailag lebomló rész elsősorban biológiai kezelésre kerüljön.

A célok elérését szolgáló tervezett források a következők: KEHOP, TOP (EU Strukturális Alapok), KA (EU Kohéziós Alap), ERFA (Európai Regionális Fejlesztési Alap), lerakási járulék, 35 Mrd Ft biztosítása elkülönített gyűjtésre. A KEHOP és KA források tervezett felhasználási területe: települési hulladék gyűjtési, feldolgozási rendszerének fejlesztése, azbeszt-mentesítés, ÉBH kezelés, lakossági veszélyes hulladék, komposztálás, biogáz termelés, míg a lerakási járulék és a termékdíj többletbevételt a közszolgáltatáshoz szükséges eszközök kivásárlására kívánják fordítani.

### **I.2.16. A hulladékról szóló törvény legfontosabb szabályai**

A Ht. feladata, hogy jogokat és kötelezettségeket állapítson meg a hulladékgazdálkodás szereplői számára. A törvényben megállapított a legfontosabb kötelezettség az, hogy a hulladékért, annak megfelelő kezelőhöz történő eljuttatásáért, a környezetszennyezés megelőzéséért a hulladék birtokoson felel.

A törvény fogalmai némileg módosultak az előző törvényhez képest. A begyűjtő helyett a gyűjtő fogalmát vezette be, amely a többi kezelési tevékenységhez hasonlóan szintén engedélyköteles tevékenység. Az ingatlan tulajdonos helyett ingatlanhasználó, a nagy darabos hulladék helyett lomhulladék használatos. A tárolás kikerült a definíciókból.

Általános érvényű lett, hogy hulladékot kezeléssel kapcsolatosan csak egy évig lehet tárolni. A kereskedő, közvetítő csak kezelőnek adhat át hulladékot, változatlan formában. A hulladék birtokos a kezelésre vonatkozó kötelezettsége akkor tekinthető teljesítettnek, ha a hulladék a gyűjtő, a kereskedő, a hulladékkezelő vagy a közszolgáltató tulajdonába kerül. A hulladék átvevője az átvett hulladékról bizonylatot ad, valamint a hulladék előző birtokosának a hulladékgazdálkodási tevékenység végzésére jogosító okiratokat, a hulladékgazdálkodási engedélyt bemutatja.

Az ismeretlen összetételű és a hulladékjegyzékben közelebbről meg nem határozott típusú hulladékot a környezetvédelmi hatóság döntéséig veszélyes hulladéknak kell tekinteni.

A Ht. részletesen szabályozza az engedélyezés, nyilvántartásba vétel, valamint az ellenőrzés szabályait is. Alapesetben ellenőrző hatóságként a környezetvédelmi felügyelőséget, az állati melléktermék kapcsán az élelmiszerlánc-felügyeleti hatóságot, míg a melléktermékkel és a hulladék vége státuszú termékekkel kapcsolatban a termék megfelelőségének és biztonságának ellenőrzéséért felelős hatóságot, illetve piacának felügyeletéért felelős hatóságot jelöli ki.

Habár a HKI az ellenőrzéssel kapcsolatosan lehetővé teszi a tagállamok számára, hogy enyhítsenek az ellenőrzés mélységén és gyakoriságán azon kötelezettek esetén, amelyek EMAS minősítéssel rendelkeznek, a Ht. ilyen rendelkezést nem tartalmaz. A törvény rendelkezése értelmében a környezetvédelmi hatóság képviselője a közúti közlekedés ellenőrzésére jogosult hatóság közreműködésével a hulladékszállítmányokat feltartóztathatja.

### **I.2.17. A hulladékról szóló törvény új jogintézményei**

A Ht. általánosan bevezette a HKI azon előírásait, amelyek korábban nem voltak jelen a hazai hulladékgazdálkodásban. Ilyen pl.

- az öt lépcsős hulladék hierarchia,
- az életciklus szemlélet,
- a melléktermék fogalma,
- a hulladék státusz megszűnése,
- a megelőzési program, illetve
- a nyilvántartásba vétel intézménye.

Mindemellett több olyan szabályt is bevezetett, amely nem következik közvetlenül a Keretirányelvből, de fontos a korábbi szabályozási problémák megoldása szempontjából, vagy szükséges a továbbfejlesztés érdekében. Ilyen pl. a hulladék kereskedelem pontosabb szabályozása, ami eddig hiányzott, vagy a települési folyékony hulladék kivezetése a hulladékgazdálkodási szabályozás hatálya alól, és áttemelése a szennyvíz-szabályozásba. A törvény vezeti be a hulladéklerakási járulékot, amely folyamatosan emelkedve 2016-ra eléri az EU országokban alkalmazott átlagos értékeket (I.2.1. táblázat) a D1, D2, D3, D4, D5 és D12 kezelési kóddal ellátott ártalmatlanítási műveletek után.

Fontos intézkedése az új törvénynek, hogy megszüntette a koordináló szervezeteket, amelyek a gyártók nevében és megbízására a termékdíjas termékek hulladékának hasznosítását szervezték, ehelyett bevezette a közvetítő fogalmát lényegében hasonló tartalommal, de a közvetítő a termékdíjjal érintett hulladékokkal nem foglalkozhat.

Hulladéklerakási járulékfizetéssel érintett hulladék fajtája, jellege, típusa	Hulladék egységára évenként (Ft/tonna)			
	2013	2014	2015	2016
1. települési hulladék, ideértve az előkezelt települési hulladékot is	3000	6000	9000	12 000
2. építési-bontási hulladék	3000	6000	9000	12 000
3. veszélyes hulladék	3000	6000	9000	12 000
4. települési szennyvíziszap	3000	6000	9000	12 000
5. a hulladékból előállított termék gyártása során képződött és tovább hasznosítható maradék hulladék	2000	4000	6000	8000
6. a hulladékból előállított termék gyártása során képződött és tovább nem hasznosítható maradék hulladék	1500	3000	4500	6000

**I.2.1 táblázat: A lerakási járulék mértéke**

A Ht. előírja a céltartalék képzést mindazon gazdálkodó szervezet és közszolgáltató számára, amely hulladékkezelő létesítményt üzemeltet. A céltartalékot a létesítmény bezárásához, az okozott esetleges környezeti kár felszámolásához, a terület rekultivációjához és utógondozásához kell felhasználni.

Akinek tevékenysége során a nyilvántartási és adatszolgáltatási kormányrendeletben meghatározott mennyiségű hulladék képződik, aki hulladékot átvesz és elszállít, tárol, kezel, vagy aki Magyarországra hulladékot behoz, kivisz vagy átszállít, biztosítás megkötésére kötelezett. A Ht. két esetben szigorúbb előírást tartalmaz az európai szabályozásnál: tiltja a veszélyes hulladék behozatalát, illetve tiltja a veszélyes hulladék égetőműben, vagy együttégető műben történő hasznosítását.

### **I.2.18. A Ht. végrehajtási szabályai**

A törvény nagyszámú végrehajtási jogszabálya közül 2014 közepén még számos nem készült el. A hulladékgazdálkodás folyamatosságát azonban biztosítja, hogy még hatályban vannak olyan korábbi rendeletek, amelyek ugyan még nem felelnek meg pontosan az új Ht.-nek, de a rendszer működését lehetővé teszik. Ilyen pl. a veszélyes hulladékokról, a szennyvíziszapról, vagy a hulladékgazdálkodási bírságról szóló kormányrendelet.

A jogalkotó a Ht. megjelenése után elsősorban azoknak a hulladékárami szabályoknak a megújítására koncentrált, amelyek a kiterjesztett gyártói felelősség körében EU-s hasznosítási célokat állapítanak meg, illetve egyéb EU-s célok megvalósításához szükségesek, vagy a lényegesen átalakított közszolgáltatás működőképessé tételét szolgálják.

Nagy számban vannak azonban olyan szabályok is, amelyek megalkotását a Ht. előírja ugyan, de még nem születtek meg, és korábbi jogszabályi előzményük sincsen. Ilyen pl. a céltartalék képzésre és biztosításra vonatkozó kormányrendelet, amely pénzügyi fedezetet kell, hogy biztosítson a hulladékkal okozott környezeti károk felszámolásához. Mivel az összes jogszabály ismertetésére nincs lehetőség, ezért azokat a szabályokat emeljük ki, amelyek egyéb fejezetekben még nem kerültek szóba, illetve nem valamely megfelelő EU-s irányelv átvételét szolgálják.

A hulladékgazdálkodási tevékenységek nyilvántartásba vételéről, valamint hatósági engedélyezé-

séről szóló 439/2012. (XII. 29.) Korm. rendelet értelmében a kereskedőt, közvetítőt, valamint a közvetítő szervezetet a környezetvédelmi hatóság bejelentés alapján legfeljebb 5 évre veszi nyilvántartásba. A nyilvántartásba vétel csak akkor alkalmazható, ha a hulladék nem kerül a kérelmező birtokába, hulladék csak engedély birtokában vehető át. Hulladékgazdálkodási engedély legfeljebb 5 évre, hulladékgazdálkodási közszolgáltatási engedély legfeljebb 10 évre adható. A rendelet részletesen leírja a nyilvántartásba vétel és az engedély kérelmezésének tartalmi elemeit, illetve meghatározza, hogy a hatóság hogyan járjon el a nyilvántartásba vétel során, illetve mit írhat elő az engedélyben.

Nagyon fontos szabály a hulladékkal kapcsolatos nyilvántartási és adatszolgáltatási kötelezettségekről szóló 440/2012. (XII. 29.) Korm. rendelet. A hulladék birtokosnak, kereskedőnek, közvetítőnek és kezelőnek rendszeres időközönként, meghatározott formában és tartalommal adatot kell szolgáltatni a keletkezett, átvett, illetve kezelt hulladékról a területileg illetékes felügyelőség felé. Veszélyes hulladék esetén a keletkezést kivéve negyedéves adatszolgáltatás van, a többi esetben egy évben egyszer kell ezt megtenni. A rendeletben előírt adatszolgáltatáson felül a kiterjesztett gyártói felelősségi körbe tartozó hulladékok esetén a gyártó, az átvevő és a kezelő – főszabály szerint – a Főfelügyelőség felé szolgáltat rendszeresen adatot a visszavett, illetve a kezelt hulladékokról.

### **1.2.19. A közszolgáltatásra vonatkozó szabályok**

A közszolgáltatás kérdésével igen részletesen foglalkozik a Ht. Előírja a közszolgáltatásban résztvevő valamennyi szereplőjének (ingatlanhasználó, önkormányzat, közszolgáltató, hatóságok) kötelezettségeit, illetve a végrehajtás szabályait.

Az ingatlanhasználó köteles az ingatlanán keletkező települési hulladékot az önkormányzati rendeletben meghatározott módon gyűjteni, és azt rendszeresen átadni a közszolgáltatónak. Ha az önkormányzati rendelet ezt előírja, szelektíven kell gyűjtenie a meghatározott frakciókat, illetve a biológiailag lebomló (jellemzően kerti) zöldhulladékot. A nem magánszemély ingatlanhasználó (gazdálkodó) a szelektíven gyűjtött hulladékot nem köteles a közszolgáltatónak átadni, azt szabadon értékesítheti más piaci szereplőknek.

Az önkormányzat kötelessége meghozni a települési hulladék gyűjtésével kapcsolatos helyi rendeleteket, illetve kiválasztja a közszolgáltatót, azzal szerződést köt a szolgáltatás ellátására. Közszolgáltató csak az a vállalkozás lehet:

- amelynek többségi tulajdonosa az állam vagy önkormányzat,
- rendelkezik hulladékgazdálkodási engedéllyel (kiadja a területileg illetékes felügyelőség),
- közszolgáltatási engedéllyel (kiadja a Főfelügyelőség), illetve
- az OHÚ által kiadott közszolgáltatási minősítéssel.

A közszolgáltató elsődleges feladata a vegyesen és szelektíven gyűjtött hulladék összegyűjtése, de nem kötelező, hogy rendelkezzen a kezeléshez szükséges egyéb technológiákkal (válogató, lera-kó). Ebben az esetben az önkormányzatnak szerződéssel kell biztosítani ezen létesítmények igénybevételeit.

A közszolgáltatási díjat 2015-től a korábbi gyakorlattal ellentétben nem az önkormányzat, hanem a Magyar Energetikai és Közmű-szabályozási Hivatal állapítja meg. Addig a közszolgáltatási díjak be vannak fagyaszthatva. Közszolgáltató, valamint a közszolgáltatás körébe tartozó hulladék kezelését végző gazdálkodó szervezet – legalább 3 évente – közszolgáltatói hulladékgazdálkodási tervet készít. A közszolgáltató törekszik arra, hogy az elkülönített hulladékgyűjtési rendszert több hulladékamra kialakítsa, és azt, valamint a loptalanítást házhoz menő gyűjtésként szervezze meg.

Ha a települési önkormányzat a hulladékgazdálkodási közszolgáltatás ellátását nem biztosítja, vagy a hulladékgazdálkodási közszolgáltatási eljárás eredménytelensége miatt nem biztosítható, a katasztrófavédelmi hatóság közszolgáltatót jelölhet ki.

## **I.3. A hulladékképződés megelőzése (Farkas Hilda)**

### **I.3.1. A megelőzés fogalma**

A hulladékgazdálkodás terén a megelőzés fogalma túlterjed a klasszikus környezetvédelmi megelőzési elven, azaz nem csak a hulladék okozta környezetterhelés, -veszélyeztetés, illetve -szennyezés elkerülését, minimalizálását jelenti, hanem a hulladékot eredményező tevékenységek olyan tudatos, ellenőrzött irányítását, amellyel a hulladéknak, mint a környezeti elemeket veszélyeztető tényezőnek a létrejöttét, képződését is elkerülik, de legalábbis csökkentik.

A környezet védelmének általános szabályairól szóló 1995. évi LIII. törvény (Kvt.) értelmében minden környezethasználatot úgy kell megszervezni és végezni, hogy az a lehető legkisebb mértékű környezetterhelést és igénybevételt idézze elő, megelőzze a környezetszennyezést és kizárja a környezetkárosítást (ideértve a hulladékképződés csökkentését is). A megelőzés érdekében a környezethasználat során a leghatékonyabb megoldást, adott esetben az elérhető legjobb technikát kell alkalmazni. Ezt fogalmazza meg a Kvt. megelőzés definíciója is. A megelőzés hulladékgazdálkodási értelmezését – a hulladékról szóló 2008/98/EK irányelvvel (Hulladék Keretirányelv: HKI) összhangban adja meg a hazai 2012. évi CLXXXV törvény a hulladékról (Ht.).

### **I.3.2. A megelőzés igénye és jelentősége**

A népesség gyarapodásával, a fogyasztói, jóléti társadalom kiterjedésével vált világossá, hogy ennek fenntartása a korábbi termelési és fogyasztási minták szerint nem lehetséges, a természeti erőforrások véges volta, azok pazarló, felelőtlen kisajátítása, illetve elszennyezése nem folytatható. E felismerés eredményeként jött létre a fenntartható fejlődés eszméje, amelynek közismert definícióját 1987-ben az ENSZ Közgyűlés által elfogadott, „Közös jövőnk” címen közzétett Bruntland-jelentés fogalmazta meg: A fenntartható fejlődés olyan fejlődés, amely kielégíti a jelen generációk szükségleteit anélkül, hogy veszélyeztetné a jövő generációk esélyeit arra, hogy ők is kielégíthessék szükségleteiket.

A fenntarthatóság elve értelmében a gazdasági növekedés, a környezetvédelem és a társadalmi egyenlőség egyensúlyban tartása az emberiség és a Föld létérdeke. E hármas kapcsolatrendszerben jelenik meg a hulladék kérdése is, egyértelmű téve, hogy a fenntartható fejlődéshez a leghatékonyabban a hulladék képződésének megelőzése járulhat hozzá, a termékek előállításánál felhasznált veszélyes anyagok kiváltása, az anyagtakarékos és hulladékszegény technológiák alkalmazása a hulladék kezelési igényeinek – és egyben költségeinek – csökkenésével is jár.

A hulladékgazdálkodás – és ezen belül a megelőzés – a globális anyag- és termék-életciklus részévé, az integrált termék- és termelésipolitika és tervezés, a fenntartható fogyasztás és termelés egyik meghatározó elemévé vált.

Az első környezetvédelmi világtalálkozón, az 1992-ben megtartott Riói Konferencián elfogadott „Riói Nyilatkozat a környezetről és a fejlődésről”, illetve az ennek érvényesítését szolgáló cselekvési terv, az Agenda 21 (Feladatok a XXI. századra) ezt a hulladékra vonatkozó három fejezetében fogalmazza meg, amelyben külön részt szentel a hulladékinimalizálásnak, mint elsődleges fontosságú feladatnak. Rögzíti, hogy a megelőző hulladékgazdálkodásra kell koncentrálni, megváltoztatva az életstílust, a termelési és fogyasztási szokásokat. Célként határozza meg az ártalmatlanításra kerülő mennyiség stabilizálását, illetve csökkentését, hulladékcökkentési szakpolitika kialakítását, elkülönített gyűjtés alkalmazását az újrafeldolgozás növelése érdekében. A veszélyes hulladékkal kapcsolatban elsődleges fontosságú a képződés minimalizálása, ennek érdekében az ipari eljárások és a fogyasztói szokások megváltoztatása, például szennyezés-megelőzési és tisztább termelési stratégiák kialakításával és végrehajtásával, „hulladékszegény” technológiák alkal-

mazásával. A képződő hulladék veszélyességének csökkentésére, hasznosítására, hasznos anyaggá alakítására kell elsősorban törekedni.

Az ezt követően tíz évenként megtartott környezetvédelmi világkonferenciák a riói alapvetésesen lényegesen már nem változtattak. A „Rio+10” konferencián (2002. Johannesburg) elfogadott „Johannesburgi Nyilatkozat”-hoz kapcsolódó végrehajtási terv felszólítja az államokat, hogy:

- előzzék meg és minimalizálják a hulladékot,
- maximalizálják az újrafelhasználást és a környezetbarát alternatív anyagok használatát,
- javítsák az erőforrás-hatékonyságot,
- ösztönözzék újrahasználatos fogyasztási cikkek és biológiailag lebomló termékek előállítását.

A „Rio+20” konferencia (2012. Koppenhága) záródokumentumában a hulladék már a vegyi anyagokkal közös cím alatt szerepel, újdonságként a hulladékgazdálkodásban az életciklus-szemlélet alkalmazása jelenik meg. A megelőzés célját a legtömörebben az EU 6. Környezetvédelmi Akcióprogramja fogalmazta meg; a növekedés (gazdasági, fogyasztási, népességi) elválasztása a hulladékképződéstől. Ez mind a gazdasági szereplőktől, mind a lakosságtól gyökeres szemlélet- és viselkedésváltozást követel meg.

### **I.3.3. A megelőzés helye a hulladékhierarchiában**

A fenntartható fejlődés elveinek megfelelően a hulladékgazdálkodás ötlépcsős hierarchiájában a hulladékképződés megelőzése az első helyen szerepel. A megelőzés szempontjából lényeges a 2. prioritás, az újrahasználatra előkészítés is, amely ugyan már hulladékkezelési tevékenység, de szintén hozzájárulhat a hulladékként kezelendő anyag mennyiségének csökkentéséhez. Ez esetben a hulladékká vált dolog olyan kezeléséről van szó, amikor a hulladék egyes, eredeti funkciójuk ellátására még alkalmas összetevőit elválasztják a tovább nem használható összetevőktől (pl. kislejtezett, tönkrement berendezések működőképes alkatrészeinek kibontása), amelyeket – minőségellenőrzést és szükség szerinti javítást követően – használt alkatrészként értékesítenek, vagy új termékbe építenek be.

### **I.3.4. A megelőzési tevékenységek**

A Ht. a megelőzést – a HKI-nek megfelelően – nem tekinti a hulladékgazdálkodás részének, mivel akár mennyiségi, akár minőségi (veszélyesség) megelőzésről van szó, a megtett intézkedések még az anyag vagy termék hulladékká válását „megelőzően” érvényesülnek. A különböző megelőző intézkedések közül külön az újrahasználatot definiálja, emellett meghatározza az újrahasználatra előkészítés jelentését is. Fontos definíció a hierarchia alkalmazásánál megjelenő életciklus-szemlélet tartalmának meghatározása is. Az újrahasználat melletti további megelőzési tevékenységek már kötelezettséggé jelennek meg:

„A hulladékképződés megelőzése, a képződő hulladék mennyiségének és veszélyességének csökkentése érdekében előnyben kell részesíteni:

- a) az anyag- és energiatakarékos, hulladékszegény technológiák alkalmazását;
- b) az anyag termelési-fogyasztási körfolyamatban tartását;
- c) a legkisebb tömegű és térfogatú hulladékot, továbbá a kevesebb szennyező anyagot, illetve kisebb környezetterhelést eredményező termékek előállítását;
- d) a hulladékként kockázatot jelentő anyagok kiváltását.”

Rögzíti a törvény, hogy az anyag, illetve a termék csak a termelés–fogyasztás ciklusból történő kilépésekor válik hulladékká. Ennek megfelelően törekedni kell arra, hogy a technológiából származó gyártási maradék a technológiai folyamatba visszavezetésre kerüljön, illetve a használt, de eredeti céljára ismételten felhasználható termék a gyártás-felhasználás ciklusban maradjon.

### **I.3.5. A gyártói kötelezettségek**

A Ht. a megelőzés prioritásának biztosítása érdekében alapelveként rögzíti az újrahasználást és az újrahasználatra előkészítés elvét. Eszerint a termékek újrahasználását, javítását, újratöltését, a hulladék újrahasználatra előkészítését, az újrahasználási és javító hálózatok kiépítését jogi, gazdasági és műszaki eszközökkel, valamint az anyag vagy tárgy beszerzésére vonatkozó kritériumok és számszerűsített célok kitűzésével kell elősegíteni.

Szintén alapelveként fogalmazza meg a gyártói felelősséget: a gyártó felelős a termék és a technológia jellemzőinek a megelőzés és a hulladékgazdálkodás követelményei szempontjából történő kedvező megválasztásáért, ideértve a felhasznált alapanyagok megválasztását, a termék külső behatásokkal szembeni ellenálló képességének, élettartamának és újrahasználhatóságának, javíthatóságának megtervezését. Meghatározott esetekben (külön jogszabályok alapján, pl. M1 és N1 kategóriájú gépjárművek, elektromos és elektronikus berendezések, elemek és akkumulátorok, csomagolás) a gyártó felelőssége kiterjed a használt termék visszavételére, illetve a hulladékká vált termékek átvételére és kezelésére. A vissza/átvett termékek kezelése során a hierarchiának megfelelően törekedni kell az újrahasználást és az újrahasználatra történő előkészítés elvének érvényesítésére.

A gyártói felelősség érvényesítésére az alapvető megfogalmazás mellett a Ht. általános megelőzési kötelezettségeket is megfogalmaz. Így a gyártónak törekednie kell arra, hogy a terméket és csomagolását úgy tervezze meg és alakítsa ki, olyan technológia- és termékfejlesztést hajtson végre, hogy a gyártás, illetve a termék használata az elérhető leghatékonyabb anyag- és energiafelhasználással történjen, és segítse elő a hulladékképződés megelőzését, a termék újrahasználását. Ennek érdekében a gyártónak előnyben kell részesítenie azt a nyers- és alapanyagot, terméket, csomagolószert, amelynek előállítása és felhasználása alacsonyabb anyag- és energiaigénnyel, kisebb környezeti hatással, kevesebb veszélyes hulladék képződésével jár, kisebb a veszélyes anyag tartalma, a termék tartósabb, illetve többször használható.

### **I.3.6. A melléktermék**

A hulladék és a melléktermék megkülönböztetése, a termelési maradék anyagok felhasználhatósága, termékként történő forgalmazhatósága jelentősen hozzájárulhat a hulladékként kezelendő anyagmennyiség mérsékléséhez.

A gyártás elsődleges célja, főterméke mellett sok esetben olyan anyagok is létrejönnek, maradványok képződnek, amelyekről tulajdonosa nem kíván a hulladék definíció értelmében megválni, hanem értékesíthető árunak tartja.

A melléktermék kritériumainak megfogalmazásával egyértelművé vált, hogy a gyártási technológia megfelelő alakításával a gyártási maradékok (egy része) kiemelhető a hulladék körből, és normál termékként forgalmazható. A melléktermékké nyilvánítás kritériumrendszerének alkalmazásához – néhány jellemző melléktermékre vonatkozó egyedi feltételeket is meghatározva – jelentős segítséget nyújt az Európai Bizottság COM(2007) 59 final közleménye a hulladékról és a melléktermékről. Mindemellett a Ht. – a hulladékos szabályozás alóli „kibújás” elkerülése érdekében – a melléktermék előállítását bejelentési kötelezettség alá vonja, és a hatóság jóváhagyásához köti. Emellett a melléktermékre a hulladékhhoz hasonló nyilvántartási kötelezettségeket is megállapít.

### **I.3.7. Az ipari ökológia és a „Zero Waste” („Nulla Hulladék”) célkitűzés**

Az ipari ökológia gondolata azon az elképzelésen alapul, hogy ahogy a természetben nem léteznek hulladékok, az iparban is törekedni kell a hulladék képződésének csökkentésére: az egyik folyamat mellékterméke egy másik folyamat alapanyagaként szolgálhat. Ennek célja egy olyan állapot elérése, amelyben az energia- és az anyagfelhasználás szintje optimális, a hulladék és egyéb szennyezések mértéke minimális, és minden (mellék)terméknek gazdaságilag is életképes szerepe van a gyártási folyamatokban.



A „Nulla Hulladék” célkitűzést lényegében a gazdaság zárt láncúvá tételére kidolgozott elképzelésből általánosították, azt az elvet követve, hogy a természeti körfolyamatok mintájára a termelési és fogyasztási folyamatokból sem képződik végleges hulladék, mivel minden kilépő anyag egy másik helyen felhasználható erőforrásként jelentkezik (lásd a melléktermék feltételrendszerét). A „Nulla Hulladék” állapot elérése, illetve az ahhoz közelítés érdekében úgy kell tervezni a termékeket, és úgy működtetni, irányítani a folyamatokat, hogy összességében csökkenjen a hulladék mennyisége és veszélyessége.

A „Nulla Hulladék” szemlélet része, hogy az erőforrásokat nem szabad eltemetni (lerakni) vagy életetni, hanem azokat meg kell őrizni és hasznosítani (lásd az anyagában hasznosítás célrendszerét). Az elképzelés szerint a „Nulla Hulladék” megvalósulásával megszűnne a környezeti elemekbe történő kibocsátás. A célkitűzés tehát mintegy összesíti és rendszerbe foglalja, egyben gazdaságstratégiai és életviteli céllá emeli a megelőzés és az újrafeldolgozás céljait és eszközeit. Lényegében ezt az elvet fordítják le az olyan nemzetközi és hazai szakmapolitikai dokumentumok is, mint a riói dokumentumok, az EU „Fenntartható Fogyasztás és Termelés”, „Integrált Termék Politika”, „Megelőzés és Újrafeldolgozás” tematikus stratégiái, a hazai „Nemzeti Fenntartható Fejlődési Stratégia” és az „Országos Megelőzési Program”.

### **I.3.8. A megelőzési intézkedések és eszközök csoportosítása**

Alapvetően két csoportba sorolhatók a megelőzést szolgáló tevékenységek:

- egyrészt a képződő hulladék mennyiségét csökkentő intézkedésekre (mennyiségi megelőzés),
- másrészt a képződő hulladék veszélyességét csökkentő, illetve kezelhetőségét könnyítő intézkedésekre (minőségi megelőzés).

Mindkét csoportban megkülönböztethetők a gazdasági, termelő szférára vonatkozó, illetve a fogyasztásra, a lakosságra vonatkozó intézkedések.

A gazdasági szférán belül elkülöníthetők az egyes termékekre, illetve a gyártási, előállítási technológiákra vonatkozó intézkedések és eszközök. Természetesen a termékek vonatkozásában a fogyasztói magatartásnak is jelentős hatása van a megelőzés hatékonyságára, és a lakossági megelőzési tevékenység módja akár technológiaként is értelmezhető.

Az intézkedések és eszközök formája lehet jogi szabályozás (kötelezettségek és tilalmak), gazdasági szabályozás (támogatások és szankciók), önkéntes vállalások (szabályozott vagy spontán, megállapodások, amelyeknek nincsen jogi kötőereje).

Mind a gazdasági szereplők, mind a lakosság megelőzési tevékenységére jelentős hatással bír az oktatás, képzés és szemléletformálás. A HKI – és ennek megfelelően a Ht. – mellékletében 16 megelőzést szolgáló intézkedési lehetőséget sorol fel, amelyek három kategóriába sorolhatók:

- a hulladékképződéssel kapcsolatos keretfeltételeket érintő intézkedések,
- a tervezési, gyártási és forgalmazási szakaszt befolyásoló intézkedések,
- a fogyasztási és használati szakaszt befolyásoló intézkedések.

### **I.3.9. Megelőzés a gazdaságban – a termelés tervezése**

A gyártói felelősség elvének megfelelően a termékek előállítói felelősek azért, hogy a gyártásból származó hulladék mennyisége és veszélyessége minél kisebb legyen. Ezeket a jellemzőket két alapvető tényező határozza meg; a termelési technológia és a felhasznált alapanyagok minősége.

1. Az alapanyagok megválasztása:

- veszélyes anyagok elkerülése, minimalizálása;
- veszélyes anyagok kiváltása, helyettesítése;
- az alapanyag előkészítés, feldolgozás minél kevesebb hulladékot eredményezzen („tiszta”, nem szennyezett alapanyagok, a termékhez minimálisan szükséges anyagmennyiség bevitel).

## 2. Technológia (hulladékszegény technológia):

- anyaghatékonyság (anyagmérleg, minél kevesebb „eselé”, reakció-maradék, zárt rendszerű felületkezelés);
- veszélyes anyagmaradékok elkerülése, minimalizálása (maradék tisztítása, visszaforgatása)
- maradék anyagok visszaforgatása a technológiába (szükség szerinti tisztítással);
- maradék anyagok tovább-feldolgozása (melléktermék);
- zárt láncú technológiák alkalmazása (maradék másik technológia alapanyagaként);
- összességében a legjobb elérhető technika alkalmazása (BAT);
- környezetvédelmi irányítási rendszer alkalmazása (EMAS, ISO 14001);
- minőségtanúsítás, környezeti fenntarthatósági jelentés.

### I.3.10. Megelőzés a gazdaságban – a termékek tervezése

A termékek megtervezésekor, kialakításakor szintén érvényesíthetők a mennyiségi és a minőségi megelőzés szempontjai is. Tekintettel kell lenni egyrészt a termék felhasználása, illetve használata során felmerülő hulladékképződésre, másrészt magának a terméknek a hulladékká válására.

A termékekkel kapcsolatos megelőzési intézkedések, szintén a kiterjesztett gyártói felelősség elvére alapozva:

- veszélyesanyag-mentes termékek, illetve veszélyes összetevők minimalizálása, kiváltása;
- a használat során kisebb környezet igénybevételt, terhelést okozó termékek;
- hosszú élettartamú, tartós termékek;
- újrahasználatos termékek (pl. újratölthető csomagolás, elem, egyszer használható termékek kerülése, kiváltása);
- javítható termékek (javító-hálózat, alkatrészek biztosítása);
- használt termékek visszavétele (javítás, tisztítás, minősítés, újrahasználatra értékesítés);
- könnyen bontható termékek (veszélyes összetevők elkülöníthetősége, újrahasználatra előkészíthetőség, újrahasználatos összetevők minősítése, értékesítése vagy a gyártásnál ismételt felhasználása);
- öko-címke, minőségtanúsítás;
- fogyasztók tájékoztatása (használati útmutató).

### I.3.11. Megelőzés a fogyasztásban

A termékeket megvásárló fogyasztók választása, a feleslegessé vált termékekkel kapcsolatos viselkedésük szintén jelentősen hozzájárul a hulladékképződés megelőzéséhez. A fogyasztók megelőzést is magában foglaló, környezeti értékeket szem előtt tartó vásárlásait „zöld beszerzésnek” nevezzük (bár inkább csak gazdálkodó szervezetek vásárlásait).

A termékek (szolgáltatások) megvásárlásakor a megelőzést figyelembe véve a következő szempontok merülnek fel (jórészt azonosak a gyártói felelősség körében a termék előállítójától elvárt szempontokkal):

- tartósság,
- javíthatóság,
- újrahasználatosság,
- visszaadhatóság (csere lehetősége),
- alkatrész, illetve szerviz elérhetősége,
- veszélyes anyag mentesség (vagy kis veszélyes anyag tartalom, a veszélyes összetevők azonosíthatósága),
- öko-címke, minőségtanúsítás.

A fogyasztótól a megelőzés érdekében elvárt viselkedés (a termékválasztás szempontjain túl):

- hulladékszegény termékek vásárlása (különösen a csomagolás és a veszélyesség szempontjából);
- használt, elavult, feleslegessé vált termékek újrahasználatra felajánlása;

- az igényeit éppen kielégítő termékek vásárlása (akár mennyiségi, akár minőségi szempontból – pl. gyógyszer, élelmiszer, tisztítószer, de műszaki termékek is), adott esetben használt termékek vásárlása;
- a kerti hulladékok házi komposztálása.

### **I.3.12. Eszközök a gazdasági szereplők ösztönzésére – gazdasági szabályozók**

A hulladékszegény technológiák alkalmazásának, hulladékszegény termékek kialakításának ösztönzésére elsősorban a gazdasági szabályozó eszközök, illetve az ilyen fejlesztések gazdasági támogatása alkalmas.

A Ht. is megfogalmazza, hogy a megelőzést célzó termék-, illetve technológiatervezést alkalmazó gyártó – törvényben vagy kormányrendeletben meghatározott feltételek teljesítése esetén, az ott meghatározott módon és mértékig – kedvezmény igénybevételére jogosult.

Mindenesetre a támogatási lehetőségek adottak, a hazai és a nemzetközi (EU, Svájc, Norvégia) beruházás- és fejlesztéstámogatási rendszerek pályázati úton biztosítanak technológia- és termékfejlesztési, illetve K+F+I (kutatás – fejlesztés – innováció) támogatásokat. Lehetőség van – és egyes országokban alkalmazzák is – a különféle adókedvezmények biztosítását az ilyen termékekre, vagy a környezetkímélő technológiák alkalmazására.

Negatív gazdasági ösztönzőként alkalmazzák a különböző szankcionáló díjakat; ilyenek lehetnek a büntető adók, termékdíjak, lerakási járulékok. Ezekkel mind a fogyasztókat, mind a gyártókat orientálják a kevesebb hulladékkal járó termék iránt.

### **I.3.13. A veszélyes anyag tartalom csökkentése**

A jogi szabályozási eszközök inkább a kívánatos cselekvési irányokat, az egyes tevékenységek feltételeit és korlátait, adott esetben tilalmakat fogalmaznak meg. A megelőzés terén az egyes veszélyes anyagok felhasználásának korlátozása vagy megtiltása hozott az elmúlt években a legtöbb eredményt.

A gyártói felelősség érvényesítésével az EU-ban a csomagolás, a gépjárművek, az elektromos és elektronikai berendezések, valamint az elemek és akkumulátorok terén megtiltották a higany, a kadmium, az ólom és a hat-vegyértékű króm alkalmazását (az indokolt kivételeket külön bizottsági határozatok állapítják meg.) Szintén a hulladékos szabályozás keretében írták elő az 5 dm<sup>3</sup>-nél több PCB/PCT-tartalmú folyadékot tartalmazó berendezések lecserélését vagy megtisztítását, és az így képződő hulladékok ártalmatlanítását (2010 végéig).

A levegőtisztaság-védelmi, illetve a vegyi anyag szabályozás keretein belül korlátozták, illetve tiltották be 16 POP anyag (nem lebomló szerves szennyezők, pl. többgyűrűs aromás szénhidrogének (PAH), klórtartalmú bifenilek (PCB), dioxinok és furánok, brómtartalmú égéskésleltető anyagok, rövid láncú klórozott szénhidrogének, egyes oldó- és növényvédő szerek stb.) gyártását és felhasználását (Aarhusi Jegyzőkönyv, 1998.). 2001-ben a Stockholmi Egyezmény további, minden POP anyagra kiterjedő szabályozást vezetett be, végső célja az összes POP felhasználás megszüntetése.

Hasonló korlátozások és tilalmak kerültek bevezetésre az illékony szerves vegyületekre (VOC, Genfi Jegyzőkönyv, 1991.), az üvegházhatású anyagokra (Kiotói Jegyzőkönyv, 1997.), az ózonréteget károsító anyagokra (Montreali Jegyzőkönyv, 1987.), a higanyra (Minamata Egyezmény, 2013.), az azbeszt-tartalmú termékekre.

Ezen nemzetközi megállapodások közös jellemzője, hogy a szabályozott anyagok gyártását, forgalmazását, illetve felhasználását határidőkhöz és – adott esetben – felhasználási területekhez kötve korlátozzák vagy megtiltják, előírják a meglévő készletek fokozatos felszámolását, veszélyes hulladékként történő ártalmatlanítását. Kétségtelen, hogy ezen intézkedések átmenetileg – jogi kötelezettség alapján – sokszor növelik a kezelendő veszélyes hulladék mennyiségét (hiszen újrahasználatuk kimondottan tilos), azonban a végrehajtási programok megvalósítását követően ilyen hulladékok képződésével már többet nem kell számolni.

### I.3.14. Eszközök a fogyasztók ösztönzésére

A fogyasztók, a termékek felhasználói megelőzési tevékenységének elősegítését szolgálják a következő eszközök:

- termékdíj bevezetése a termékválasztás befolyásolása érdekében (hasonló céllal lehetséges lenne ÁFA-kedvezmények bevezetése is);
- a használt termékek leadási, gyűjtési lehetőségeinek biztosítása (átvétel/csera a termék forgalmazási helyén, újrahasználati központok kialakítása);
- javító, karbantartó hálózatok kialakítása és bővítése;
- a minősített termékeket forgalmazó használtcikk kereskedelem támogatása;
- a zöld beszerzés ösztönzése, a zöld közbeszerzés elveinek alkalmazása, illetve támogatása;
- a házi komposztálás elősegítése, támogatása;
- az oktatás, képzés, szemléletformálás eszközeivel a megelőzési lehetőségek megismertetése, környezeti és gazdasági előnyeinek, hasznának bemutatása, az öko-címke jelentésének tudatosítása.

A fenti eszközök hatásossága természetesen függ az adott társadalom jellemzőitől, hagyományaitól, az emberek anyagi helyzetétől és kulturális viszonyaitól.

Kétségtelen, hogy a leghatékonyabb ösztönzés a magyar társadalomban az árkedvezményeken keresztül történhet, mivel a hazai fogyasztók közül csak kevesen vannak abban a helyzetben, hogy bevételeik egy részét a környezetvédelmi szempontokra tekintettel drágább termékekre költsek el. A minőségi, ellenőrzött használt termékek kereskedelmének fejlesztésére azonban feltehetően jelentős igény volna, ezért érdemes erre nagyobb figyelmet fordítani.

### I.3.15. Az önkéntes vállalások

Az önkéntes vállalások lényege, hogy a vállalkozás a környezetvédelem céljait nem a jogi kényszerítő eszközök hatására, hanem önként vállalja. Ennek egyik formája, amikor a vállalkozás olyan működési rendszert alakít ki, amely maximálisan figyelembe veszi a környezetvédelem szempontjait (környezetközpontú irányítási rendszerek), és ennek megtörténtét külső tanúsító szervezettel rendszeresen igazoltatja. A másik forma az önkéntes megállapodás, amely során a vállalkozás az államigazgatás valamely szereplőjével köt egyezséget valamely megelőzési cél érvényesülése érdekében.

#### I.3.15.1. Környezetvédelmi irányítási rendszerek

A gazdálkodó szervezetek környezeti teljesítményének összehasonlíthatósága, a fenntartható fejlődés elveinek való megfelelésük tanúsítására hozták létre a környezetvédelmi irányítási rendszereket.

A környezetvédelmi előírásoknak való megfelelést igazoló tanúsítványokat független akkreditált tanúsító szervezetek adják ki.

Két általánosan elterjedt környezetvédelmi irányítási rendszer létezik; a Nemzetközi Szabványügyi Testület által kiadott MSZ-EN ISO 14001:2004 Környezetvédelmi irányítási rendszerek c. szabványa, valamint az EU ebből továbbfejlesztett Környezetvédelmi Vezetési és Hitelesítési Rendszere (EMAS, I.3.1. ábra), amelynek szabályait a 1221/2009/EK rendelet állapítja meg.



I.3.1. ábra: Az EMAS okirat és logó

A két rendszer alkalmazása a szervezetek számára nem jelent lényegi különbséget, azonban az EMAS néhány területen szigorúbb elvárásokat fogalmaz meg, pl. Az EMAS megköveteli a szervezet előzetes környezeti átvilágítását, a beszállítók tevékenységének, illetve partnerei megfelelőségének figyelembevételét, az alkalmazottak aktív részvételét a környezeti program megvalósításában, a megújítás kötelező időintervallumait. A megelőzés szempontjából a technológiák és a termékek erre irányuló tervezésének, alakításának bemutatása is az irányítási rendszerek tanúsításának része.

### **1.3.15.2. Önkéntes megállapodások**

A HKI illetve a Ht. mellékletében meghatározott megelőzési intézkedési lehetőségek között szerepel az önkéntes megállapodások létrehozásának lehetősége. Ez lényegében a kormányzati szervek és a fogyasztói vagy termelői bizottságokkal vagy ágazati tárgyalásokon kialakított megegyezéseket jelenti, amelyekben az érintettek vállalják az általuk (illetve közösen) meghatározott, megelőzéssel kapcsolatos terveiket, célkitűzéseiket, a túlzott mértékű hulladékképződést eredményező termékek vagy csomagolások javítási lehetőségeit.

### **1.3.16. Öko-tervezés, öko-címke**

A gyártói felelősség elvének megfelelően a terméket előállító gazdálkodó szervezetek alapvető felelőssége a fenntartható fejlődés elveinek megfelelő, a környezetvédelmi szempontokat érvényesítő technológia- és terméktervezés (öko-tervezés). Gyakori, hogy az öko-tervezés kifejezést csak a termékek környezeti hatásainak mérséklése szempontjából értelmezik. A megelőzés szempontjából az öko-tervezés lényegében a gazdaságban megvalósítható megelőzési intézkedések megtervezését és megvalósítását jelenti.

Az öko-címke tulajdonképpen nem más, mint a termékek, adott esetben technológiák, szolgáltatások környezeti teljesítményét, mutatóit bemutató, az öko-tervezés eredményét jellemző tanúsítás terméken megjeleníthető formája. Tulajdonképpen az öko-tervezés és az öko-címke megszerzése is önkéntes vállalás, azonban az öko-tervezés általános kötelezettségként – külön technikai feltételrendszer nélkül – jelen van a környezetvédelmi szabályozókban. Egyre több termékfajtára és környezeti teljesítménymutatóra vonatkozóan alakítanak ki kötelezően alkalmazandó, a termék környezetvédelmi tulajdonságait tanúsító öko-címke rendszert (pl. elektromos berendezések fogyasztási mutatói, gumiabroncsok zajkeltésének minőségstanúsítása, stb.).

A klasszikus öko-címke rendszerek egyes termékekre és/vagy tevékenységekre meghatározott környezetvédelmi mutatóknak, jellemzőknek való megfelelést tanúsítják. Számos ilyen nemzetközi és nemzeti öko-címke létezik, Magyarországon hivatalosan az EU öko-címke (ECOLABEL, 1.3.2. ábra) és a hazai „Környezetbarát termék” címke szerezhető meg.

Az EU öko-címke rendszerének működését a 1980/2000/EK rendelet alapozza meg. E szerint a közösségi öko-címke olyan termékek részére ítéldhető oda, amelyek jellemzői a főbb környezetvédelmi szempontok tekintetében jelentős előrelépést tesznek lehetővé. A rendelet felhatalmazása alapján – az EU öko-címke bizottsága által megfogalmazott kritériumokból kiindulva – termékcsoportonként egyedi öko-címke-odaítélési kritériumokat állapítanak meg. Az ökológiai kritériumok, valamint a kapcsolódó értékelési és ellenőrzési követelmények a Bizottság határozataiban jelennek meg.

A közösségi öko-címke mellett magyar öko-címke (környezetbarát termék címke) is elnyerhető. A feltételrendszert a Környezetbarát Termék Nonprofit Kft. szakértők bevonásával dolgozza ki, akár a termék gyártójának, akár magánszemélynek, akár szakmai szervezetnek, akár állami szervnek a kezdeményezésére. A hazai környezetbarát termék címkét a 1.3.3. ábra mutatja be.



**I.3.2. ábra: A közösségi öko-címke logója**



**I.3.3. ábra: A Környezetbarát Termék logója**

A kritériumoknak való megfelelést – mind a hazai, mind az EU védjegy esetében – a Környezetbarát Termék Nonprofit Kft. értékeli és tanúsítja.

Mind a hazai, mind a nemzetközi öko-címke feltételek egyre több esetben tartalmaznak a hulladék-képződés megelőzését szolgáló kritériumokat (pl. veszélyes anyag tartalom, javíthatóság, újrahasználati/visszavételi lehetőségek, stb.).

### **I.3.17. Zöld közbeszerzés**

A zöld közbeszerzés a Bizottság COM(2008)400 közleménye szerint az a közbeszerzési eljárás, amikor a közzféra intézményei beszerzéseik során azokat az árukat, szolgáltatásokat és munkálatokat részesítik előnyben, amelyek más, azonos rendeltetésű árukhoz, szolgáltatásokhoz és munkálatokhoz képest – azok teljes életciklusát figyelembe véve – kevésbé terhelik a környezetet. Ez a hulladék-képződés megelőzése szempontjából azt is jelenti, hogy beszerzési felhívásban a kiíró olyan feltételeket is meghatározhat, amelyek akár a termék, akár a beszerzendő áru előállítási körülményei, vagy szolgáltatás esetén maga a szolgáltatás hulladékszegény voltát követelik meg.

Feltételként fogalmazható meg, hogy a beszállító alkalmazzon környezetvédelmi irányítási rendszert, vagy a termék megfelelő öko-címkével rendelkezzen, vagy akár használt termék legyen.

A bizottság ajánlásaként 2005-ben megjelentetett, majd 2011-ben megújított, kibővített kézikönyve a zöld közbeszerzésről bemutatja a környezetvédelmi szempontok érvényesítésének lehetőségeit a közbeszerzési eljárás egyes szakaszaiban, és 21 termék-, illetve szolgáltatáscsoportra konkrét kritériumrendszert fogalmaz meg. Az ajánlás javasolja a tagállamoknak, hogy alakítsanak ki saját nemzeti zöld közbeszerzési politikát, és alkalmazzák a már kidolgozott kritériumrendszereket.

Magyarországon mindeddig sem ilyen stratégiai dokumentum, sem a kritériumrendszerek alkalmazására vonatkozó ajánlás nem került elfogadásra. Azonban a Közbeszerzési törvény lehetőséget ad a beszerzési eljárásban ilyen feltételek meghatározására. A törvény emellett felhatalmazást ad a Kormánynak, hogy rendeletben határozza meg „a közbeszerzési eljárás valamennyi szakaszára kiterjedő környezetvédelmi, fenntarthatósági és energiahatékonysági követelmények tekintetében előírható részletes szabályokat, valamint az általa irányított vagy felügyelt költségvetési szervek, alapított közalapítványok, valamint az állami tulajdonú gazdálkodó szervezetek vonatkozásában a környezetvédelmi, fenntarthatósági és energiahatékonysági szempontoknak a közbeszerzésben történő érvényesítése kötelező eseteit és módját.”

### **I.3.18. Az Országos Megelőzési Program – a jövőkép**

Az Országos Megelőzési Programot (OMP) a Kormány a 2014-2020 közötti időszakra szóló Országos Hulladékgazdálkodási Terv részeként a 2055/2013. (XII. 31.) Korm. határozattal fogadta el.

A Program a megelőzés elméleti és jogszabályi hátterének, a megelőzéssel kapcsolatos nemzetközi dokumentumok rövid bemutatását követően részletesen ismerteti a megelőzés hazai helyeze-

tét, ismertette az egyes hulladékáramok képződési adatait és trendjeit (települési, csomagolási, elem/akkumulátor, gumibroncs, elektromos és elektronikai berendezés, biohulladék).

Összefoglalja az érvényes veszélyes-anyag korlátozásra vonatkozó szabályozásokat, a kiterjesztett gyártói felelősség, az integrált szennyezés-megelőzés és a zöld közbeszerzés hazai jogi kerekeit. Egy EU Bizottsági felmérés alapján bemutatja a hazai lakosság újrahasználati szokásait (használt termékek vásárlása), és néhány – többnyire civil szervezetek által kezdeményezett és szervezett – megelőzési kezdeményezést.

Az OMP – saját definíciója alapján – olyan jövőképet kíván meghatározni, amelynek elérése előrelépést jelent az ipari ökológia és a „Nulla Hulladék” elveinek minél szélesebb körű gyakorlati megvalósítása felé. Eszerint 2020-ra a termékek gyártása, felhasználása, és a szolgáltatások nyújtása várhatóan kevesebb anyag- és energia-felhasználással történik majd, valamint kevesebb és az emberi egészségre illetve a környezetre kevésbé káros hulladék képződik. Az emberek tájékozottabbak és elkötelezettebbek lesznek a megelőzés fontosságát illetően, amely környezeti szempontból pozitívan befolyásolja viselkedésüket.

### **I.3.19. Az Országos Megelőzési Program – átfogó célkitűzések**

Az OMP átfogó célja olyan intézkedések bevezetése, amelyek:

- elősegítik az erőforrás-használat és a szükségleteken alapuló, ésszerű gazdasági növekedés szétválasztását;
- csökkentik az anyagfelhasználást és a hulladék képződését;
- hozzájárulnak egy hatékonyabb erőforrás-gazdálkodás megvalósításához;
- hozzájárulnak a termékek életciklusának növeléséhez;
- elősegítik az életciklusuk során a környezetre a lehető legkisebb hatást gyakorló megoldások alkalmazását,
- elősegítik a munkahelyteremtést.

### **I.3.20. Az Országos Megelőzési Program – cselekvési program**

Az OMP öt kiemelt beavatkozási területen jelöli ki az intézkedési irányokat a 2014-2020. közötti időszakra. Ezek – a főbb tervezett intézkedésekkel – a következők.

#### **1. Építési-bontási hulladék képződésének megelőzése:**

- épületek bontásának elkerülése, új funkcióval való ellátásuk;
- primer nyersanyaghasználat csökkentése;
- építőipari termékek életciklusának növelése;
- szelektív bontás elterjesztése, a bontott, feldolgozott anyagok és újrahasználatos elemek piacának megszervezése, az építőanyag minősítési rendszer átalakítása az újrahasználatosság szempontjából.

#### **2. Újrahasználat:**

- az újrahasználat széleskörű elterjesztése a lakosság körében;
- hitelesített újrahasználati és felújító központokon és hálózaton alapuló újrahasználati rendszer kialakítása;
- újrahasználatra alkalmas termékek szociális alapú elosztási feltételeinek kidolgozása.

#### **3. Zöld közbeszerzés:**

- a zöld közbeszerzés környezetvédelmi, fenntarthatósági és energiahatékonysági követelményeinek megállapítása;
- a zöld közbeszerzés hatályának kiterjesztése az önkormányzatokra;
- az EU Bizottság zöld közbeszerzési kézikönyve szerinti kritériumrendszer teljesítése (bútorok, építőipari szolgáltatások, étkeztetési és vendéglátó-ipari szolgáltatások, irodai számítástechnikai berendezések, kertészeti termékek és szolgáltatások, közlekedés, másoló- és grafikai papírok,

textíliák, tisztítószerek és takarítási szolgáltatások, villamos energia).

#### 4. Környezettudatos termelés és vállalati működés:

- környezetközpontú irányítási rendszert bevezető és alkalmazó vállalkozások számának növelése, ösztönzése;
- megelőzés K+F+I hangsúlyos szerepe, támogatása;
- élelmiszerbiztonsági szempontból megfelelő, lejárt szavatosságú, csökkent minőségű élelmiszerek megsemmisítésének megszüntetése és karitatív célú felhasználása, a felhasználás szabályainak kialakítása.

#### 5. Szemléletformálás:

- a kisebb környezeti terhelést jelentő alternatívák megismertetése;
- a megelőzést támogató viselkedésminták átvételi hajlandóságának növelése;
- a megelőzés hangsúlyosabb beépítése a környezeti nevelésbe, a szakirányú továbbképzésbe, a vállalati politikákba, a közoktatásba és a lakosság mindennapjaiba;
- közérthető és könnyen elérhető tájékoztatás a megelőzés aktuális helyzetéről, lehetőségeiről.



## I.4. Hulladékgazdálkodási tevékenységek; hulladékok gyűjtése, szállítása (Antal Tamás)

### I.4.1. A hulladékok gyűjtésének, begyűjtésének általános szabályai

A hulladékgazdálkodás magában foglalja a hulladékok gyűjtését, szállítását. A hulladék gyűjtés célja a hulladékok megfelelő kezelő létesítménybe szállítása. A gyűjtéshez tartozik a hulladék előzetes válogatása, tárolása is.

A gyűjtő olyan gazdálkodó szervezet (a hulladéktermelőt ide nem értve), amely a hulladékot a hulladékbirtokostól, illetve a hulladékgazdálkodási létesítményekből összegyűjti, átveszi, és azt az elszállítást megelőzően szükség szerint előzetesen válogatja, előzetesen tárolja.

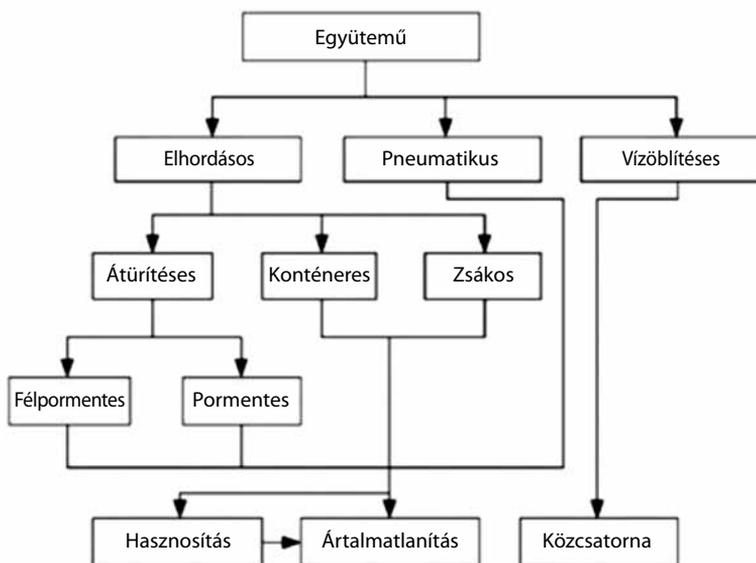
A gyűjtőedény szabványos mérettel rendelkező hulladékgyűjtő edényzet, hulladékgyűjtő zsák, valamint az elkülönített hulladékgyűjtés céljából üzemeltetett eszköz, berendezés (2012. évi CLXXXV. törvény a hulladékról).

A különböző hulladékok gyűjtése és szállítása szoros összefüggésben van egymással. Azt, hogy milyen metódus szerint hajtják végre a gyűjtést, majd a szállítást több tényező is meghatározza:

- a képződött hulladék tulajdonságai;
- a keletkezés üteme (milyen mennyiség, milyen gyakran termelődik);
- a keletkezési hely jellemzői, kapacitása;
- a gyűjtés módja;
- a gyűjtésre, szállításra vonatkozó közegészségügyi, környezetvédelmi és gazdaságossági szempontok.

A hulladék gyűjtésének és szállításának összehangolt tárolási és anyagmozgatási folyamata a hulladékgyűjtési rendszer, amely lehet együtemű és kétütemű.

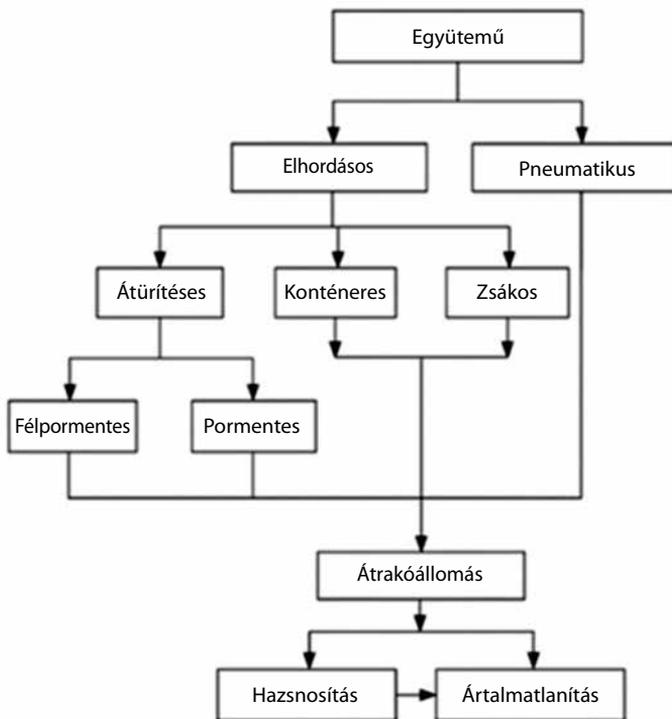
Az együtemű hulladékgyűjtés a hulladék átrakás nélküli mozgatása ugyanazzal a szállító célgéppel, a gyűjtésből a hasznosítást vagy ártalmatlanítást végző létesítményig (I.4.1. ábra).



I.4.1. ábra: Együtemű hulladékgyűjtés

([http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0021\\_Hulladeggazdalkodas/ch03.html](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0021_Hulladeggazdalkodas/ch03.html))

A kétütemű hulladékgyűjtés az előbbivel annyiban egészül ki, hogy a hulladékot ún. átrakóállomáson átrakják (esetleg előkezelik), majd elszállítják a hasznosítást vagy ártalmatlanítást végző létesítményig (I.4.2. ábra). Az átrakó-állomás alkalmas különféle gyűjtőjárművekkel összeszedett egyes hulladék átrakására zárt, görgős rendszerű tartályokba.



I.4.2. ábra: Kétütemű hulladékgyűjtés (www.tankonyvtar.hu)

Az átrakó-állomás lehetőséget nyújt arra, hogy a távolabbi területekről begyűjtött nagy mennyiségű hulladék tömörítést követően közvetlenül a hasznosítóba, illetve ártalmatlanítóba legyen elszállítva.

### I.4.2. Nem veszélyes hulladékok gyűjtése, begyűjtése

A hulladékgyűjtés magában foglalja a hulladék összeszedését, annak a keletkezés helyén átmeneti, rövid ideig tartó tárolása érdekében. Célja a további kezelési műveletekhez, a hulladék környezetet nem szennyező készletezése.

Amennyiben a képződött hulladék nem veszélyes, úgy a gyűjtés történhet keverten – a termelési hulladékot a törvény alapján kötelesek elkülönítetten gyűjteni (Ht 59 § (3)., vagy szelektíven. A könnyebb kezelhetőség, ártalmatlanítás vagy hasznosítás érdekében célszerű a hulladékok fajtánkénti, anyagféleségek szerinti elkülönített, szelektív gyűjtése.

Nem veszélyes hulladék származhat ipari termelésből, közintézményektől, valamint a lakosságtól. A különböző eredetű, de azonos fajtájú hulladékok hasonló tulajdonságaik miatt együtt kezelhetők (háztartási, kerti hulladékok).

#### **1.4.2.1. Házon belüli, közterületi kommunális és szelektív hulladékgyűjtés**

Települési (kommunális) hulladék a lakossági fogyasztási, intézményi, kiskereskedelmi és vendéglátó tevékenységből, valamint a közterületek tisztán tartásából származik. Összetétele és mennyisége erősen függ az életszínvontól és a fogyasztási szokásoktól. Megkülönböztetünk települési szilárd hulladékokat és települési folyékony hulladékokat.

A települési szilárd hulladékok eltávolításának leggyakrabban előforduló változata az elhordásos rendszer (1.4.2. ábra). A technológia függvényében három fajtáját különböztetjük meg:

- ürítéses rendszer (félpormentes és pormentes);
- cserekonténeres rendszer;
- zsákos rendszer.

Az ürítéses rendszer félpormentes változatánál nyitott vagy zárt felépítménnyel ellátott gyűjtőjárműbe, kézi úton ürítik a hulladékot. Előnye, hogy bármilyen gyűjtőedény üríthető ezzel a technológiával. Hátránya, hogy mivel többnyire nyitott a rendszer, ezért jelentős porképződéssel és bűzhatással kell számolni. Ennek a gyűjtési módszernek az alkalmazása ezért kerülendő. Kisebb településeken, illetve nagyobb városok külterületein leginkább a félpormentes gyűjtési-szállítási rendszer használata terjedt el.

Az ürítéses rendszer pormentes változatánál a gyűjtőjármű speciális felépítménnyel és szabványosított gépi beürítő szerkezettel rendelkezik. Hátránya, hogy működtetése csak a beürítő szerkezethez illeszkedő típusedénnyel lehetséges. A gyűjtés folyamán a zárt, fedéllel ellátott típusedényben tárolt hulladék gépi emeléssel és zárt térbeni fedélnyitással, munkahelyi porképződés nélkül üríthető a járműbe. Összességében higiénikus, gyors és korszerű megoldásnak tekinthető. Ez a rendszer világszerte és hazánkban is a legelterjedtebben alkalmazott gyűjtési megoldás (1.4.3. ábra).



**1.4.3. ábra: Települési hulladék begyűjtése pormentes ürítéses rendszerrel (www.fkf.hu)**

A cserekonténeres rendszernél az alkalmazott gyűjtőjármű speciális felépítménnyel van ellátva, melynek segítségével a munkagép a gyűjtés során megtelt és lezárt konténereket átürítés nélkül magára emeli és a feldolgozó létesítménybe szállítja. A hulladékkal telt konténereket a gyűjtőjármű az elszállításkor üresre cseréli. Minimális munkaerőt igénylő, higiénikus megoldás. Hátránya, hogy a konténerbe való gyűjtés külön szervezést igényel. Ott célszerű alkalmazni, ahol nagyobb tömegű hulladék keletkezik és megoldható az összehordás, kevés a munkaerő és a feldolgozó-ártalmatlanító létesítmény közel van. A hazai gyakorlatban általában a félpormentes és pormentes ürítéses, valamint a cserekonténeres rendszereket kombináltan alkalmazzák.

A zsákos gyűjtési rendszer esetében a hulladékkal telt, lezárt műanyag vagy papírzsákokat átürítés nélkül közönséges tehergépkocsikkal szállítják el. Higiénikus, por- és bűzmentes, hátránya, hogy csak bizonyos hulladékok gyűjtésére alkalmas, illetve a megtelt zsákokat rövid időn belül el kell szállítani. Ezt a gyűjtési rendszert általában az üdülőterületeken alkalmazzák nyáron a csúcsidezőszakban a megnövekedett hulladék-mennyiség elszállítására.

A települési szilárd hulladékok szelektív gyűjtése a fejlett ipari országokban az elmúlt 10-15 év során került előtérbe, miután a hagyományos gyűjtési rendszerhez kapcsolódó, számos fizikai és mechanikai osztályozási műveletet alkalmazó, bonyolult gépesített válogató-hasznosító üzemek gazdaságossága egyértelműen megkérdőjeleződött. A keletkezés helyén történő, meghatározott anyagcsoportok elkülönített gyűjtésével és az azt kiegészítő, műszakilag lényegesen egyszerűbb utóválogatási módszerekkel olcsóbban, tisztábban, illetve jobb minőségben lehetett másodnyers-

anyagokat kinyerni a hulladékból, mint a központi hasznosító üzemekben (www.kvvm.hu).

Magyarországon a keletkező hulladékok összes mennyisége évről-évre csökken, leginkább a termelési hulladék képződésének visszaesése miatt. A KSH adatai szerint 2000-ben 40 millió tonna hulladék keletkezett hazánkban, 2008-ban ez az érték már csak 22 millió tonna volt, ami 55 %-os csökkenést jelent. A becslések szerint ez a tendencia az elkövetkező években tovább folytatódik, kisebb mértékben, de tovább csökken a keletkező hulladék mennyisége.

Jelentős változást hoz az új hulladéktörvény, mely részletesen rendelkezik a hulladékok elkülönített gyűjtéséről. Legfőbb célja, hogy minél kevesebb hulladék képződjön és az a lehető legnagyobb arányban hasznosuljon. A lakosságot szemléletváltásra ösztönzi, arra hogy a képződő hulladékot az emberek az otthonaikban fajtánként elkülönítve gyűjtsék. Ezáltal a papír, a műanyag a fém, az üveg és a biológiailag lebomló hulladék hasznosíthatóvá válik. A cél, hogy a lehető legkevesebb hulladék kerüljön a lerakókba.

A szelektív hulladékgyűjtés előnyei:

- a hasznosítható alkotók feldolgozóiparba történő visszaforgatása;
- a veszélyes alkotók elkülönített kezelésével a települési szilárd hulladék által okozott környezetterhelés csökkentése;
- az ártalmatlanítási (lerakóhelyi) kapacitások megtakarítása.

A szelektív gyűjtés kialakításánál alapelv, hogy csak ott célszerű bevezetni, ahol már van hagyományos szervezett hulladékgyűjtés és rendelkezésre állnak a gyűjtés és a szállítás eszközei. A szelektív gyűjtés megszervezése során figyelembe veendő fontosabb szempontok:

- az érintett lakosok számára a lehető legrövidebb úton megközelíthető, igényekhez alkalmazkodó kialakítású legyen;
- a települési környezetbe harmonikus illeszkedő, esztétikus kivitelű hulladékgyűjtők legyenek kihelyezve.

A házon (telken) belüli gyűjtőhelyek lehetnek lépcsőházban, közös helyiségekben, szeméttárolókban, kapu alatt, illetve a családi házaknál az udvaron. Fontos a praktikus helykihasználás, az olcsó és egyszerű műszaki megoldások alkalmazása, a jó hozzáférhetőség és a könnyű ürítés, valamint a könnyű tisztíthatóság. Lényeges, hogy ne zavarja a lakóház funkcionális működését.

A szelektív hulladékgyűjtés fő vonalát a közterületeken telepített gyűjtőszigetek hálózata biztosítja. A lakóházak közelében, illetve közterületeken kialakított gyűjtőszigetek esetében létfontosságú az edényzet zárhatóságának biztosítása, a könnyen hozzáférhető beürítő lehetőségekkel való ellátása, a közterületi funkciók zavartalanságának biztosítása, az esztétikus és környezetbe illeszkedő, de figyelemfelkeltő (színes, felirat, stb.) kivitel, valamint a gyűjtőjárművek számára a jó megközelíthetőség. A minél egyszerűbb, gazdaságosabb műszaki megoldásokra kell törekedni (I.4.4. ábra).

A gyűjtőszigetekre kizárólag a másodnyersanyagként hasznosítható összetevők gyűjthetők:

- papír,
- a műanyagpalack és -fólia,
- a színes és fehér üveg,
- a fém italos dobozok (I.4.5. ábra).

Gyűjtőszigetekre veszélyes hulladékok (szárazelemek, festékes dobozok stb.), bomló szerves hulladékok és más az egészségre, illetve a környezetre káros hulladékok nem gyűjthetők.



**I.4.4. ábra: A szelektív hulladékgyűjtési rendszerek típusai**



**I.4.5. ábra: Közterületi szelektív hulladékgyűjtő sziget (www.obuda.hu)**

#### **I.4.2.2. Hulladékgyűjtő edények, eszközök**

A korszerű hulladék-eltávolítási rendszereknél technológiai, környezetvédelmi, egészségügyi és munkavédelmi szempontból egyaránt csak a megfelelő típusedények használhatók.

A modern gyűjtési rendszerrel alkalmazott típusedények (I.4.6. ábra) a következő befogadóképességgel készülnek:

- kistartályok (50, 60 dm<sup>3</sup>);
- középtartályok (90, 110, 120, 240, 360 dm<sup>3</sup>);
- kiskonténerek (660, 1100 dm<sup>3</sup>);
- konténerek (1,1 m<sup>3</sup> felett).

Hazánkban a kisebb településeken, külterületeken, ahol még a felpormentes gyűjtési-szállítási rendszert használják, az emberi erővel történő beürítés és a későbbi gépesítés figyelembevételével az 50, 90, 110 és 120 literes típusedények használata általános.

Lakótelepeken, intézményeknél, nagyobb kereskedelmi és vendéglátó egységeknél, esetleg kisebb ipari üzemeknél pormentes gyűjtési rendszerben az 1100 dm<sup>3</sup>-es tárolótartályok alkalmazása jellemző. A szűk utcákban, a szűk kapualjakban legtöbbször nem helyezhetők el az 1,1 m<sup>3</sup>-es tartályok. Ilyenkor különösen előnyösek a 240 literes műanyagtartályok. A 240 literes tartály helyigénye alig nagyobb, mint a 110 literesé. Alkalmazásával a tiszta gyűjtési idő a felére csökken. A 110 literes tartályok kertés, családiházias lakókörzetekben előnyösen használhatók.



**I.4.6. ábra: Kommunális hulladékgyűjtő edényzetek (www.nidimpex.hu)**

A települési szilárd hulladéknak az előzőekben már említett térfogat-növekedési üteme miatt, a munkafolyamatok egyszerűsítése és fokozott gépesítése érdekében fejlesztették ki a különböző méretű konténereket. A konténerek változatos befogadó-képességgel, horganyzott acéllemezről, alumíniumlemezről és üvegszál-erősítéssel készülhetnek. Hazai viszonyok között jelenleg megfelelő megoldást biztosítanak az acéllemezről, illetve alumíniumlemezről készített, megfelelően merevített, zárható kivitelű 1,5 m<sup>3</sup>, 2,5 m<sup>3</sup>, 5 m<sup>3</sup>, illetve 8 m<sup>3</sup>-es konténerek, olyan intézményeknél (pl. kórházak, áruházak stb.) és termelő, forgalmazó vállalatoknál javasolható, ahol nagyobb mennyiségű hulladékot kell szabályozott időközönként eltávolítani. A konténerek mozgatására, szállítására és gépi ürítésére speciális konténerszállító-járművek szolgálnak.

Különleges, egyszeri felhasználásra szolgáló gyűjtőeszközök a műanyagból készült hulladékgyűjtő zsákok. A zsákok tárolására egyszerű kivitelű, rögzített vagy gördíthető állványok szolgálnak. Ezekre a zsákok nyitott szájrésszel vannak felfüggesztve és zárható fedéllel rendelkeznek. Az állványról a zsák könnyen levehető és cserélhető. Hazai viszonyok között az 50 és 100 literes, színezett, legalább 0,08 mm falvastagságú műanyagzsák használatos. Az egyszeri felhasználást követően a zsákok maguk is hulladékká válnak. A műanyagzsák, mint idegen, nem bomló anyag egyes hulladékfeldolgozási eljárásoknál (komposztálás) zavarólag hat. Üdülőterületeken csúcsidőszakban, illetve ott, ahol csak időszakosan keletkezik hulladék (nemzetközi vásárok, rendezvények), egyszerű és higiénikus megoldás.

### **I.4.3. Veszélyes hulladékok gyűjtése, begyűjtése**

A veszélyes hulladékot eredményező vagy veszélyes hulladékkal kapcsolatos tevékenységeknél minden esetben törekedni kell a hulladék képződésének és veszélyességének megelőzésére és csökkentésére, illetve minél nagyobb arányú hasznosítására. A hulladékról szóló 2012. évi CLXXXV. törvény szigorúbb adatszolgáltatásra kötelez. A hulladéktermelőnek, a begyűjtőnek és ártalmatlanítóknak pontos nyilvántartást kell vezetnie. Biztosítani kell a hulladék sorsának nyomon követhetőségét, ellenőrizhetőségét, és meg kell akadályozni a környezet szennyezését, illetve az egészség károsítását.

A veszélyes hulladékot minden esetben, függetlenül a keletkezés helyétől (lakossági, intézményi, közterületi, üzemi) elkülönítetten kell gyűjteni. A hulladék szállítását, ártalmatlanítását kizárólag az erre vonatkozó engedéllyel rendelkező begyűjtő, ártalmatlanító végezheti. A hulladéktól csak a törvényben meghatározott módon válhat meg a tulajdonosa, annak jogellenes elhelyezése, elhagyása esetén a felelősség a hulladék tulajdonosát, illetve az ingatlan használatát terheli.

#### **I.4.3.1. Lakosságtól származó veszélyes hulladékok begyűjtése**

A települési hulladék kb. 1 %-a olyan feleslegessé vált anyag, amely összetétele miatt káros az emberi, állati szervezetek egészségére, valamint ellenőrzés nélkül a környezetbe kerülve annak pusztulását okozza. Ilyen különleges kezelést igénylő, veszélyes hulladékok lehetnek a szárazelemek, akkumulátorok, festékek, tinták, ragasztók, kiselejtezett háztartási berendezések, fénycsövek, valamint a használt étolaj és zsír.

A háztartásban keletkező veszélyes hulladékokat nem szabad a kommunális hulladékkal együtt gyűjteni. Ezeket rövid ideig biztonságosan gyermekektől és háziállatoktól elzárt helyen lehet tárolni, amíg nem kerülnek a begyűjtő-, kezelőhelyre. Állandó lehetőség a hulladékgyűjtő udvaron történő átadás. Itt a lakosoknak egész évben lehetősége van – a környezet szempontjából biztonságos módon – a hulladékok díjmentes leadására.

Időszakos jellegű megoldás a gyűjtőnapok szervezése, évente egyszer-kétszer, előre meghirdetett időpontban és helyszínen. A begyűjtést engedéllyel rendelkező cég végzi, speciális felkészült személyzettel és felszereléssel.

#### **1.4.3.2. Üzemi veszélyes hulladékok gyűjtése, átmeneti tárolása**

A veszélyes hulladékkal kapcsolatos tevékenységek végzésének feltételeiről szóló rendelet kimondja, hogy a veszélyes hulladék birtokosa köteles az ingatlanán, telephelyén, illetve a tevékenység végzése során keletkező veszélyes hulladék biztonságos gyűjtéséről gondoskodni mindaddig, amíg a veszélyes hulladékot a kezelőnek át nem adja.

A háztartások kivételével a veszélyes hulladék termelője köteles:

- minden veszélyes hulladékot eredményező tevékenységéről technológiai anyagmérleget készíteni (tartalmaznia kell az adott termelési technológiába bemenő anyagok mennyiségét és összetételét, a keletkező termékek mennyiségét és összetételét, valamint a veszélyes hulladék mennyiségét és összetételét);
- a veszélyes hulladék tárolására és kezelésére használt létesítményei és berendezései üzemeltetéséről üzemnaplót vezetni;
- nyilvántartást vezetni és a területileg illetékes környezetvédelmi felügyelőség részére adatot szolgáltatni.

A hulladék termelője a veszélyes hulladékot közvetlenül a keletkezés helyén, munkahelyi gyűjtőhelyen, a környezet szennyezését kizáró edényzetben, a tevékenység zavartalan végzését nem akadályozó mennyiségben gyűjtheti, legfeljebb 1 évig.

Amennyiben a veszélyes hulladék átadása a kezelő részére nem közvetlenül a munkahelyi gyűjtőhelyről történik, akkor a veszélyes hulladék termelője a keletkezett veszélyes hulladékot a telephelyén kialakított üzemi gyűjtőhelyen köteles gyűjteni. Az üzemi gyűjtőhelyet a tervezett kezelést figyelembe véve a környezet szennyezését, illetve károsítását kizáró módon kell kialakítani, ahol a veszélyes hulladék legfeljebb 1 évig tartható.

A hulladékok tárolási helyét minden esetben jól látható jelzéssel kell ellátni, hogy illetéktelen, illetve védőfelszerelés nélküli személyek ne kerüljenek kapcsolatba az anyagokkal.

A tárolóhely kialakításánál alapvető környezetvédelmi követelményeknek kell megfelelni, minden eszközzel törekedni kell arra, hogy a környezetszennyezést elkerüljük (1.4.7. ábra).



**1.4.7. ábra: Üzemi veszélyes hulladék tároló** ([www.glastronic.hu](http://www.glastronic.hu))

A gyűjtőhely kialakítása során az alábbi szempontokat kell figyelembe venni:

- szilárd burkolatú utakon megközelíthető legyen;
- kémiailag ellenálló, teherbíró, folyadékszűrő aljzattal rendelkezzen;
- legyen ellátva illetéktelen behatolás elleni védelemmel;
- külső csapadékvíz ne jusson be a tárolóba.

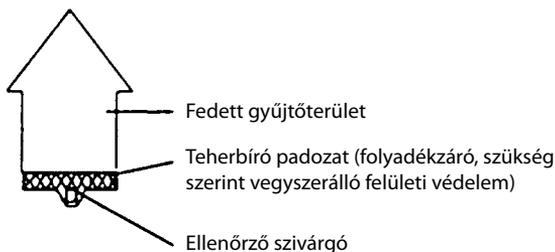
A gyűjtőhely üzemeltetése során figyelembe vett szempontok a következők:

- fajtánkénti elkülönítést kell alkalmazni;
- a gyűjtőedényzetben jól látható helyen fel kell tüntetni a hulladék megnevezését, EWC kódját;
- kémiailag ellenálló, folyadékszűrő csomagolóanyagban érkezzenek, és várakozzanak a hulladékok;
- illékony komponensek környezetbe jutását zárt rendszerekkel meg kell akadályozni;
- esetlegesen feldúsuló gázok ellen a tároló szellőzésének biztosítása kötelező.

#### I.4.4. Hulladékgyűjtők kialakítása és felépítése

A veszélyes hulladékok tárolását különböző konténerekben, épületekben oldják meg. A rendelet alapján a hulladékok szabályszerű gyűjtését az alábbi gyűjtőhelyek valamelyikén kell biztosítani a hulladék termelőjének.

- Munkahelyi gyűjtőhely: a veszélyes hulladékok keletkezésének helyén, környezeti veszélyességük függvényében kialakított gyűjtőhely. A kisebb üzemek, illetve az építkezések általában munkahelyi gyűjtőhelyet létesítenek.
- Üzemi gyűjtőhely: a saját telephelyen létesített, a saját tevékenységből származó veszélyes hulladékok gyűjtésére szolgáló terület, illetve építmény. Ez megoldható egy adott raktárhelyiség célszerű átalakításával, vagy egy használaton kívüli épületrész felhasználásával. A nagyobb termelőüzemek általában rendelkeznek üzemi gyűjtőhellyel (I.4.8 ábra).
- Speciális gyűjtőhely: környezetvédelmi vagy közegészségügyi érdekből, külön jogszabályi előírás alapján a lakosságnál keletkező, egyes speciális veszélyes hulladékok gyűjtésére szolgáló gyűjtőhely. Ilyenek lehetnek a lejárt szavatosságú gyógyszerek, lemerült elemek, akkumulátorok visszavételére alkalmas gyűjtőhelyek az elárúsítóhelyeken (gyógyszertárak, áruházak).
- Hulladékgyűjtő udvar: a lakosságtól származó, továbbá a termelőknél kis mennyiségben keletkező veszélyes hulladékok gyűjtésére szolgáló létesítmény.
- Tárolótelep: az üzemi gyűjtőhelyen tovább nem tartható, illetve alkalmazható technológia hiánya miatt nem hasznosítható vagy nem ártalmatlanítható veszélyes hulladékok gyűjtésére szolgáló létesítmény.



I.4.8. ábra: Fedett kialakítású üzemi gyűjtőhely ([www.tankonyvtar.hu](http://www.tankonyvtar.hu))

A hulladékudvarok a szelektív gyűjtési rendszer kiegészítő elemeiként funkcionálnak, ahol a lakosság leadhatja a háztartásában rendszeresen keletkező elkülönítve gyűjtött hasznosítható hulladék összetevőket, valamint a veszélyes hulladékot. A hulladékudvarokban az időszakosan keletkező nagydarabos hulladékok is leadhatók (bontási, építési hulladékok, lomok). Itt kizárólag



a lakosság által behordott hulladékok átvétele folyik, a fizikai előkezelést (aprítás, bálázás, válogatás) a hulladék elszállítását követően a hasznosító végzi. A hulladékok rövid ideig (legfeljebb néhány hétig) tartó szelektív tárolását követően a hasznosító/ártalmatlanító telephelyre kerülnek. Az indokolatlanul hosszabb időn át tárolt hulladékok feleslegesen kötnek le tárolási kapacitást és helyet, ez gazdasági szempontból nyilvánvalóan kedvezőtlen.

A hulladékudvarokban az alábbi hulladékok gyűjtése engedélyezett:

- másodnyersanyagként hasznosítható összetevők (papír, üveg, műanyag-flakon, fólia, fémhulladék, fém italos doboz, fahulladék, textilhulladék),
- darabos hulladékok (gumiabroncs, háztartási tárgyak és berendezések, elektronikai hulladékok, gépkocsironcs),
- lakossági körből származó veszélyes hulladékok (szárazelem, akkumulátor, gyógyszer, festék- és lakkmaradékok csomagolóeszközökkel, sütőzsírok, növényvédőszer-maradékok, fénycső és izzó),
- lakossági körből származó építési, bontási hulladékok.

A hulladékudvar működésével járó forgalom a lakossági beszállításra és a szelektíven gyűjtött hulladékok elszállítására korlátozódik, tehát nem jár nagyobb forgalommal, mint általában a kereskedelem. Belvárosi, sűrűn beépített területeken a főútvonalakról nyíló mellékutcákban célszerű az udvart telepíteni. Külső városközpontokban az önkormányzati hivatalok, intézmények, bevásárlóközpontok környékén célszerű a hulladékudvarok kialakítása.

A hulladékudvar kialakításnál a következő szempontokat szükséges figyelembe venni:

- a település sűrűn lakott részén ideálisabb, könnyen megközelíthető (lakosság, szállítás szempontjából) helyen;
- a működtetéshez szükséges közműcsatlakozások biztosítása;
- a regionális hulladékhasznosító létesítményektől való távolság és a közúti forgalom rendje;
- a fogadóépület és a fedett-zárt építmény területe;
- a tetővel ellátott, illetve a szabad területen elhelyezett edényzet helyigénye;
- az edényzet mozgatásához, szállításához, illetve a lakosság beszállításának zavartalanágához szükséges hely;
- a kiegészítő létesítmények és eszközök elhelyezéséhez szükséges terület (pl. homoktároló, targoncatároló);
- a bővítési lehetőség területigénye.

Általában elmondható, hogy hulladékgyűjtő udvar minimális helyszükséglete az elhelyezni kívánt edények alapterületének tízszerese, de legalább 400 m<sup>2</sup>.

#### **I.4.5. Hazai hulladékszállítás megvalósítása**

A hulladékszállítás célja, hogy a keletkezés helyétől az ártalmatlanítóig, a feldolgozás helyéig, szervezett módon, a környezet további szennyezése nélkül, a hulladék jellemzőihez alkalmazkodva, céljárművekkel valósítsuk meg. A hulladékok gyűjtése és szállítása történhet egy- és kétütemű módszerekkel, melyeket már a I.4.1. alfejezetben ismertettünk. Ebben a fejezetben ezért a hulladékgyűjtés megszervezését, a célgépek felépítését és egy modern hulladékgyűjtési folyamat bemutatására vállalkoztunk.

##### **I.4.5.1. Kommunális hulladékgyűjtő járatok szervezése és tervezése**

A kommunális szilárd hulladékok legelterjedtebben alkalmazott gyűjtési módszere az egyes háztartásokban, vagy ipari/kereskedelmi telephelyeken elhelyezett gyűjtőedényzetre épül, amiket a hulladékgyűjtő járművek szervezeten (megtervezett útvonalon, megfelelő gépekkel, gyakorlott személyzettel), meghatározott időszak alatt, meghatározott alkalommal ürítenek. A háztartási szilárd hulladékok gyűjtésének egyik elterjedten alkalmazott esete, amikor a gyűjtést végző járművek a szolgáltatási pontokat egyenként felkeresik az ott elhelyezett gyűjtőedények ürítése, vagy gyűjtőzsákok

elszállítása céljából. A gyűjtőgép a tartályának megteleését követően felkeresi a legközelebbi lerakót a leürítés céljából. A szállítási feladat ezután ismétlődik.

A munka szervezésénél alapvető szempont, hogy a kijelölt feladat – a gyűjtési és a szállítási időszükségletet is figyelembe véve – a műszakidő alatt végrehajtható legyen. A szervezési munka fontos része a szükséges alapinformációk rendelkezésre állása.

Ezek az alábbiak lehetnek:

- a szállítandó hulladék tulajdonságai, összetétele;
- a gyűjtőhelyek jellegzetességei (a begyűjtési módszer, megközelítési lehetőségek stb.);
- a szállítási útvonalak jellemzői (közlekedési-forgalmi viszonyok, kiépítettség, szállítási távolság stb.).

Az alapinformációk birtokában meghatározhatók:

- a gyűjtőjármű száma, típusa, kapacitása,
- a gyűjtőkörzetek adatai (gyűjtési időszükséglet, fordulóidő, állásidő, üresjárat, stb.).

A hulladék elszállításához szükséges összes adatok, információk birtokában szükség van a hulladékgyűjtő járatok megtervezésére. Az operációkutatásból ismert ún. járatszerkesztési eljárást alkalmazva a szállítás optimalizálási modellje lineáris programozással megoldható.

A járatokat úgy definiálhatjuk, hogy több állomást (pontot) érintő útvonalak, ami a jelen esetben – hulladékgyűjtésnél – menetrendszerű. A járatok tervezésére irányuló tevékenységet járatszerkesztésnek nevezzük. A járatok megtervezésénél előfordul, hogy az útvonalak adottak és a menetrend összeállítása a cél, vagy az optimális útvonalakat kell meghatározni. A különféle járatok tervezéséhez egy egységes megoldás nem létezik, általában a konkrét feladat ismeretében kell kifejleszteni egy eljárást, modellt.

A járattervezés általánosan több kiszolgálási pont között megvalósuló szállítási feladatok valamilyen, előre definiált célfüggvény szerinti végrehajtására szolgál.

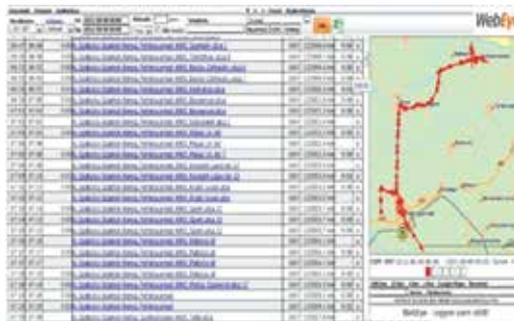
A célfüggvény lehet:

- szállítási távolság (felvétel helyétől az ártalmatlanítóig);
- sebesség – idő;
- anyagmozgatási munka;
- a jármű kapacitása, teherbírása;
- szennyezőanyag kibocsátás stb.

A 1.4.9. ábrán láthatjuk a már megtervezett hulladékgyűjtő járatot a begyűjtés helyeitől a lerakóig (piros nyíl és sárga kör), az online rendszerben nyomon követhető továbbá a járat útvonala, a megtett út és az üzemanyag-fogyasztás.

A járattervezés része a begyűjtéshez szükséges gépkocsi vagy a járatszám megállapítása. A járatszám becslésénél figyelembe kell venni a keletkező hulladék mennyiségét, a járműkapacitást és a begyűjtéshez kapcsolódó gyűjtési és közúti szállítási távolságot, illetve az ehhez szükséges időt. A becsült/számított járatszám nem egész érték, egy településre vonatkoztatva tört számban fejezhető ki, mely azt fejezi ki, hogy egy adott település a többbitől függetlenül milyen gyűjtési kapacitást vesz igénybe.

A hulladékgyűjtés járattervezésének határára a járatok útvonala optimalizálható, üzemanyag-fogyasztás és a járatszám csökkenthető, illetve átcsoportosítható, csökkenthető, a gyűjtőjárművek kapacitása maximálisan kihasználható, összegezve költséghatékonyabbá tehető a szolgáltatás.



**1.4.9. ábra: Egy példa a kommunális hulladékgyűjtő járatra (www.webeye.hu)**

#### **1.4.5.2. A begyűjtésben résztvevő járművek és eszközök**

A keletkező települési szilárd hulladékok gyűjtése és elszállítása olyan logisztikai feladat, amely eléggé összetett és költséges módon kivitelezhető. A gyűjtést és szállítást úgy kell megoldani, hogy további környezetszennyezés ne alakuljon ki. Ezért olyan gyűjtőedényekre van szükség, amelyek pontosan illeszkednek a beürítő szerkezethez és a hulladék jellegéhez.

A kommunális hulladékot szállító járművek alkalmasságát illetően a következő követelményeket támasztjuk felélük:

- zárt felépítmény (tartály), olyan tömörítő berendezéssel felszerelve, amely a tartály max. kihasználtságára törekszik;
- egyszerű, tartós és üzembiztos kivitel;
- gyors feltöltés és ürítés;
- zaj- és pormentes átrakás, ürítés;
- a jármű megfeleljen a biztonságos közlekedéshez szükséges berendezésekkel, részekkel;
- a jármű a KRESZ szabályainak megfeleljen.

A kommunális hulladékok szállítása megoldható pormentesen és félpormentesen.

#### **A pormentes hulladékgyűjtés- és szállítás**

A zárt rendszerű pormentes gyűjtő- és szállító járművek a szabványosított (90, 110 és 120 literes), a beürítő szerkezethez tökéletesen illeszkedő gyűjtőedények ürítéséhez alkalmazzák. Ezek a tartályos célgépek tömörítőszerkezettel ellátottak. A tömörítőszerkezet kivitele szerint kétféle járművet különböztetünk meg:

- forgódobos (I.4.10. ábra) és
- tömörítőlapos hulladékgyűjtő- és szállító célgép (I.4.11. ábra).



**I.4.10. ábra: Rotopress típusú (forgódobos) hulladék-szállító célgép** ([www.topola.com](http://www.topola.com) és [www.classic-refusetrucks.com](http://www.classic-refusetrucks.com))

**I.4.11. ábra: Variopress típusú (tömörítőlapos) hulladékgyűjtő jármű** (Szász és Szénich, 1984)

A forgódobos felépítményű jármű, kb. 20 m<sup>3</sup> tartállyal rendelkezik. A szilárd hulladék a jármű hossz tengelyében lévő, a vezetőfülke felőli zárt hengeres tartályba tömörödik, a henger hátsó részét lezáró (ehhez illeszkedő), speciális edénybeürítő szerkezetet tartalmazó fedélen keresztül. A forgódobban ún. prészsiga spirálisan hordja be az elülső zárt rész felé a hulladékot, amely a dobban forgva zúzódik, keveredik. A forgódobot hidraulikus hajtómű működteti. Az ürítés a hátsó ajtó nyitáskor és a dob forgásirányának megváltoztatásával hajtható végre. A célgépek tömörítő hatása legalább 1:3–1:5 arányú.

A tömörítőlapos rendszerű gyűjtő járművek 10-20 m<sup>3</sup> tartállyal készülnek. Ezeknek a célgépeknek a hátsó részén van a beürítő rész, a szilárd hulladékot fogadó és a gyűjtő, és a hulladékot a tartályba továbbító szerkezeti egység. A tömörítést ferde síkon mozgó lap végzi, mely lefelé és felfelé mozog. A tömörítőlap végén lévő kanalat két hidraulikus munkahenger mozgatja. A kanál célja, hogy a hulladékot betolja a tömörítőterbe. A tömörítési arány itt is 1:3-1:5(8) közötti. Az ürítés

a hátsó fedélkeret felemelésével és a tolólap működtetésével jön létre. A tolólap hidraulikus mozgató, négyszög keresztmetszetű, hasáb alakú térben mozog. Már létezik olyan gyűjtőkocsi, mely szórófejes edénytisztításra is alkalmas.

### **A félpormentes hulladékgyűjtés- és szállítás**

A félpormentes gyűjtés konténerekben történik, ahol a be- és kiürítéskor megjelenik a porképződés, de a szállítást zárt tartályban végzik. A konténeres szállításnál a konténer lényegében a gyűjtőedény és a szállítóeszköz rakodótere is egyben. A konténer 4–8 m<sup>3</sup>-es térfogatú, zárt tartállyal felszereltek, amelybe a hulladék akár négy-nyolc beöntőnyílásokon át kézi erővel is tölthető (I.4.12. ábra). Az ürítést billentéssel végzik, a hátsó zárófal megnyitása után. Speciális emelőszerkezettel ellátott jármű végzi a különböző térfogatú konténereknek a jármű alvázára emelését, majd billentéses ürítését, az alapjármű motorjával mellékjáratú hidraulikus rendszer segítségével.



**I.4.12. ábra: Beöntőnyílásokkal ellátott zárt konténer**

Az emelőszerkezet kivitele szerint megkülönböztetünk:

- emelőkaros,
- emelőhorgos és
- csörlős megoldásokat.

A konténerszállító jármű általában hátulemelős rendszerű. A gyűjtött anyag lehet építési törmelék, nagy darabos lom, kertészeti- és veszélyes hulladékok, stb.

### **I.4.5.3. Modern technológiák alkalmazása a hulladékgyűjtésben**

#### **RFID alapú azonosítási rendszer elve, osztályozása és felhasználási területei**

Az RFID (rádiófrekvenciás azonosító címke, más néven intelligens címke) rendszer alapkövetelmény a leolvasóból és információátvitelre, illetve adatátvitelre alkalmas címkékből áll. Az RFID címke lehet kicsiny rizsszemnyi vagy nagy, téglányi méretű, ez függ az antenna felületétől és/vagy az energiaellátó méretétől. A címke részei az antenna, a hozzá csatlakozó mikrochip és a kettőt magába foglaló ágyazat. A leolvasó a rádiófrekvenciás mezőbe kerülő címkéről az adatokat leveszi, és a hálózatban működő számítógépbe juttatja. Van olyan címkéféle, amelyre a leolvasó információt írhat. Az RFID rendszer nagy előnye, hogy a címkéről (még az egységcsomagban lévő termékeken lévőkről is, természetesen ez függ az áthatolási képességtől) begyűjti az információt, és ehhez nem szükséges a címke közvetlen közelében lennie.

Általánosságban véve azt mondhatjuk, hogy a rádiófrekvenciás azonosító rendszerek termékek, áruk azonosítására szolgálnak rádiófrekvenciás adatátvitel használatával, emberi beavatkozás nélkül. A kommunikáció az író/olvasó egység és az elektronikus adathordozó (transzponder, tag, címke) között zajlik, a külső körülményeknek és a szükséges olvasási távolságnak megfelelő frekvencián.

Az RFID címke memóriája – attól függően, hogy milyen célra készül – lehet:

- olvasható, (RO-read only, azaz az adattartalom csak olvasható)
- olvasható/írható (Read/Write, általában ezt használják).

Az RFID bélyegek több szempont alapján osztályozhatóak, ezek lehetnek:

- működési frekvencia szerint (alacsony, nagy, ultramagas és mikrohullámú rádiófrekvencia);
- bélyeg megjelenési formája szerint;
- energiaellátásuk szerint;
- memóriakezelés szerint;
- felhasználásuk szerint.

A továbbiakban elsősorban az energiaellátásról kell beszélnünk. Az RFID-ek energiaellátása megoldható aktív, fél-aktív és passzív úton.

### **Aktív**

Az aktív RFID bélyegek rendelkeznek beépített áramforrással és adókészülékkel, amely a mikrochip működtetésére és a jeltovábbításra szolgál, így akár 1 kilométerrel is képesek adatot továbbítani. Egyes típusaik összekapcsolhatók külső szenzorokkal is. Az aktív bélyeg előnyei: nagyobb olvasási távolság, egybeépíthető különböző szenzorokkal (pl. hőmérséklet, nedvességtartalom mérésére a konténeres szállításnál). Hátránya: az akkumulátornak és a tartósabb bevonatnak köszönhetően drága megoldás.

### **Fél-aktív**

A fél-aktív címke képes energiát tárolni az elemekben, illetve a kondenzátorban, és feltöltheti a tároló berendezést egy rádiófrekvenciás mező energiájából. Egyfajta hidat képez a passzív és aktív rendszer között. A saját áramforrásukat csak a memóriaegység működtetéséhez használják és az adatok továbbításához. Előnyök: nagyobb olvasási távolság (akár 100 m), egybeépíthető különböző szenzorokkal (pl. hőmérséklet, nedvességtartalom mérésére), szinte végtelen élettartam jellemzi. Hátrány: az akkumulátornak és a tartósabb bevonatnak köszönhetően költséges kivitelről van szó.

### **Passzív**

A passzív RFID bélyegek nem rendelkeznek beépített áramforrással, az energiát mind a memóriából való olvasáshoz, mind pedig a kommunikációhoz az olvasó által gerjesztett elektromágneses mezőből nyerik. A passzív elnevezés onnan ered, hogy ezek az adathordozók az író/olvasó sugárzási tartományán kívül nem működnek, nem bocsátanak ki jelet. A rendszer előnyei: alacsonyabb költség, hosszabb élettartam, rugalmasabb mechanikai kialakítás, kis tömegű. Hátránya: korlátozott olvasási távolság (néhány mm-től max. 4-5 m-ig).

A termékek fogyasztói kiszérésére, gyűjtőcsomagra és logisztikai egységre strapabíró, olvasható/írható memóriájú passzív RFID tag és/vagy vonalkód, míg egységakrományra és konténerre nagy hatótávolságú, nagyobb írható/olvasható memóriájú, helymeghatározásra használható, viszont limitált élettartamú és kevésbé strapabíró aktív RFID címke ajánlott.

### **Az RFID-ek alkalmazási területei**

(A teljesség igénye nélkül néhány felhasználási területet ismertetek.)

- Állatok azonosítása (a legrégebbi felhasználása az RFID-nek).

- Pontos és hatékony logisztika (közúton, tengeren és vasúton történő szállításkor termék, rakomány azonosítása, nyomonkövetése).
- Beléptető és biztonsági rendszerek.
- Díjfizetés meggyorsítása, egyszerűsítése, a megtett út arányos fizetés (pl. autópálya, tömegközlekedés).
- Gyártási folyamatok optimalizálása (alkatrész alapanyagok azonosítása, nagy áteresztőképesség, nyomonkövetés).
- Termékek nyomonkövetése (árvédelem, garancia).
- Raktározás, könyvtárak (az áru pozíciójának meghatározása, átadás-átvétel gyorsítása).
- Bevásárlás (önkiszolgáló pénztár, fizetés egyszerűsítése, a lopás jelzése, intelligens polcok).
- Szemétszállítás, hulladékgyűjtés (a begyűjtött hulladéktömeg szerinti fizetés, recirkálási folyamat megkönnyítése).

Az RFID technológia alkalmazásában jelenleg folyamatos fejlődés tapasztalható, de nagy áttörésre, robbanásszerű elterjedésre egyelőre nem lehet számítani, az alábbi okok miatt:

- a nemzetközi szabványok hiánya,
- a címkék és a leolvasók magas előállítási költsége,
- az RFID technológia és az ellátási lánc összehangolása még gyerekcipőben jár,
- bizalmatlanság a vevő részéről.

#### **Az RFID rendszer felhasználása a hulladékok gyűjtésénél**

Hasonlóan a közüzemi szolgáltatások díjának fizetéséhez, az RFID technológia bevezetésével a hulladékgazdálkodásban is a tényleges fogyasztás, azaz ürítések után fizet a fogyasztó.

A rendszer felépítése a következő részekből áll.

- A hulladékgyűjtő edényre, konténerre elhelyezett RFID azonosító. Az RFID tag rögzíthető az edényzet egy kialakított üregében (I.4.13. ábra) vagy a fedél közepére, ebben az esetben érdemes védőfóliával ellátni a tag-et, hogy ne sérülhessen az ürítéseknel.
- A hulladékgyűjtő jármű hátsó falán elhelyezett RFID olvasó segítségével az ürítéskor rögzítésre kerül az edényzeten található chip által tárolt azonosítószám (I.4.14. ábra). Az azonosítószám pedig az ügyfélhez rendelt, így módon automatikusan megtörténik a tulajdonos azonosítása.
- A hulladékgyűjtő mérlegelése. A gépjármű alvázára szerelt erőmérő cellák 1 kg-os pontossággal meghatározzák az edényzetbe gyűjtött hulladék tömegét.
- A hulladékgyűjtő jármű vezetőfülkéjében található a számítógép, ún. kommunikátor, kábel nélküli kapcsolatban van az irodai (központi) számítógéppel, és rögzíti a fent felsorolt begyűjtött információkat.



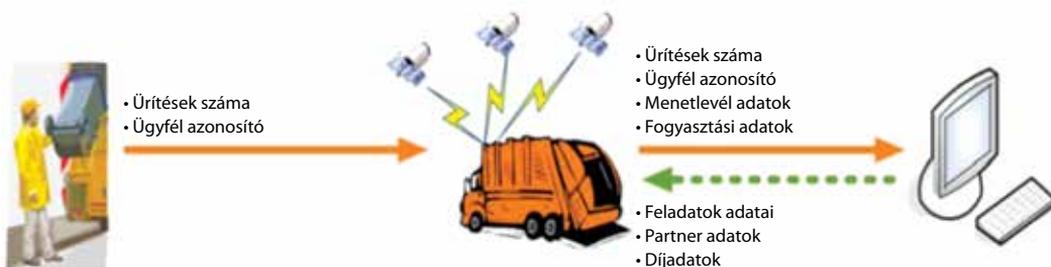
**I.4.13. ábra: A műanyag edényzet fedelének zsanérja alatt elhelyezett RFID tag (Rácz, 2010)**



**I.4.14. ábra: A hulladékgyűjtő jármű hátsó bedobószerkezeténél található RFID olvasó (Keszthelyi és Vönöczky, 2009)**

- A gyűjtést végző tehergépjármű ún. WebEye mobil kommunikáción alapuló komplex műholdas járműkövető rendszerrel összekötött; ez azért szükséges, hogy információt kapjunk arról, hogy mely edények lettek már kiürítve. A járműkövető rendszer alkalmas még a járatterv elkészítésére, ellenőrzésére (megfigyelhető a járműmozgás, az üzemanyag-fogyasztás és az ügyfél helyzete) és ezáltal megszünteti a szabálytalan járműhasználatot.

A 1.4.15. ábrán látható a modern hulladékgyűjtési folyamat egyszerűsített ábrája.



**1.4.15. ábra: A háztartási hulladékgyűjtés online információs rendszere** (Romhányi és Lovák, 2011)

A hulladékgyűjtés során megtörténik a tárolóedényzet azonosítása, az ürítés rögzítése mellett a GPS koordináták felvétele (az ürítés helyszíne, ideje), az üzemanyag-fogyasztás mérése és ezután továbbításra kerül a központi adatbázisba. Az itt összegyűjtött adatok képzik a számlázás alapadatait. Naprakész statisztikai elemzéssel kimutatható, hogy az ügyfél mikor és hányszor vette igénybe a szolgáltatást az adott hónapban. A központ végül elkészíti az aktuális számlát a fogyasztó számára. Az RFID rendszer továbbfejleszthető a hulladékgyűjtés és hasznosítás megkönnyebbítése érdekében. A termékeken a gyártás során elhelyezett RFID címke megkönnyítheti a reciklálást, azonosítja a szemétként lévő terméket, így módon a munkaigényes hulladékfeldolgozás a jövőben egyszerűsödne. Emellett az RFID-es technológia lehetőségteremt a hulladékból a még jó állapotú alkatrészek kiszérésére is.

## I.5. Hulladékok kezelése, hasznosítása (Mozsgai Katalin, Simándi Péter)

A környezetbe kerülő hulladék mennyisége nagymértékben csökkenthető a hasznosítással. A hulladékról szóló 2012. évi CLXXXV törvény (Ht.) által megfogalmazottak alapján a hasznosítás lényege a természeti erőforrások helyettesítése a hulladékkal vagy a hulladékból kinyert, előállított anyagokkal, termékekkel, ezért a fenntartható fejlődés megvalósítása elképzelhetetlen hasznosítás nélkül. Fontos továbbá, hogy a hasznosítással jelentősen csökken a környezetbe kibocsátott vég-ső hulladék mennyisége, így kisebb a környezetszennyezés, valamint megtakarítható a hulladék elhelyezésével, ártalmatlanításával kapcsolatos költség. Alapvető szempont, hogy minden hasznosítható hulladékrész ténylegesen hasznosításra kerüljön, ezzel minimálisra csökkentve az ártalmatlanítandó mennyiséget, valamint hogy energetikai hasznosításra csak másként már nem hasznosítható hulladék kerüljön. A hasznosításon belül a hulladékgazdálkodási hierarchiának megfelelően elsődlegesen az újrafeldolgozás és az újrahasználatra történő előkészítés fejlesztésére kell a hangsúlyt helyezni.

A hasznosítás alapfeltétele az egyes hulladékok elkülönített gyűjtése. A hulladék hasznosításának alapvető követelménye, hogy a hasznosítással előállított termék az elsődleges alapanyagból előállított termékénél ne okozzon nagyobb környezetterhelést, a hasznosítási technológia ne jelentsen kockázatot az emberi egészségre és környezetre, valamint az elérhető eredményhez képest ne jelentsen túlzott mértékű gazdasági terheket. A hulladékot akkor lehet és kell hasznosítani, ha ökológiailag előnyös, műszakilag lehetséges és gazdaságilag megalapozott.

### I.5.1. Hulladékhasznosítási technológiák csoportosítása

A hulladékhasznosítási eljárásokat több szempont szerint csoportosíthatjuk.

#### ***A hulladék anyagi minőségének változása a hulladékhasznosítás során***

- Hasznosítás anyag átalakítás nélkül (az eredeti anyag tulajdonságai lényegesen nem változnak) – újrahasználat (reuse)<sup>1</sup>;
- Hasznosítás anyag átalakítással (az eredeti anyag összetételének, szerkezetének, minőségének, stb. megváltoztatásával) – recycling.

#### ***A hulladékhasznosítás szervezési adottságai alapján***

- Hulladékhasznosítás a keletkezési helyen;
- Hasznosítás a keletkezési helyen kívül az erre szakosodott szervezeti keretek között (másodnyers-anyag).

#### ***Technológiai alapmechanizmusok szerint***

A különböző hulladékok hasznosításánál a következő táblázatban (I.5.1.) lévő technológiai elemeket, illetve kombinációit alkalmazzák. A hulladékhasznosításban, a hulladékgazdálkodáshoz hasonlóan szükség van a rendszerszemléletre. Egy-egy módszert, technológiai alapmechanizmust nem önma-gában, hanem együtt, kombinálva kell alkalmazni.

---

<sup>1</sup> Az újrahasználat nem tartozik a hulladékkezelési kategóriák közé, mivel ez a hulladék hierarchiában a megelőzés kategóriájában jelenik meg, ugyanakkor az újrahasználatra való előkészítés már a hulladékkezelés körébe sorolandó. Bővebben lásd: I.2. A hulladékgazdálkodás nemzetközi és hazai jogi rendszere, I.2.1 ábra



Eljárás	Előkészítés	Szétválasztás	Hasznosítás
Mechanikai	Aprítás Rostálás Tömörítés Keverés	Rostálás Légosztályozás Légszérelés Ballisztikus szeparálás	Töltőanyagként: bekeverés beágyazás Tűnemezelés
Hidromechanikai	Tisztítás, mosás Pulperozás Nedvesőrlés (csomóatlanítás)	Ülepítés Pulzációs ülepítés Nedvesszérelés Flotálás Nehézközegű elválasztás Szűrés Centrifugálás	Duzzasztás (lazítás) Hidrosztatikus extrúzió Masékészítés Nemezelés
Elektromos hatással működő	Nagyfrekvenciás szárítás	Mágneses elválasztás Magnetohidrodinamikusan elválasztás Vezetőképesség szerinti elválasztás Infravörös technika Optikai elektronikus szeparálás Elektrosztatikus elválasztás	Elektrosztatikus por- és szárfelhordás
Termikus	Mélyhűtött őrlés Szárítás Pasztörizálás Hősokkolás	Kiolvasztás Kiegetés Hőbontás Kalanderezés	Beolvasztás Melegsajtolás Fröccsöntés Extrudálás Kalanderezés Vulkanizálás Autoklávus feltárás Hőbontás (pirolízis) Égetés
Kémiai és biológiai	Fertőtlenítés Közömbösítés Vegyszeres tisztítás	Leoldás Feloldás Kioldás Hidrolízis	Vegyí lebontás Hidrogénezés Addíciós eljárások Enzimes fermentáció Élesztősítés Komposztálás

**I.5.1. táblázat: A hulladékok előkészítése, szétválasztása és hasznosítása a technológiai alapmechanizmusok szerint (Árva, 1993)**

### **Hulladékhasznosítás anyagáramonként**

Magyarországon a 2004-2011-ig összegyűjtött adatok alapján elmondható, hogy az évente összesen képződő hulladék tonnában kifejezett mennyiségének legnagyobb része termelési hulladék, amely közel a harmada a teljes hulladékmennyiségnek (I.5.2. táblázat). A vizsgált időszakban több mint 3 millió tonnával csökkent a termelési hulladék mennyisége, ugyanakkor a hasznosításban visszaesés következett be, az utóbbi években stagnál. Jelenleg a legnagyobb mennyiségben lerakókba kerülnek a termelési hulladékok (I.5.3. táblázat).

Megnevezés	2009	2010	2011	Hasznosítás
Ipari és egyéb gazdálkodói hulladék	6 186 088	5 805 675	5 927 565	~25 %
Építési-bontási hulladék	3 925 562	4 166 936	4 415 406	53 %
Települési szilárd hulladék	4 311 870	4 033 106	3 808 878	
Települési folyékony hulladék	3 518 984	3 272 733	2 923 173	
Veszélyes hulladék	851 126	569 348	777 287	
Mezőgazdasági és élelmiszeripari hulladék	964 804	773 467	743 701	

**I.5.2. táblázat: Évente keletkező hulladékfajták mennyiségi megoszlása tonnában (OHT 2014)**

Megnevezés	2009		2010		2011	
	ezer tonna	%	ezer tonna	%	ezer tonna	%
Hulladékmennyiség	19 758		18 621		18 596	
Anyagában hasznosítás	4584	23,2	5682	30,5	5001	26,9
Energetikai hasznosítás	787	4	824	4,4	822	4,4
Égetés	75	0,4	160	0,9	91	0,5
Lerakás	8536	43,2	7475	40,1	8580	46,1
Egyéb	5777	29,2	4480	24,1	4101	22,1

**I.5.3. táblázat: A hulladékképződés, -kezelés alakulása, 2009-2011 (szennyvíziszap nélkül) (VM-HIR, KSH)**

A következő években a hasznosítási arány további növekedése várható, mivel a 2013. évtől bevezetésre került a hulladéklerakási járulék, amely gazdasági szabályozó eszköz komoly befolyásoló tényezőt jelenthet az építési-bontási hulladék hulladéklerakóktól történő eltérítésében (I.5.4. táblázat).

Települési hulladék kezelése (t)	2007	2008	2009	2010	2011	2012
összes képződött hulladék	4 593 500	4 552 514	4 311 870	4 033 106	3 808 878	3 987 496
anyagában hasznosított	554 000	691 779	665 432	788 786	837 312	1 015 067
energetikai hasznosítás	382 480	393 368	406 353	406 426	408 104	364 047
lerakás	3 428 525	3 341 209	3 211 547	2 837 894	2 563 462	2 608 382
egyéb	228 495	126 158	28 538	-	-	-

**I.5.4. táblázat: A települési hulladék kezelése 2007-2012 (OHT 2014, VM-HIR (tonna))**

Ma Magyarországon a települési hulladék többsége – a 2012. évi adatok alapján – mintegy 65,4%-a lerakókra kerül a hasznosítás helyett. Vagyis ahelyett, hogy a hulladékká vált termékekből kinyer-  
nénk az újra felhasználható anyagokat, Magyarországon a hulladékok kikerülnek az anyagforgalom-  
ból. Ráadásul jelentős többlet erőfeszítést jelent az is, hogy környezetünket ne terheljük vele a le-  
rakás során. Ugyanez az arány Ausztriában kb. 3,7 %, Németországban és Hollandiában pedig alig  
több mint 1 %. Amíg Magyarországon a települési hulladéknak a 2012. évi adatok alapján mintegy  
25,5 %-át hasznosították anyagában, addig Belgiumban ugyanez az arány kb. 60 %, Németországban  
kb. 65 %, Ausztriában pedig kb. 69 %.

## I.5.2. Papír

### I.5.2.1. Az alapanyag jellemzői

A papír természetes eredetű, viszonylag gyorsan lebomló anyag, ezért környezetbarátnak tekinthe-  
tő. Gyártása azonban jelentős környezetterheléssel jár:

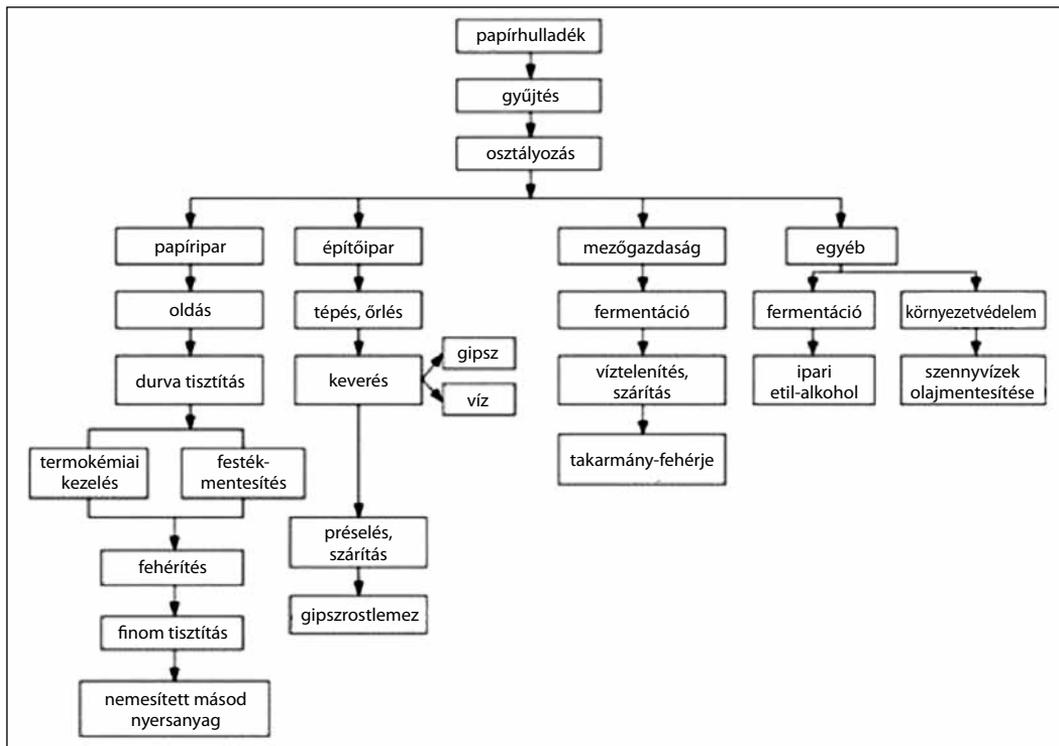
- fakitermelés: 1 tonna papír előállításához 2-3,5 tonna fa (kb. 10 db fa) szükséges. Papírgyártásra a világ teljes fakitermelésének mintegy 19 %-át használják. Az „ipari” felhasználásra kitermelt fa (minden, amit nem tüzelőnek használnak fel) 42 %-át papírgyártásra fordítják. A fakitermelés jelentős környezeti hatásokat, problémákat vet fel: ökológia, vízforgalom, szénkörforgás, éghajlatváltozás, talajerózió, stb.
- energiafelhasználás: a papírgyártás a világ energiafelhasználásának 4 %-ért felelős. A hulladék-papír felhasználása radikálisan javítja a papírgyártás energiámérlegét:
  - a natúr nátronpapír elsődleges gyártásának energiaigénye: 52,4 GJ/t
  - a fehérített szulfitpapír elsődleges gyártásának energiaigénye: 53,4 GJ/t
  - a hulladékpapír felhasználásával gyártott termék energiaigénye: 7,0 GJ/t
- vízfelhasználás: a papíripar 1 tonna termék előállításához bármely más iparágnál több vizet használ fel. Az alapos fehérítés, ill. mosás miatt az irodai papír igényli a legtöbb vizet.
- vízszennyezés: a papírmalmokból számos vegyi anyag kerülhet a vizekbe (pl. festékek, oldósze-  
rek, stb). Ezek tisztítása környezetvédelmi szempontból szükséges, ami a költségeket növeli.

Az elsődleges alapanyagokon belül (amelyek fakitermelésből – manapság szalmából, textilből is – származnak) megkülönböztethetünk az ún. PEFC (Programme for the Endorsement of Forest Certification Schemes) és FSC (Forest Stewardship Council) minősítésű alapanyagokat és termelési folyamatot, amelynek lényege, hogy az elsődleges rostok fenntartható erdőgazdálkodásból származnak.

A papírgyártás folyamatához jelentős mennyiségű anyagra és energiára van szükség. Az újrapapír gyártás lényegesen kevesebb természeti erőforrás, víz- és energiafelhasználással jár. Az I.5.5. táblázat a fehér papír és a szürke újrapapír anyag és energiafelhasználásának különbségét mutatja be:

Fehér papír	Szürke újrapapír
417 m <sup>3</sup> víz	100 m <sup>3</sup> víz
1700 kg fa	1150 kg fekete-fehér újságpapír
717 kWh energia	300 kWh energia
181 kg mészkő	
87 kg kén	
6 tonna gőz	3 tonna gőz
60 kg klór	

I.5.5. táblázat: 1 tonna papír előállításához szükséges anyag és energia  
(<http://www.kvvm.hu/szelektiv/hasznositas.php>)



**I.5.1. ábra: A papírhulladék hasznosításának lehetőségei (Árvai, 1993)**

### **I.5.2.2. Papírhulladék hasznosítása**

A papírhulladék újrahasonosítása kiválogatás, illetve gyűjtés, osztályozás után két fő területre osztható: papíripari és egyéb felhasználás (I.5.1. ábra). A papír esetében leggyakrabban az anyagban történő hasznosítást alkalmazzák, amely alapja a visszagyűjtés. Ez minden országban elterjedt. A papírrostok 6-8-szor visszaforgathatók a papírgyártásba.

Az újrapapírok – a másodlagos rostanyagokból készített papírtermékek – gyártása a fentiekhez hasonlóan történik, csupán az elsődleges rostanyagokból előállított cellulóz helyett a papírhulladékokból visszanyert rostokat használják fel. A készülő újrapapír minőségét, kinézetét ennek a papírhulladéknak az összetétele, szennyezettsége és kora határozza meg. A papírgyárak számára a különböző összetételű papírhulladékok nem egyformán jól hasznosíthatók. Legértékesebb másodnyersanyag a tiszta, válogatott, csak egynemű papírokból vagy kartonokból álló hulladék. A papírhulladékok eltérő felhasználási értéke felvásárlási árukban is kifejeződik. A másodlagos nyersanyag az újrahasonosított papírokból származó rostok.

A hasznosítás első lépései, melyeket még a papíripari felhasználás előtt végeznek: a szelektív gyűjtés, válogatás, bálázás és szállítás. A papíripari technológia a hulladékpapír előkészítésével kezdődik. A hulladékpapír legnagyobb részét vegyi kezelés nélkül vagy vegyi kezeléssel kombinált nedves és félnedves eljárással készítik elő.

Első technológiai lépésként a hulladékpapírt áztatják vízzel pulperben, a rostok fellazulása után különböző szerkezeti megoldású papíripari gépek segítségével rostjaira bontják. A kapott pépet különböző osztályozó gépsoron – vibrációs rostán, csomótlanítón, hidrociklonon, centrifugán, stb. – megszabadítják a nem kívánatos szennyező alkotórészekről (zsinór, drót, műanyag).

A kapott tisztított papírpép hagyományos besűrítő és lapképző eljárással feldolgozható.

A papíripari hasznosítás területén az elmúlt időszakban a fő feladat a hatékony rostosítás és a nyomdafesték-eltávolítás (deinking) volt. A mindennapi használatban alkalmazott papírhulladékból készített papír szürke színű. A nyomdafesték kivonását mosással vagy flotálással valósítják meg. Mindkét eljárás célja a festék eltávolítása a rostokról.

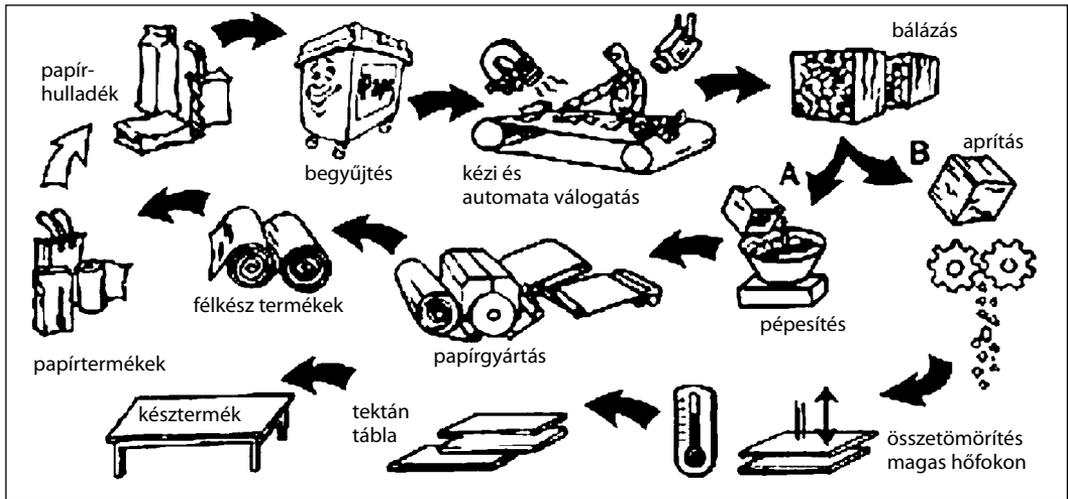
A mosás során a festéket vegyszerrel kioldják, és a felhígított közegben egészen finoman diszpergálják úgy, hogy a víznek egy szitán keresztül nyomás alatti elszívásával a színtelen rostos anyag és a színezéktartalmú folyadék szétválasztható legyen.

A flotálás az anyagok felületi adhéziós sajátságainak eltérésén alapuló dúsítási eljárás, amely különböző anyagok felületének a levegőhöz és vízhez való eltérő tapadásán alapul. A víz vagy levegő megtapadását a szilárd szemek felületén, megfelelő reagensek hozzáadásával, módosítani: fokozni vagy mérsékelni lehet, sőt a szilárd szem felületének a vízhez vagy levegőhöz tapadására való hajlamát ellenkezőre is meg lehet változtatni. Légbuborékokat diszpergálva a zagyba, ezekhez hozzátapadnak a levegőhöz vonzó (aerofil, hidrofób) anyagszemcsék és a zagy felszínére felszállnak a buborékokkal. Alkalmas reagensek hozzáadásával a buborékok nem pattannak azonnal szét, hanem hosszabb-rövidebb ideig megmaradnak a zagy felszínén, ott több-kevesbé tartós habot képezve. E habba gyűjthetők szelektíven az egymásután hidrofóbbá változtatott anyagszemcsék, míg a vízhez tapadó (aerofób, hidrofil) szemek a zagyban diszpergálva maradnak.

Flotálás során a papír és a leoldott szennyező anyag elválasztását levegő vízbe juttatásával és vegyszeradagolással oldják meg. Ebben az esetben az emulzióba diszpergált gáz hidrofób festékmolekulákat ragad magával, amelyek a folyadék felszínén külön fázist alkotnak. Így a festéktartalom legalább fele feljut a pép felszínére, ahonnan a szennyezést lefölozik. Mivel a gázbuborékok mérete meghatározó a folyamat szempontjából, különböző módszereket alkalmaznak a minél finomabb eloszlású gázbuborékok előállítására (elektrolízissel, szakaszos gázbefúvással, oldott gázok felszabadításával).

Ezután adják hozzá a töltőanyagokat, a bevonó anyagokat és más adalékokat, majd a fehérités következik (klórral, illetve hidrogén-peroxiddal). Végül a pépet préselve eltávolítják a vizet, a papírpálya szárítókon vezet keresztül, majd tekerceslik a kész papírt. A folyamat melléktermékeként keletkező rost- és töltőanyag-tartalmú festékiszapot elégetik, nedves oxidációval kezelik vagy deponálják. Zimmermann 1954-ben jelentett be szabadalmat a nedves oxidáció papír- és cellulózipari szulfidos anyalúgok regenerálására. A folyamat 300-325 °C-on 2-20 MPa nyomáson megy végbe.

A begyűjtött papírhulladékokat elsősorban anyaguk szerint (újságpapír, kartonpapír, papírtartalmú többretegű italosdoboz) válogatják szét. Az anyaguk szerint visszagyűjtött papírokból készülhetnek **A.**, papírtermékek, **B.**, italos karton alapú késztermékek (1.5.2. ábra).



1.5.2. ábra: A papír hasznosításának folyamata (<http://www.kvvm.hu/szelektiv/hasznositas.php>)

**A.,** A papírtermékek készítéséhez a begyűjtött papírt pépesítik, ezt követően pedig a papírgyártás tradicionális folyamatain keresztül félkész termékeket állítanak elő belőle. A késztermékek széles skáláját az újrapapírból készített félkésztermékekből állítják elő.

**B.,** A késztermékek előállításához a begyűjtött italoskartont először összedarabolják, majd a darabkákat magas hőfokon összetömörítik, az összetömörített rendkívül szilárd anyagból ún. tektántáblákat készítenek, amelyet késztermékek előállításához használnak.

#### **A papírhulladékok felhasználási területei:**

- újrapapírból hullámkarton;
- újrapapírból élvédők, papírcsövek;
- kartonbútor;
- irodai papírok, borítékok

#### **Italos karton**

A papírhulladékok hasznosítása között különleges helyet foglal el az italos karton. A többrétegű italos-kartondoboz úgynevezett társított csomagolóanyag, hiszen háromféle anyagtypusból készül. Alkotóelemei: legalább 75 %-ban papír, továbbá műanyag (polietilén) és alumíniumfólia. Az italos kartondobozok alapanyaga:

- aszeptikus italos dobozok (UHT):  
1 literes doboz súlya 28 gramm, (75 % papír, 20 % PE, 5 % Al);
- nem aszeptikus italos dobozok:  
1 literes doboz súlya 29 gramm, (91 % papír, 9 % PE).

#### **Az italos karton csomagolás előnyei:**

- a karton biztosítja a szilárdságot és megakadályozza a fénysugarak átjutását;
- a polietilén óv a nedvességtől és elválasztja az élelmiszert a kartontól és az alumíniumtól;
- az alumínium megóvja a terméket az oxigéntől.

### ***Az italos karton csomagolás hátrányai:***

- az italos karton gyártása, újrafeldolgozása, -hasznosítása nagyon energiaigényes folyamat.

Magyarországon évente körülbelül 12 ezer tonna, vagyis 450 millió darab italos kartondoboz kerül forgalomba. Amíg 2004-ben az italoskartonok csupán 2 %-át hasznosították újra, 2012-ben már 21 % volt az újrahhasznosítási arány. Egy átlagos háztartás éves szinten körülbelül 125 italoskartont használ el. Ebből 26 darab kerül a szelektív hulladékgyűjtőbe. Ez az uniós érték kétharmada, ám egyes tagállamokhoz képest 50 %-os lemaradásról is beszélhetünk.

### ***Hasznosítás***

A begyűjtött tégladobozoknak két útja van hazánkban. Az első verzió azokkal a dobozokkal történik meg, melyek nem a papír hulladékkal együtt kerülnek begyűjtésre. Ezek a dobozok (italos kartonok) két, erre specializált technológiával működő külföldi papírgyárba kerülnek elszállításra. Ott a pépesítő tartály kései feldarabolják a dobozokat, majd a vízben ázó kartonból pép képződik, miközben a műanyag- és alumíniumréteg leválik a rostokról. Egy szűrőhenger segítségével választják el a papírpépet, amelyből hagyományos eljárással újrapapír készül. A maradék anyagok égetőművekben vagy cementgyárakban energetikailag hasznosíthatók. Létezik olyan eljárás is, amelynek során a dobozokból felaprításuk után meleg préseléssel a bútorgyártásban vagy szigetelőanyagként felhasználható táblákat gyártanak.

A második megoldás az utóbbi évek nagyobb begyűjtött mennyiségei miatt indult be. Azokon a településeken tehát, ahol papírral együtt gyűjtik az italos kartont és a Hamburger Hungária hasznosítja a papírt, ott együtt a papírral az italos kartont is hasznosítják, egyszerű papírgyártási technológiával. A 2012-es évben így megközelítőleg 1200-1500 tonna italos kartont hasznosítottak.

Az újrahhasznosított kartonokból sokfajta hasznos termék készíthető: csomagolópapír, toalett papír, konyhai törülköző, tojástartó doboz, irodai termékek, üzenő táblák, vagy éppen ipari használatra készülő kábeldobok, stb. Az italos kartonokból megmaradt műanyag és alumínium újrahhasznosított energiaforrásként kerül felhasználásra.

### ***Papír egyéb hasznosítási lehetőségei***

A hulladékpapír egyéb újrafelhasználói közé tartozik az építőipar. A hulladékpapír felhasználható szigetelő gipszrostlemez gyártásához. A gyártás során a hulladékpapírt az üzemben fésűs tépővel tenyérnagyságúra tépik és szárazon csaknem rostjaira bontják. Az alapanyagot gipsz és víz hozzáadásával jól elkeverik, préselik, majd a préselt lapokat szárítják.

A papírhulladék cellulóztartalmából fermentációs úton takarmány, tápkeverék, egyes esetekben etanol állítható elő.

A cellulózzrostok speciális kezelés után a szennyvizek olajmentesítésére is alkalmas felszívatóanyag állítható elő.

## **I.5.3. Fém**

### ***I.5.3.1. Az alapanyag jellemzői***

A fémek elsődleges alapanyagai az ásványi nyersanyagok közé tartozó érc (pl. vasérc, bauxit, rézérc). Az ércből feltárt fémek mellett azonban tetemes mennyiségű meddő (gazdaságosan kinyerhető fémeket már nem tartalmazó) kőzet is visszamarad. Egy tonna alumínium kinyeréséhez pl. négy tonna bauxitra van szükség, aminek melléktermékeként egy tonnányi – a környezetvédelmi előírásoknak megfelelő tárolást igénylő – vörösiszap is keletkezik. Az ércből redukív körülmények között a kohókban olvasztják ki nagymérvű energiafelhasználás mellett a vasat és a rézet, az alumíniumot pedig elsődlegesen a bauxitból előállított timföldből gyártják. A fémolvadékból öntvénye-

ket állítanak elő, amelyek további feldolgozása hengereléssel, sajtolással, kovácsolással, stb. történhet. A fémből előállított késztermékek sora szinte végtelen: jelentős felhasználó a gép-, a jármű-, de a csomagolóipar is. A legelterjedtebb felhasználású fém a nyersvasból ötvözőanyagokkal előállított acél, az alumínium pedig a legnagyobb ipari jelentőségű könnyűfém, mivel jó alakíthatóság és tartósság jellemzi. A fém csomagolóanyagok alumíniumból, vasból, ritkábban rézből, illetve ezek ötvözeteiből készülnek. Ma már több mint 50 %-ukat újrahasznosított alapanyagból állítják elő. A fémhulladék hasznosítás főbb adatait az I.5.6. táblázat szemlélteti.

	<b>Vas</b>	<b>Alumínium</b>
Kibocsátás (t)	41 644	17 393
Ipari/kereskedelmi (t)	48 364	6580
Lakossági (t)	880	695
Hasznosítás (t)	49 245	7275
Belföld	64 %	63 %
Külföld	36 %	37 %

**I.5.6. táblázat: 2011. évi országos adatok (vas és alumínium) (Öko-Pannon Kft.)**

### **Gyűjtés**

A fémből készült csomagolóanyagok közül az ital-, konzerv- és spraydobozok, zárócupakok gyűjtése fémhulladék-gyűjtő konténerekben történik. A használt alumínium italdobozok gyűjtésére egyre több, gyűjtőponttal rendelkező iskolában, intézményben, vendéglátóhelyen, benzinkútnál is lehetőség van. A festékekkel, egyéb vegyszerrel szennyezett fémdobozokat hulladékudvarokban vagy a veszélyes-hulladék gyűjtőakciók alkalmával adhatók le.

#### **I.5.3.2. Hasznosítás**

A háztartási hulladékokban kb. 8 %-ban vannak jelen. Célszerű a fémből készült csomagolóanyagokat két csoportban tárgyalni. Más eljárásokat alkalmaznak az alumíniumból, színesfémből és mászt a zömében vasból (acélból) készült anyagok esetében.

#### **Alumínium alapú csomagolóanyagok újrahasznosítási módszerei**

Az alumínium alapú csomagolóanyagok legnagyobb mennyiségét az italdobozok adják. E mellett a csavarzárakat és az alufóliákat lehet ide sorolni, ezek össztömegét azonban még becslés-szinten sem ismerjük. Az alumínium italdoboz a leggazdaságosabban, minőségvesztés nélkül hasznosítható csomagolóanyag.

Az összegyűjtött dobozokat összepréselik, felaprítják, az aprítékot mágnesesen szeparálják, majd első lépésben olvadáspont közelébe hevítve leégetik a szennyezést és a lakkokat, festékeket (500-600 °C, oxigén befúvatással). Ezután az anyagot felolvasztják, a további szennyeződést tartalmazó salakot az olvadékról eltávolítják és a tiszta alumíniumot tuskókba öntik. E tuskók igen értékes nyersanyagok, előállítási költségeiket ellensúlyozza, hogy az így kinyert alumínium energiaköltsége csak 5 %-a a bauxitból előállított – elsődleges – alumíniumnak.

Magyarországon Tatabányán, Ajkán, a Tata melletti Mocsán és a Heves megyei Apcon található kohók dolgozzák fel az alumínium hulladékot és különböző - pl. járműipari - késztermékeket, alkatrészeket gyártanak belőlük.

#### **Acél alapú csomagolószerek újrahasznosítása**

A vas (acél) alapú csomagolóanyagok közül legnagyobb mennyiséget, mint ónozott acéldobozt,



elsősorban a konzervipar használ. A hulladékból mágneses eljárással kiválogatott acél dobozokat tisztítás után óntalanítják (leolvasztással, elektrolízissel, alkálikus úton vagy redox módszerrel). Az így kinyert ón ugyancsak értékes alapanyag.

Lehetőség van a tisztításra és óntalanításra egy lépésben is, ekkor magas hőmérsékletű gázárral égetik, illetve olvasztják le és párologtatják el a szennyeződések és az ónréteget. A hulladékégetőből kikerülő salakból is kinyerik a vasat mágneses elválasztással. Az óntalanított acélhulladékot összepréselik, bálázzák és kohóműben hasznosítják. A fémek hasznosításának általános sémáját mutatja az I.5.3. ábra.



I.5.3. ábra: Fémek hasznosítása (www.hulladekboltermek.hu)

### I.5.3.3. A fémhulladékok kezelésére alkalmazott eljárások

A legtöbb fémhulladék az esetek nagy részében különböző fémek keveréke, ötvözet, sőt egyéb más anyagokat is tartalmaz: papír, műanyag, üveg, stb. A hasznosítás hatékonysága a minél jobb hatásfokú szétválasztáson alapul. Ehhez az I.5.7. táblázatban feltüntetett eljárások egyikét, vagy kombinációját szokták alkalmazni. Ezt sok esetben megelőzheti egy kézi válogatás, de mindenkor szükséges a hulladékok aprítása.

Az aprítógépek osztályozását, csoportosítását mutatja be az I.5.4. ábra. E berendezések egyik típusa és a kések kialakítása látható az I.5.5. és I.5.6. ábrán.

A fémek elválasztásának egyik lehetséges technológiája látható az I.5.8. ábrán. A felaprított, anyagfajtanként kiválogatott hulladékot gyakran brikettálják (I.5.7. ábra). A fémbricketáló gép alkalmas az alumínium, réz, acél és más anyagösszetételű fémgorgács brikettálására, tömörítésére. A fémbricketálásnak több előnye van: csökken a térfogat, visszaolvasztás során nincs anyagvesztés,

olvasztási idő a töredékére csökken, olvasztási folyamat során a koromképződés elenyésző, stb.

A brikettált vagy felaprított fém hulladékot ezután különböző típusú (forgódobos, aknás) kemencékben beolvasztják. Különböző szennyezéseket tartalmazó fémkeverék komplex elválasztási technológiáját mutatja be az 1.5.8. ábra.

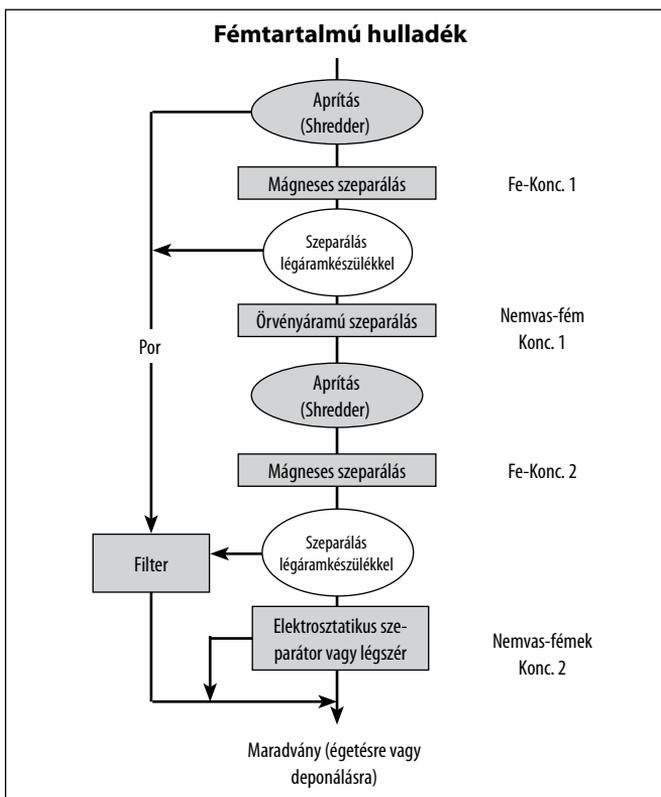
<b>Anyagtulajdonság</b>	<b>Ipari eljárások</b>
<b>Szemcseméret</b>	- szitálás - osztályozás közegárammal
<b>Alak</b>	- alakszitálás - ferdeszalagos szeparálás - ballisztikus szeparálás - közegárammal való szétválasztás
<b>Sűrűség</b>	- nehézközegben történő szeparálás - ülepítés - csatornamosás - szérelés - ballisztikus szeparálás - közegárammal való szétválasztás
<b>Elektromos vezetőképesség</b>	- elektrosztatikus szeparálás - örvényáramú szeparálás - elektromos válogatás
<b>Mágneses szuszceptibilitás</b>	- mágneses szeparálás - szétválasztás mágneses folyadékban
<b>Optikai tulajdonságok</b>	- optikai válogatás
<b>Sugárzás</b>	- radiometrikus válogatás - infravörös válogatás - röntgensugaras válogatás
<b>Alakváltozási tulajdonságok</b>	- ütköztető szeparálás - formálás (pl. hengerekkel)
<b>Szilárdsági, törésmechanikai tulajdonságok</b>	- szelektív aprítás (és osztályozás) - mállasztás (és osztályozás)
<b>Adszorpciós-adhéziós tulajdonságok</b>	- flotálás - szelektív flokkulálás - adhéziós szeparálás

*1.5.7. táblázat: Fémes hulladékok előkészítésének mechanikai szétválasztási eljárásai (Csóke, 2009)*





**I.5.7. ábra: Horizontális fémhulladék brikettáló gép** (Best Machinery Kft.)



**I.5.8. ábra: Fém tartalmú hulladékok elválasztási technológiája** (Csőke, 2011)

#### I.5.4. Fa

Fa csomagolási hulladékok alapvetően a használt raklapokból, bútorokból, ládákból származnak. Hasznosítása:

- javított raklap,
- bútorgyártás,
- faforgács gyártás,
- brikett, pellet.

Az előírt hasznosítási arányok betartása nehéz, mert ezeket a használt fatermékeket a lakosság hazaviszi és használja.

Újrahasznosító üzemek:

- Jákófa Kft.,
- Falco Zrt.,
- Mohács.

A fa hulladék-hasznosítás főbb adatait a következő I.5.8. táblázat szemlélteti.

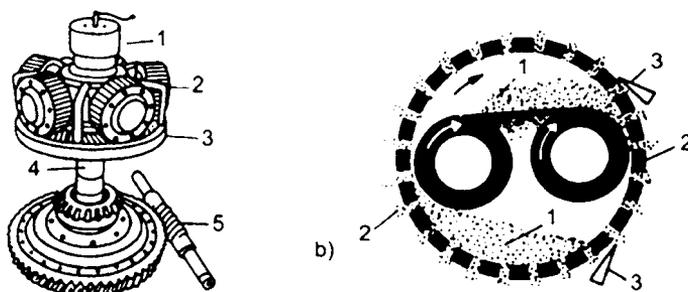
	Fa
Kibocsátás (t)	120 164
Ipari/kereskedelmi (t)	40 203
Lakossági (t)	0
Hasznosítás (t)	40 203
Belföld	100 %

I.5.8. táblázat: 2011. évi országos adatok (fa)  
(Öko-Pannon Kft.)

A fa hulladékok esetében gyakori eljárás a brikettálás és pelletálás. A brikettálás aprítással előkészített, esetenként kötőanyag hozzáadásával végzett tömörítés. A brikett készítésére a horizontális elrendezésű, ellennyomólapos vagy kéthengeres megoldású prések használatosak. Kiválasztásuk alapja a hulladék anyagi jellemzőinek (darabnagyság, összetétel, nedvességtartalom stb.) és mennyiségének, valamint a felhasználás céljának pontos ismerete.

A pellet olyan, nagy nyomáson préselt szálaz, rostos anyag, amelyet vagy saját anyaga, vagy belekevert kötőanyag tart össze. Mérete néhány millimétertől a több centiméteres átmérőjű anyagrudakig terjed. A tüzeléstechnikában használt fapellet legelterjedtebb mérete: átmérője 6 mm, hosszúsága 2-5 cm. A pellet nedvességtartalma 10 % a fa 40 %-ával szemben, ezért hatásfoka jobb a tűzifánál. A szabályozott égés miatt a károsanyag kibocsátása is alacsonyabb.

Az aprítással, osztályozással és szárítással előkészített szerves szilárd hulladék pelletálását présekhez hasonló rendszerekben végzik. A prések zöme gyűrűs matricával és egy, két, három, ill. négy présgörgővel, ritkábban síkmatricával és kúpos, vagy hengeres Koller-járatokkal van felszerelve (I.5.9. ábra). A pelletálás előfeltétele egyrészt az anyag megfelelő méretre aprítása, másrészt a szükség szerinti tisztítása és osztályozása. Ezek célja, hogy viszonylag homogén, finom szemcsés anyag-halmazt hozzanak létre a darabosításhoz. Fontos a megfelelő nedvességtartalom beállítása is.



I.5.9. ábra: Pelletálóprések elve  
(Barótfi, 2000)

- a) négygörgős matricával dolgozó prés kialakítása (ház nélkül) 1. hidraulikus görgőnyomás szabályzó;  
2. görgők; 3. főtengely; 5. csigahajtómű
- b) kétgörgős gyűrűs matricával dolgozó prés elve 1. pelletálandó anyag; 2. gyűrűs matrica présfuratokkal;  
3. vágókések

## I.5.5. Üveg

### I.5.5.1. Az alapanyag jellemzői

Az üveg homokból nagyon energiaigényes eljárással készülő amorf kristályszerkezetű, törékeny anyag, amelyet elsősorban a csomagolóanyag- és az építőiparban használnak, így mindenekelőtt a háztartási és az építőipari hulladékok közt jelenik meg. Emberi léptékkel mérve gyakorlatilag nem bomlik le a természetben. Ebből az következik, hogy újrahasználati rendszerekben érdemes használni (ld. betétdíjas üvegek). Ezért csak akkor tekinthető környezetbarát csomagolásnak, ha minél többször újratöltik, majd újrahasznosítják. Lerakókon nem bomlik le, az égetőkben nem ég el. Gyártásához (lehetőleg) tiszta kvarchomok, szóda, őrölt mészkő, márványliszt v. mészmárga, adalékanyagok, szén (kéntartalmának elégeése következtében kén-dioxid keletkezik), továbbá 20-30 %-ban üvegcserep szükséges. A hozzávalókat gépi keverés után kádakba, olvasztófazekakba öntik és megolvasztják, s ennek során szilikátok keletkeznek.

Az olvadás kb. 800-900 °C-on indul be, 1300-1550 °C-on már folyékonyvá válik. A derítés során az olvadék homogenizálódik. Derítőszerként nátrium-szulfátot, arzén-, antimon-, cérium-oxidot vagy nátrium-kloridot használnak. Ezután pihentetik az olvadékot, amíg 1200 °C-ra hűl. Fúvással, sajtolással vagy húzással munkálják meg. Fúvással öblösüveget, sajtolással üvegtányért, sörösüveget, befőttesüveget, húzással ablaküveget készítenek.

Az üveg az egyetlen olyan újra olvasztható anyag, amelyet a késztermék minőségének romlása nélkül korlátlanul újrahasználhatunk. Az üvegcserep fontos üvegyártási alapanyag: fokozza a gyártás gazdaságosságát és meggyorsítja az üvegolvasztás folyamatát. Az üvegcserepet is tartalmazó nyersanyagkeverék gyorsabban olvasztható meg, mert az üvegcserep megolvasztása nem jár vegyi folyamatokkal. A gyorsan olvadó üvegcserep aktív szerepet játszik a vele együtt beadagolt nyersanyagok (kvarchomok, dolomit, mészkő, földpát, timföldhidrát, szóda, stb.) feltárásában is. A helyesen megválasztott méretű üvegcserep alkalmazása esetén az üvegolvadék tisztulása is gyorsabban játszódik le, mert kevesebb gázzárványt tartalmaz, mint a nyersanyagok elbomlása után keletkező olvadék. Az alacsonyabb olvasztási hőmérséklet, alacsonyabb olvasztási energia-szükségletet jelent, ami egyben a kemence élettartamát is növeli. Az üveg színe az alapanyaghoz adagolt oxidok mennyiségétől és minőségétől függ. A gépi és különösen az automatikus üvegyártás már igen kis összetétel eltérésre is érzékeny, ezért rendkívül fontos az üvegösszetétel állandósága. A 2011. évi országos üveghulladék adatait mutatja az I.5.9. táblázat.

	<b>Üveg</b>
Kibocsátás (t)	104 500
Ipari/kereskedelmi (t)	35 063
Lakossági (t)	18 683
Hasznosítás (t)	53 746
Belföld	43 %
Külföld	57 %

**I.5.9. táblázat: 2011. évi országos adatok**  
(Öko-Pannon Kft.)

### I.5.5.2. Betétdíjas üvegek újrahasználat

A hulladékhasznosítás első lépése a megelőzés, ami üveg csomagolóanyagok esetében valósítható meg a leghatékonyabban. A betétdíjas üvegek többutas csomagolóanyagok, melyek környe-

zetszennyező hatásai elenyészőek az egyszerűhasználatos eldobható csomagolásokéhoz képest. Az utóbbiak életfolyamata ugyanis egyirányú: a természetből kinyert anyag, a gyártáshoz felhasznált energia stb. egyetlen használatot követően elvesz, ráadásul növeli a hulladéktömeget. A betétdíjas üveg ugyanakkor „körbe jár”, megfelelő tisztítás után többször megtölthető, így a gyártásába fektetett anyag és energia sokáig használatban marad. Az ehhez igénybe vett mosószeres víz és a nehéz palackok szállítása még mindig kisebb környezetszennyezést jelent, mint 40 „eldobható” PET-palack gyártása, szállítása, ártalmatlanítása (1 betétdíjas üveg használata kb. 40 azonos térfogatú eldobós PET-palack használatát váltja ki, hiszen az üveg kb. 40-szer tölthető újra).

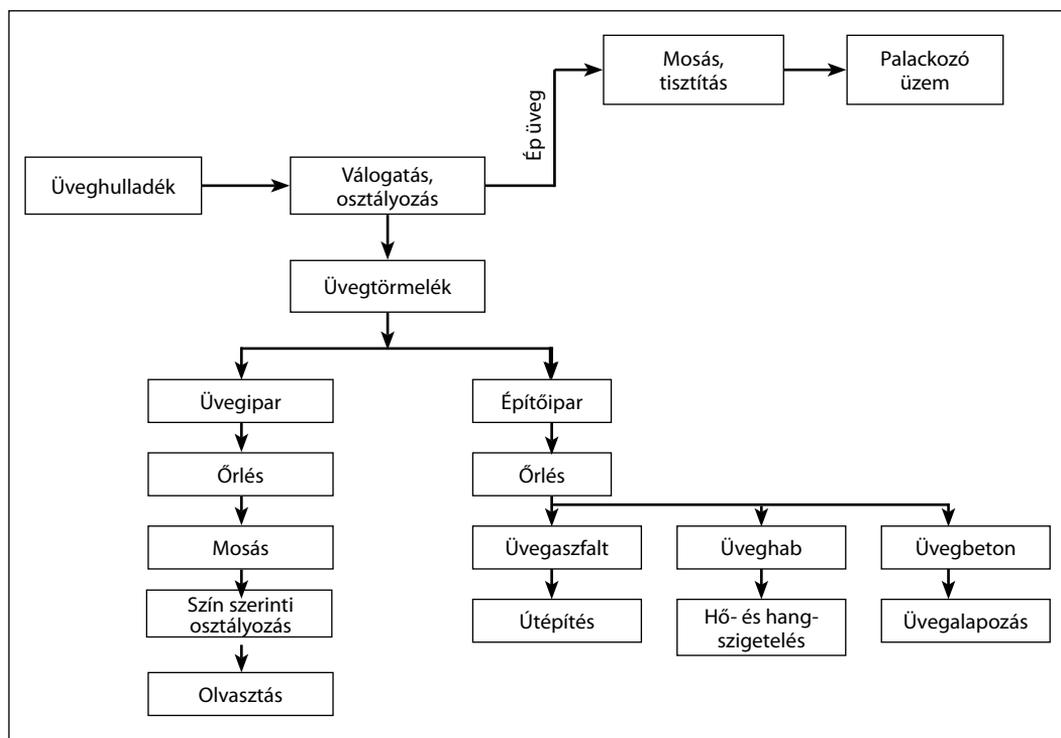
### Gyűjtés

Településenként változó, hogy a fehér és a színes (zöld, barna, stb.) üveg egy közös, vagy két külön konténerben gyűjthető. Utóbbi esetében a hasznosítási folyamat egy lépésére, a szín szerinti válogatásra elvileg már nincs szükség.

#### 1.5.5.3. Hasznosítás

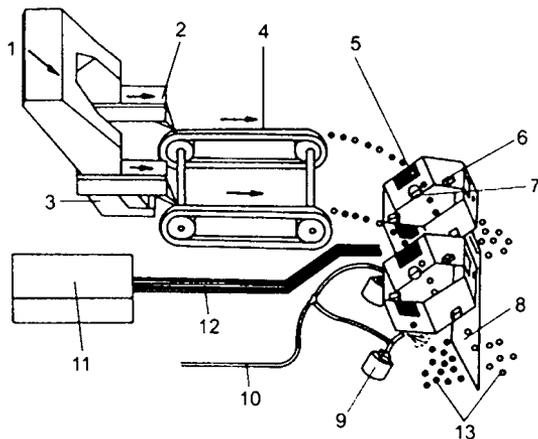
A gyűjtés során gyakran előfordul, hogy az üveg közé egyéb anyag is kerül: kő, fém, műanyag, stb. A hasznosítás előfeltétele a szennyezésektől mentes, lehető legtisztább másodnyersanyag, ezért a feldolgozandó üvegféleségek anyagfajtájuk, színösszetételük szerint szétválogatásra és mechanikai tisztításra kerülnek. Ez manuálisan és gépekkel is megvalósulhat.

A hulladéküvegek újrahhasznosítása kétirányú folyamat: visszairányítás az üvegyiparba beolvasztásra, illetve az egyéb célú hasznosítás (1.5.10. ábra).



1.5.10. ábra: Üveghulladék újrahhasznosításának lehetőségei  
(Barótfi, 2000)

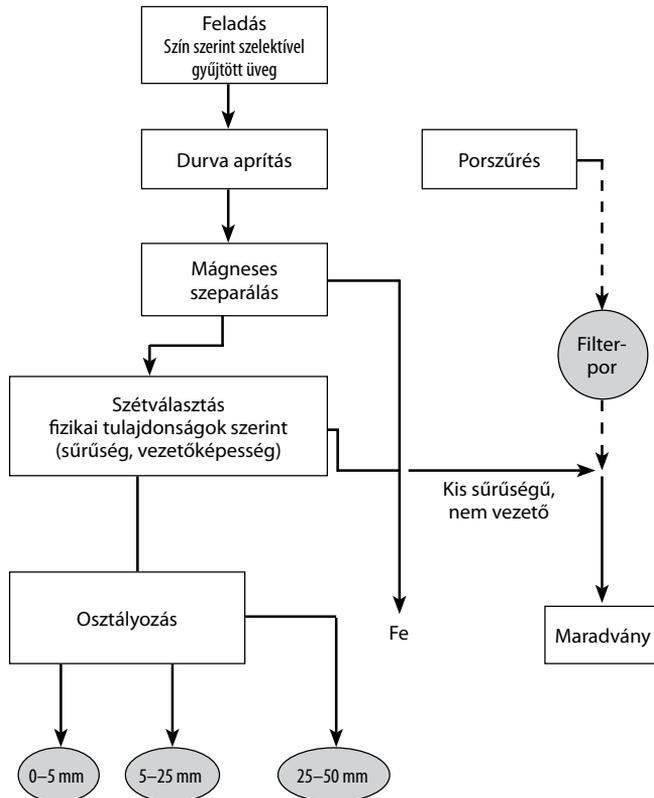
A különgyűjtött üveget tisztítás után darabokra zúzzák, majd a válogatóban mágnesezéssel el-távolítják belőle a fémdarabkákat, illetve más módon az egyéb szennyezőanyagokat. Az üvegtör-melékét méret szerint osztályozzák, a vegyesen gyűjtött hulladékot szín szerint válogatják (I.5.11. ábra). Az optikai szeparátorok három fokozatban dolgoznak: először a nem átlátszó szennyező anyagokat (kő, kerámia stb.) választják el a keveréktől, majd a fehér üveget különítik el a színestől és végül a barnát a zöld üvegtől. A tisztítást vizes mosással forgódobban végzik. Az üvegcserepet felhasználás előtt meg kell törni, erre a célra legtöbbször röpítő törőt használnak. A megfelelő, feldolgozható méret 5-30 mm. Ezt követően a vas szennyezők leválasztása történik. A mágneses szeparálás történhet szalag vagy dobszeparátorral. Az osztályozást vibrátorral végzik, a nemvas fémek leválasztása pedig örvényáramú szeparátorral, légáramkészülékkel vagy légszérrel történ-het. Az üveghulladék feldolgozásának általános sémáját az I.5.12. ábra mutatja.



**I.5.11. ábra: Elektronikus optikai szeparátor elvi vázlata** (Barótfi, 2000)

1. anyagfeladás; 2. vibrációs adagolóvályú; 3. vibrátor; 4. adagolószalag; 5. standard színű háttérlemez; 6. fotocellaegység; 7. fényforrás; 8. termékkülönítő lap; 9. sűrített levegőt szabályozó szelep szolenoiddal; 10. sűrített levegő maradék; 11. elektronikai egység (erősítő, logikai áramkör, energiaellátás, jeladó); 12. villamos vezeték; 13. szeparált termék





**I.5.12. ábra: Üveghulladék feldolgozás általános technológiai sémája**  
(Mucsi, 2011)

A zúzott üvegcserepet az üvegyárban az elsődleges nyersanyagokból olvasztott masszához adagolják. A csomagolóüveg-gyárban a folyékony üveg formázógépek segítségével nyeri el végleges alakját. Magyarországon két orosházi - egy csomagolóüveget és egy síküveget gyártó - üvegyárban folyik a fehér színű üveghulladék hasznosítása. A csomagolóüveg-hulladék csaknem felét kitevő színes üvegcserepet hazai hasznosítási kapacitás híján külföldre szállítják.

Az üvegyártásban gazdaságosan fel nem használható üvegcserepet is fel kell használni. Ennek lehetséges módjai a következők.

- 25 mm-nél nagyobb szemcseméretű hulladéküveg töret felhasználása mosható felületű betonburkoló lapok előállítására. A különböző színű vagy felületileg színezett üvegőrlemény a beton vagy épületpanelek díszítésére is használható.
- Kb. 50 %-ban 25-5 mm-es aprított üveghulladék aszfaltba történő keverésével kiváló minőségű, vízzáró és fagyálló útépitő anyag nyerhető. Az üveg egyúttal megnöveli az útburkolat súrlódási tényezőjét is.
- Hulladéküvegből és egyes kiegészítő nyersanyagok keverékéből olvasztás útján üvegyapot állítható elő, amelyből jó hő- és hangszigetelő szerkezeti elemek készíthetők.
- Az őrlött és osztályozott üvegszemcsékből speciálisan szerkesztett gázégő segítségével ún. lebegtetés elven üvegyöngy készíthető. Hasznosítható útjelző táblák fényvisszaverő felületéhez, ipari fémformák polírozó, acélszerkezetek mikro-kovácsoló anyagaként, színezék hordozóként, műanyagok töltőanyagaként, ipari vizek tisztítására.

- Az őrlött és megfelelő méretre osztályozott üvegcserep hasznosítható agyagos, márgás, homoktalajok javítására. Segíti a talajban az oxigén diffúzióját a növényekhez, valamint segítségével szabályozható a talaj vízviszatarthatása is.
- Hulladéküveg töretből (0,5-7 mm) és 5-10 % kristályosító anyag keverékéből szinterelési eljárással (préseléses formázással, hőkezeléssel) alagútkemencében táblaszerű, márvány mintázatú új építőanyag állítható elő, amely nagy szilárdságú, dörzsölésnek, időjárásnak jól ellenáll.
- 125 µm alatti üvegpor alkalmas súrolóporként, valamint víztisztító-szerként történő felhasználásra. Az üvegpor szerkezeti üregei és a víz, a zsírsavak, az olajsavak között könnyen lejátszódó ioncserek mennek végbe és létrejön egy szűrési-tisztítási folyamat.
- A <125 µm-es üvegpor agyaghoz történő adagolásával, a porcelán három főkomponensű rendszerét kétkomponensűvé tehetjük. Az így készült kerámiai termékek jól száríthatók, kis hőmérsékleten hőkezelhetők, jó zsugorodással és kedvező mechanikai tulajdonságokkal rendelkeznek.
- Habkavics. A nagy üvegtartalmú hulladékot megfelelő szemcseméretre őrlik. A szennyező anyagtartalomtól függően számított mennyiségű gázképző hulladékkal homogenizálják. Olvadáspont csökkentő és viszkozitásmódosító adalékkal együtt granulálják. A granulátumokat hőkezelik és nagy fajlagos felületű anyaggal külső burkot vonnak rá a vízfelvétel szabályozása érdekében. Szárítás után dőlt forgókemencében hőkezelik, majd hűtik. Felhasználás: (utólagos) hő- és hangszigetelő bevonatok, rétegek; lépésálló hőszigetelő elem (padlófűtéshez); közúti felüljárók felfagyás elleni védelme; könnyűbeton építőelemek; zajárnyékoló falak.
- Letisztított üvegcserep. A beérkező üvegcserepet mérlegetik, a házi szabványuk alapján minősítik, majd következik a feldolgozás. Gépsoruk, mellyel az üveget tisztítják, törik és /színre/ válogatják. A letisztított üvegcserepet minőségbizonyítvánnyal, mint termék értékesítik.

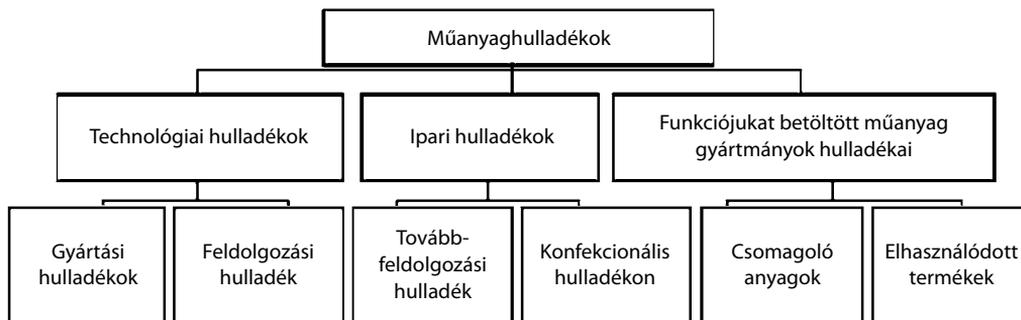
## **I.5.6. Műanyag**

### **I.5.6.1. Az alapanyag jellemzői**

A műanyagok a nagymolekulájú szintetikus és természetes vegyületek (makromolekulák) legfontosabb képviselői. A legtöbb esetben a műanyagnak csak a legfőbb alkotórésze valamely polimer, és azon kívül egyéb adalékanyagokat (stabilizátort, csúsztatóanyagot, színezőanyagot, lágyítót, töltő – és vázanyagot) tartalmaz. A műanyag kőolajból (összes kőolajmennyiség 4 %-a) készülő, adalékok hozzáadásával, mesterségesen előállított anyag. A környezetben rendkívül lassan, vagy egyáltalán nem bomlik le, égése során veszélyes anyagok szabadulnak fel.

A 60-as években kezdődött el a műanyag ipar fejlődése, mert a fogyasztói társadalom egyre inkább előtérbe helyezte a műanyagok használatát olcsósága, a kényelem és a divat irányzatainak alárendeltsége okán. A csomagolóiparban való alkalmazása hatalmas mennyiségű hulladék csomagolóanyagot eredményez.

A műanyag termékek élettartama rendkívül változó, néhány napos használattól több évtizedig terjedhet. Hulladékképződéssel számolni kell a műanyagok gyártása, feldolgozása és felhasználása során: hulladékká válnak a funkciójukat betöltött, minőségileg nem csökkent csomagolóeszközök, továbbá az elhasználdott, cserére szoruló műanyaggyártmányok, valamint a műanyag félkész termékek hőformázása, konfekcionálása során keletkező hulladékokat sem hagyhatjuk ki a sorból. A műanyag hulladékok csoportosításának egy lehetséges módját mutatja az I.5.13. ábra.



**I.5.13. ábra: Műanyag hulladékok csoportosítása**  
(Farkas, 2000)

Legfrissebb adatok szerint Magyarországon évente 1,3-1,4 milliárd PET-palack kerül forgalomba, uralva ezzel a kidobott hulladékok arányának nagy részét. Ez körül-belül 45 ezer tonna palackot jelent évente. A NAV (Nemzeti Adó-és Vámhivatal) adatai szerint 2009-ben a csomagolóanyagok kibocsátása 792 554 tonna volt, ebből a papír és karton 32 %-ot, a műanyag 24 %-ot (I.5.10. táblázat), a fa 20 %-ot és az üveg 14 %-ot tett ki.

	<b>Műanyag</b>
Kibocsátás (t)	161 543
Ipari/kereskedelmi (t)	54 167
Lakossági (t)	16 206
Hasznosítás	70 373
Belföld	100 %

**I.5.10. táblázat: 2011. évi országos adatok** (Öko-Pannon Kft.)

Jelenleg Európában az évente keletkező műanyag hulladékok 50 %-át hasznosítják, ebből 60 %-ot égetéssel energia kinyerés céljából, 40 %-ot pedig újrahasznosítással. Az újrahasznosított műanyagok döntő része mechanikai úton újrahasznosított, míg kevesebb, mint 1 %-uk kémiai úton újrahasznosított.

#### **Környezeti hatásai:**

- lebomlási ideje még nem ismert, akár évszázadokig tarthat elzárt közegben;
- égetéskor adalékanyagaiból, rákkeltő anyagok keletkeznek (légúti betegségeket okozva);
- mérgező melléktermékek keletkeznek a gyártásuk során;
- a természetben sok állat életét veszélyeztetik;
- PVC gyerekjátékokban lévő adalékok a gyermek szervezetébe is bekerülhetnek.

#### **I.5.6.2. Hulladék műanyagok kezelése, hasznosítása**

##### **Műanyag hulladékok újrafeldolgozása**

A begyűjtött műanyag palackokat (PET) a válogatóműben szín szerint szétválogatják, majd tömörítéssel bálázzák. Ezeket a bálákat elszállítják a hasznosító céghez, ahol az egynemű (homogén)

műanyag hulladékból darálékot, illetve granulátumot készítenek, amelyet újra feldolgozhatóvá tesznek (I.5.14. ábra).



I.5.14. ábra: Műanyag hasznosítása  
(www.hulladekboltermek.hu)

A műanyag hulladékok újrafeldolgozása mechanikai műveletek sorozata, ahol az egyes technológiai lépések sorrendje, továbbá a felhasznált berendezések típusa műanyag fajtánként és hulladéktípusonként változhat. A hasznosítási eljárások részben azonosak, részben műanyag-fajtánként eltérőek, de általánosságban tárgyalhatók. A mechanikai hasznosítás célja a műanyag anyagában történő hasznosítása. A mechanikai hasznosítás fő technológiai lépései: válogatás, aprítás, mosás, szortírozás, szárítás, darabosítás.

A mechanikai hasznosítás végezhető vegyesen vagy típusazonosan. Ha típusazonos hasznosítás a cél, a vegyes műanyag hulladékot feldolgozás előtt szét kell válogatni. Nagyobb műanyag hulladékok esetén a válogatás kézzel történik. A finom műanyagok szétválogatása sűrűség szerinti eljárásokkal valósítható meg. Az azonos szemcseméretű, de kémiaiailag különböző (pl.: PE, PP, PVC) műanyagokat rendszerint aprítást és mosást követően választják szét. Vegyes műanyag hulladékok szétválasztására alkalmas a flotálás.

A vegyes műanyagok szétválaszthatók még – speciális felületi kezelés után vagy anélkül – elektrosztatikus szeparálással is. Az elektrosztatikus szeparálás különböző vezetőképességű anyagok szétválasztására alkalmas, mint például az alumínium, ami nagyon jó vezető és a műanyagok, amelyek szigetelők.

Az aprítást két lépcsőben célszerű megoldani. Az első lépcső a durva aprítás, míg a második

a tisztítást, szárítást követő finomaprítás. A műanyagfajtától és a feldolgozásra kerülő tárgytól függően más-más aprító és őrlőberendezés használható. Az aprítás végezhető szárazon vagy nedvesen, szobahőmérsékleten vagy hűtve. Nagyobb méretű műanyag hulladékok aprítására alkalmas a kalapácsos törő. Alkalmazása csak rideg vagy rideggé tett műanyagok (üreges, lemezes darabok) esetén jöhet szóba, de ekkor is főként a nyíró-tépő kalapácsos törő, un. kalapácsos shredder. Kemény (duroplaszt) műanyag tárgyak aprítására a hengeres őrlőgépek használhatók. Műanyag technológiai hulladékok őrlésére a vágómalom, kemény, törékeny, ridegebb vagy hűtött műanyag szemcsék őrlésére elsősorban laboratóriumban a golyósmalom alkalmazható.

A nagy üreges, lemezes műanyag darabok durva- és középaprítására (néhány tíz-milliméterre való törésére) a forgótárcsás nyíró-aprítógép vagy vágómalom alkalmas. A vágómalmokkal néhány milliméterre (<3-5 mm-es őrléményt előállítva) is le lehet őrölni a műanyagokat.

A finomra (néhány száz mikronra, <100...300 mm) való műanyagőrlésnek két útja van:

- Normálhőmérsékletű őrlés: A hőrelágyuló műanyagok normálhőmérsékletű finom őrlésére nagy kerületi sebességű (>120...150 m/s) ütő-/ütköző malmok (un. prallmalmok) alkalmasak.
- Hűtéses (kriogén) őrlés: A műanyagokat (0,7..1,5 kg/kg sűrűségű nitrogénnel) az üvegesedési hőmérsékletükre hűtve kisebb kerületi sebességű (40...60 m/s) ütő-/ütköző malmok alkalmazásával is finomra őrölhetjük.

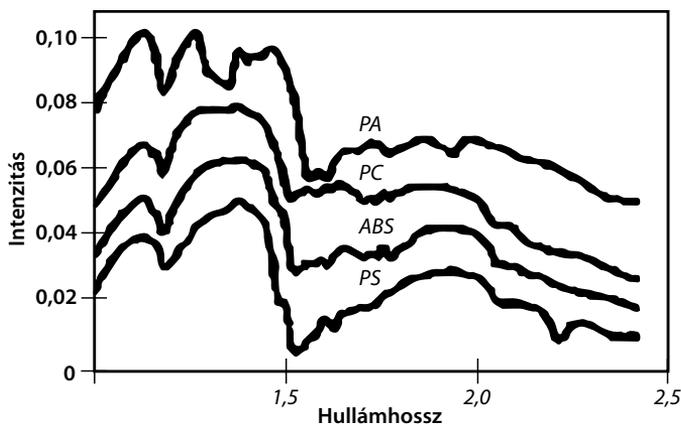
A műanyagok egymástól való szétválasztása, mint minden mechanikai szétválasztás a fizikai tulajdonságban meglévő különbségen alapszik. Ezt szemlélteti az I.5.11. táblázat.

	<b>Anyagjellemző</b>	<b>Szétválasztási eljárás</b>	<b>Szétválasztó berendezés</b>
Egyedi darabok szétválasztása	Alak Optikai sajátság (szín, fényvisszaverés, fényáteresztés) Eltérő anyagszerkezet okán eltérő spektrum	Automatikus válogatás	Videó-felvevő készülék - Optikai válogató - Infravörös kamera - Spektrométeres válogató: - infravörös - tömeg-spektrométer - röntgen-fluoreszcens
Szemcse-tömegáram szétválasztása	Szemcseméret Alak Sűrűség Elektromos (dörzsöléssel való) feltöltődés Határfelületi sajátságok	Szétválasztás légárammal Sűrűség szerinti szétválasztás Elektrosztatikus szeparálás Flotálás	Áramkészülék Nehézközegű szétválasztó (úszató) berendezés - Hidrociklon - Szortírozó centrifuga - Nedves szűrő - Magneto-hidrosztatikus csatorna v. örvénycső - Kamrás elektrosztatikus szeparátor - Flotáló cella

**I.5.11. táblázat: Műanyagok előkészítésénél alkalmazott szétválasztási eljárások (Csóke, 2011)**

A műanyagok szétválasztására a leggyakrabban alkalmazott eljárás a sűrűség szerinti szeparálás gravitációs (úszató kád) vagy centrifugális erőterben (ciklon, centrifuga). Az úszató közeg lehet alkohol (PE, PP szétválasztása), víz (PE, PP elválasztása a többi műanyagtól), kalcium-klorid ( $1,2 \text{ kg/dm}^3$  közegsűrűségig) vagy cink-klorid ( $1,5 \text{ kg/dm}^3$  közegsűrűségig) vizes oldata a többi műanyagra.

Ma már szélesebb körben alkalmazzák a NIR-válogató berendezéseket, amelyek alkalmazhatók  $15 \dots 20 \text{ mm}$  alsó szemcseméret-határig. A műanyagok a közeli infravörös tartományban (ld. I.5.15. ábrát) kémiai felépítésükre jellemző abszorpciós spektrumot adnak.



**I.5.15. ábra: Műanyagok abszorpciós közeli infravörös spektruma** (Csőke, 2011)

A NIR válogató fő részei NIR mérőfej, számítógépes vezérlés és pneumatikus kidobók, valamint szállítószalag. A gép segítségével biztonságosan elkülöníthető egymástól a PVC, a PE, a PP, a PS, a PET, az ABS, a PA és a PC. Az elérhető fajtatisztaság szétválasztás után körülbelül 96 %.

A mosás a szilárd műanyag hulladékok felületére tapadt szennyeződések eltávolítására szolgál. A mosófolyadék általában felületaktív anyag tartalmú víz, de a szennyeződés fajtájától függően lehet szerves oldószer is. Fajtaazonos műanyag hulladékok mosására egy egyszerű, keverővel ellátott, fűthető mosó duplikátor is alkalmas. Fajtaazonos, szeparáltan gyűjtött hulladékok (pl.: PET palack) folytonos üzemű, ipari célgépeken is tisztíthatók. A lebegtetőkádas mosás a műanyagok szortírozására is alkalmas. A lebegtetőkádas mosásnál jobb szétválasztási hatásokkal működnek a hidrociklonok. A hidrociklonnal történő szeparálás előtt a hulladékot átmosják mosófolyadékkal. Hatékony tisztítás és jó szétválasztás érhető el az úgynevezett frikciós mosó-szeparáló berendezésekben.

A szortírozást és mosást a víztelenítés és szárítás lépcsője követi. A műanyagok zöme nem higroszkópos, vízfelvételük csekély, emiatt a mosást követően a felületen maradt víz zöme mechanikai úton eltávolítható. A mechanikai víztelenítés legegyszerűbb módja a nedves műanyaghalmoz szűkülő görgősor közé vezetése. Hatékony víztelenítés érhető el a centrifugákkal. A műanyagdarabkák felületén adhézióval megkötött víz mechanikai úton nem, csak szárítással távolítható el. Szárításra a ciklonos szárítás, valamint a légcirkulációs szárító alagutak alkalmazhatóak.

Az aprított, mosott, szárított műanyag hulladék túl laza, nagy fajlagos térfogatú, ily módon feldolgozásra alkalmatlan, ezért tömöríteni, darabosítani kell. Ennek legegyszerűbb és legtöbbször alkalmazott módja az extrúziós granulálás.

A típusazonosra szelektált műanyag hulladék a hagyományos műanyag-feldolgozó gépekkel már feldolgozható, erre a fröccsöntés a leginkább alkalmazott eljárás (Szabó, 1974).

## **Kémiai újrahasznosítás**

A kémiai hulladékhasznosítás célja a nyersanyag előállítás, a műanyagok lebontása monomereikre, vagy legalábbis kis móltömegű, újrahasznosítható anyagokra. A kémiai hasznosítást ott célszerű alkalmazni, ahol gazdaságos, könnyen kivitelezhető, a mechanikai hasznosítás nem célravezető, illetve a hulladék fajtaazonos és tiszta. Még nem terjedt el. A legfontosabb eljárások:

- koksizálás: szénhidrogének keletkezése;
- krakkolás: szénhidrogének, nyersolaj előállítás;
- depolimerizáció: kis móltömegű anyagok keletkezése, melyeket ismét polimerizálnak;
- elektrokinetikus bontás: ipari gázok előállítása;
- hidrogénezés: telítési reakciók során különböző vegyületek keletkezése;
- átészterezés: PET, poliuretán glikolízise, hidrolízise, metanolízise.

## **Műanyag hulladékok termikus hasznosítása**

A termikus hasznosítás legrégebbi módja az égetés, melynek eredetileg egyetlen célja a hulladék ártalmatlanítása, később az energianyerés volt. Napjainkban az égetés mellett több termikus hasznosítási eljárás ismert: pirolízis, elgázosítás, kohászati hasznosítás, cementipari hasznosítás.

Égetés során a műanyag hulladékok nagy energiatartalma hasznosítható, ami egyben problémát is okozhat (PE, PP, PS nagyobb fűtőértékkel rendelkeznek, mint a kőolaj). A hőmérséklet nagyon megemelkedik, és ez károsítja a hagyományos égetőműveket.

Pirolízis oxigénszegény vagy -mentes körülmények között lezajló bomlás, melynek során első lépésben depolimerizáció, krakkolás megy végbe, majd az előző folyamatban keletkezett kisebb molekulák egymás közötti reakciója valósul meg. A hőmérséklettől és az egyéb körülményektől függően három fázis keletkezik: szilárd, folyadék és gáz, amiket energiatermelésre vagy szintézisre lehet felhasználni.

Az elgázosítás magas hőmérsékleten különböző gázosítószerkezetek (oxigén, levegő, füstgázok, víz-gőz és szén-dioxid), valamint ezek keverékei hozzáadásával történő lebontás.

Kohászati hasznosítás során a műanyagokból, mivel nagy a szén és hidrogén tartalmuk, szintézisgázt állítanak elő. A fejlődő szintézisgáz alkalmas a vasérc redukálására.

A műanyag hulladékok, gumik cementipari hasznosítása (együttégetés) egyik leggyakoribb eljárás, azonban gondot okoznak a klórtartalmú műanyagok.

### **1.5.6.3. Konkrét technológiai folyamatok bemutatása néhány példán keresztül PET-palack, PE fólia, PP mosó és feldolgozó sor (Best Machinery Kft.)**

Mivel a műanyag hulladékok gyűjtése, szállítása, tárolása során jelentős mennyiségű szennyeződés tapadhat a felületekhez, így a durva aprítást követően elengedhetetlen egy többfázisú vizes-mosószeres kezelés. A dörzsoszó, majd az áztató kádak segítségével a szennyeződések, címkek 100 %-a leválasztásra kerül. A mosófolyadék a tisztítást követően visszavezethető a rendszerbe, így minimálisan csökkenthető a szennyvíz/hulladék mennyisége.

A tisztítási fázist követően a már megtisztított műanyag durva apríték formájában a szárító egységbe jut, ahonnan a víztelenítés után az anyag egy puffertartályba kerül kitarolásra.

A következő – nagyobb – technológiai elem a granuláló sor, amelynek részegységei a megfelelő aprítást és a teljes víztelenítést követően előre meghatározott műanyag granulátum előállítását végzik, ezáltal a műanyag másodnyersanyagból a műanyagiparban újra felhasználható granulátum állítható elő. Amennyiben a műanyag granulátumot élelmiszeripari csomagolóanyag előállítására kívánják felhasználni, úgy egy kiegészítő, a sterilitást biztosító biotechnológiai részegységet is be kell építeni az anyag megfelelő kórokozó-mentesítéséhez.

## **A lakossági gyűjtésből származó műanyag- és fémhulladék feldolgozásának folyamata (Fe-Group Invest Zrt)**

A begyűjtési tevékenység során a telephelyre bekerülő hulladék (hídmérlegesen történő mérést követően) szabadtéri tároló területen kerül elhelyezésre. A válogató- és előkezelő műre történő anyagfeladás egy adagoló-puffer konténerből történik, melynek folyamatos töltését egy homlokrakodó gép végzi. A válogatóműbe bekerülő alapanyag egy előválogató állomásra érkezik, ahol a nagyobb méretű kannák, ballonok és az anyagáramban lévő egyéb szennyeződések (pl. üveg- és papírhulladék) manuális úton leválasztásra kerülnek.

A következő lépésben a már előválogatott alapanyagból egy forgó mágnes segítségével a mágnesezhető fémek kerülnek kiszedésre. Az ily módon elkülönített vashulladék szakcéghez kerül értékesítésre, további hasznosítási műveletek céljára. Az előválogatott és mágnesezhető fémektől megtisztított alapanyag egy ferde felhordó szalag segítségével a fólia leválasztóra kerül, ahol a fóliahulladékok szeparálása történik. A kiszeparált fólia agglomerálásra, majd értékesítésre kerül. Az alapanyag ezután egy rázóasztalra továbbítódik, ahol az apróbb szennyeződések a rácsos rázóasztalon átesve kikerülnek az anyagáramból. Ugyancsak ez a rázóasztal segíti elő az alapanyag futószalagon történő egyenletes elosztását is.

A rázóasztalt követően a nagy részben megtisztított hulladékáram egy optikai elven működő gépi válogatásokon esik át. Az optikai válogatóművek „elke” az optikai érzékelő „vörös szem”, mely a futószalagon alatta nagy sebességgel áthaladó műanyag palack és flakon hulladékokra, valamint alumínium italos dobozokra egy fénynyalábot bocsát ki. A fény-visszaverődésekből megállapíthatja, hogy az adott hulladéknak mi a jellemző anyaga, színe. Ezt követően az optikai érzékelők mögött elhelyezkedő fúvókasor a másodperc tört része alatt, nagy (levegő) nyomással kifújja a beállított válogatási paramétereknek megfelelő anyagot a hulladékáramból. Az első optikai válogató kilövi az anyagáramból a PET típusú palackokat, így elkülönítésre kerülhet a HDPE, PE, PP anyagú flakon, illetve az alumínium italos doboz, mely további előkezelés céljával partnercégeknek kerül értékesítésre.



**1.5.16. ábra: Dörzsmosók (Best Machinery Kft.)**

A második optikai válogató alapvetően a PET palackok szín szerinti válogatást végzi el. A színválogatás a mindenkori piaci igényeknek megfelelően történik, de elmondható, hogy általánosan víztiszta, kék, zöld és tarka (sárga, barna, fekete, piros, ezüst, stb.) színekre történik. A gépi optikai válogatás után – a tökéletes minőség érdekében – kézi utóválogatást alkalmaznak. A színre válogatást követően a palackok szín szerint külön-külön darálásra kerülnek.

A folyamat következő állomásaként a mosatlan PET daralék átkerül a PET daralék mosó üzembe. A szín szerinti mosási folyamat során az anyag

először hideg vizes, majd meleg vizes mosáson esik át. Az egyes mosási fázisok között és azt követően a daralék úszatókádakon, centrifugákon, fém- és szín szeparációs berendezéseken halad keresztül (1.5.16. ábra). A mosási és válogatási technológiát követően a késztermék mosott PET daralékot big-bag zsákokba töltik. Az áru a késztermék raktárból értékesítésre, vagy további feldolgozásra kerül. A granuláló üzembe beérkező mosott PET daralék (1.5.17. ábra) először szárítóberendezésbe kerül. A megfelelő szárazsági fok után alkalmassá válik az anyag az extrudálásra. A PET megömlését extruder berendezéssel végezzük. A megömlesztett anyagot vákuum alatt tisztítják, szűrik. Visszahűtés után megtörténik a granulálás (1.5.18. ábra). Végezetül az anyag kristályosítása, majd csomagolása történik. A feldolgozó berendezés technológiai folyamatát az 1.5.20. ábra mutatja, melynek kapacitása óránként 2 tonna.





**I.5.17. ábra: Mosatlan és mosott víztiszta darálék**  
(Fe-Group Invest Zrt)

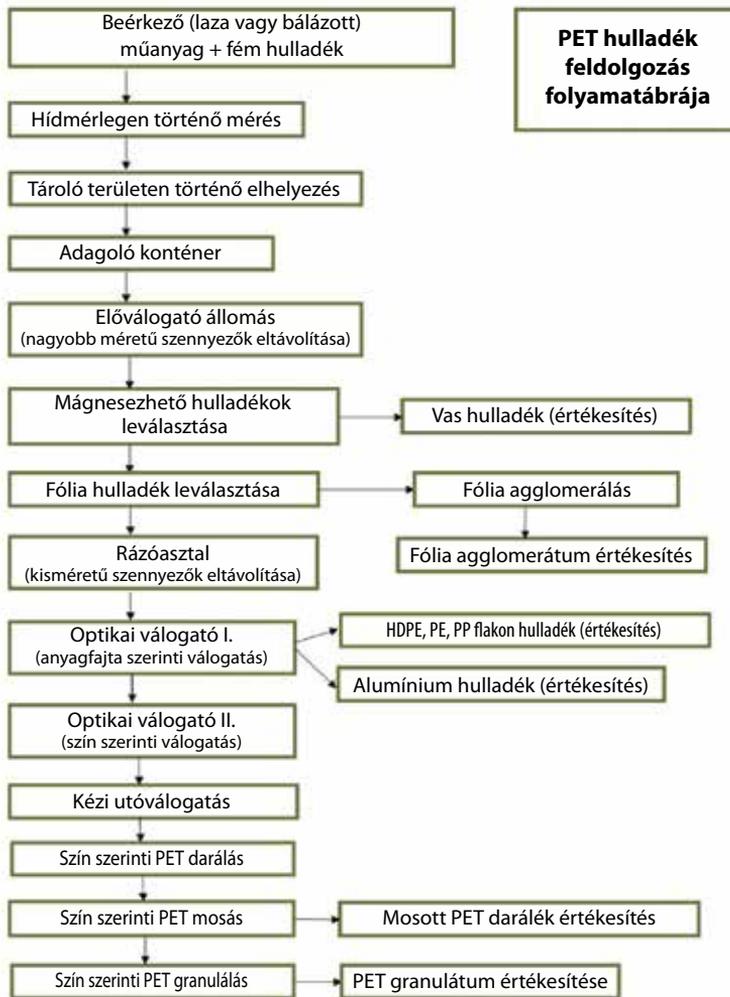


**I.5.18. ábra: Granuláló üzem** (Fe-Group Invest Zrt)

**I.5.19. ábra: Víztiszta regranulátum** (Fe-Group Invest Zrt)

**Néhány példa a különböző műanyagfélésekből előállított másodlagos termékekre**

PVC	porrá őrlés után csövek, burkolóanyagok,
PET	palackozógép-alkatrészek, pl. Hollandiában palackfelállító pófákat állítanak elő, bottle-to-bottle: palack ismételt előállítása,
Poliészter	szőnyeg stb.,
PE	agrofólia, szemeteszsák,
PS	fröccsöntött termékek, szigetelő, stb.,
PU	katalizátoros eljárással POLIOL olajszármazék, izocianáttal kemény habok,
Társított anyagok	papírost, alumínium.



**1.5.20. ábra: PET hulladék feldolgozásának folyamata**  
(Fe-Group Invest Zrt)

## 1.5.7. Gumi

A gumiipar kezdeti szakaszában az egyetlen elasztomer a természetes kaucsuk volt. A latexet kicsapás előtt felhígítják, majd szerves savak (ecetsav vagy hangyasav) adagolásával érik el az izoelektromos pontot, ahol a koaguláció bekövetkezik. A kicsapott kaucsukból a vizet kipréselik, majd átmosják. 1 tonna kaucsuk előállításakor 2,5-3 m<sup>3</sup> szennyvíz keletkezik. Azonban ezen technológia a kezdetekre volt jellemző. A mai technológiák a kőolaj bázisú polimereken alapszanak.

### 1.5.7.1. Szilárdsághordozó anyagok

#### Textíliák

Hosszú ideig gyapotszálakat használtak a gumiszerkezetek erősítésére. Ezt a későbbiekben kiszorították a viszkóz alapú műselymek, amiket a mai napig is használnak.

Az acélkordok, mint szilárdsághordozók, különösen az acélradiál bronzok megjelenése óta, jelentős szerepet töltenek be a gumiiparban. Az elemi szálak előállítása acélhuzalok húzásával, gyé-

mánt szerszámokon történő átvezetéssel, a végső átmérő beállításával történik. A meleg, majd hideg rendszerű húzáshoz nagy mennyiségű vizet használnak. A víz egyrészt a hűtést biztosítja, másrészt sztearátok hozzáadásával csúsztató hatást fejt ki a szerszámgyűrűkön átvezetett szárfelületen.

### **Itatás**

Az erősítőszálak és a gumi között megfelelő mértékű tapadás érdekében a textíliát tapadásfokozó oldatokkal impregnálják. Ma már kizárólag vizes itatást alkalmaznak, ahol leggyakrabban latexet, rezorcint és formaldehidet tartalmazó vizes oldaton vezetik keresztül a textíliát, majd szárítják és hőkezelik.

### **Töltőanyagok**

A gumitermékek nagy többségében kormot használnak töltő és erősítőanyagként. A kormot zárt rendszerben, kőolajtermékek tökéletlen elégetésével állítják elő. Veszélyt a korom rendszerből való kikerülése jelenti. Az ipari korom nem veszélyes sem az emberre, sem a természetre, levegőbe kerülve azonban nagy területeket tud beszennyezni.

### **Lágyítók**

A megfelelő tulajdonságok beállítására, valamint a feldolgozhatóság javítására a gumiba néhány százalék lágyítószert tesznek. Ennek egy része teljesen közömbös a környezetre, mint pl. a paraffinolajok, azonban elsősorban a magas aromás tartalmú olajok (pl. extrakciós olajok) rákkeltők és környezetszennyezők.

### **Vulkanizációs rendszerek vegyszerei**

A gumivulkanizáláshoz ként, különböző iniciátorokat, peroxidokat, aminokat, karbamátokat, egyéb kén és nitrogén heteroatomokat tartalmazó szénvegyületeket használnak. A keresztkötéseket létesítő kénen kívül, amelynek mennyisége 3 % alatt van, egyik sem éri el az 1 %-ot. Vulkanizálásnál ezek beépülnek a gumiba vagy lebomlanak, így részben a kis mennyiségek, részben a beépülés miatt környezeti hatásuk nem számottevő.

A gumiabroncs hulladékok tekintetében nincs megállapított Európai Unió hasznosítási kvóta (kg/fő/év), az EU joggyakorlatának megfelelően hazánkban is az ún. indirekt szabályozás érvényesül, azaz 2003. július 1. napjától tilos a használt gumiabroncsok hulladéklerakóban történő elhelyezése. 2006. július 1. után tilos lerakni a hulladékká vált gumiabroncsot, illetve az aprított, darabolt hulladék gumiabroncsot, kivéve a kerékpár-gumiabroncsot és az 1400 mm külső átmérőnél nagyobb gumiabroncsot. A környezetvédelmi termékdíjról szóló 2011. évi LXXXV. törvény (Ktdt) 3. melléklet a) pontja előírja a hulladék gumiabroncsok tárgyévben forgalomba hozott mennyiségének 75 %-ban történő gyűjtését, és a gyűjtött gumiabroncs hulladék 100 %-ban történő hasznosítását. Ráadásul a Ktdt. 16. § (3) bekezdése a hasznosítási eljárás fajtáját is szabályozza – elősegítve az anyagában történő hasznosítás minél magasabb arányát –, hiszen a termék- és anyagáramonként az energetikai hasznosítás aránya nem haladhatja meg a 25 %-ot.

A magyarországi gumiabroncs kibocsátás jellemzően 45-50 ezer tonna körül változott. A világgazdasági válság hatására – elsősorban a drasztikusan csökkenő gépjármű forgalomba helyezéseknek köszönhetően – az új abroncs forgalom mintegy 42-45 ezer tonnára redukálódott, ami értelemszerűen a hulladék mennyiségek csökkenését is okozza.

VTSZ 4011 és 4012		
Év	Kibocsátott mennyiség (t)	Gyűjtött és hasznosított mennyiség (t)
2008.	54 116	n. a.
2009.	42 612	n. a.
2010.	42 028	30 886
2011.	43 542	33 196

**I.5.12. táblázat: Kibocsátott és kezelt gumihulladék mennyiségek**  
(OHT 2014)

### **I.5.7.2. Hasznosítási lehetőségek** **Gumiabroncsok összetétele**

Anyagok:

természetes gumi	23,0 %
szintetikus gumi	24,0 %
korom	25,0 %
acélbetét	14,0 %
textil betét	4,0 %
egyéb	10,0 %
Összesen	100,0 %

Elemek:

szén	73,00 %
hidrogén	6,00 %
oxigén	4,00 %
nitrogén	1,40 %
kén	1,30 %
klór	0,07 %
cink	1,50 %
vas	13,50 %

**Újrafutózás:** a gumiabroncsok esetében e művelet tulajdonképpen az újrahasználát egyik esete, amikor az abroncs elkopó futófelületét felújítják. Általában 10-15 %-ban alkalmazzák elsősorban teherautóknál.

**Újrafeldolgozás – termékgyártás:** a termékgyártás alapanyaga a hulladék gumiabroncs kezelése során előállított gumiőrlemény, vagy gumilisztt. Az eljárások során a hulladékká vált gumiabroncsot jellemzően mechanikai darabolásnak, aprításnak, őrlésnek vetik alá, amelynek során az abroncsokból különböző szemcseméretű gumiőrleményt állítanak elő, a gumiabroncsban található acélt- és textilt elkülönítik. A granulálás lényege az, hogy az aprítást egy olyan speciális gépsor végzi, mely során fém-, textil- és ásványi anyagoktól 99,99 %-ban megtisztított különböző szemcseméretű (jellemzően 0,1-1 mm; 1-2 mm és 2-4 mm) gumi-granulátumot állítanak elő. Az aprítás történhet normál hőfokon és kishőmérsékletű vagy hidegaprítás (kriogén-aprítás) során. Főként olyan anyagok aprítására használják, amelyek a normális hőmérsékleten nem, vagy nehezen apríthatók, illetve amelyek minőségére kedvezőtlenül hat az őrlés során keletkező felmelegedés. Hidegaprítást elsősorban gumi és műanyag hulladékok feldolgozásakor alkalmazzák. Hűtőközegként folyékony szén-

dioxidot, illetve folyékony nitrogént használnak. Az így nyert őrlemény (vagy gumiliszt) számos termék, például játszótéri esésvédő gumilapok, sportpályák, vagy műfüves focipályák, istállószőnyegek alapanyagául szolgál. Az előállított alapanyagokat általában színezik és ragasztóanyaggal keverve a kívánt formába préselik.

A gumiabroncsból kinyerhető gumi mennyisége általában 60-65 %. Magyarországon, ahol az üzemeltetők jobban elkoportatják a futófelületet, 55-60 %-kal lehet számolni. A fennmaradó rész acél-, ill. textilvázas abroncs esetén 25 % textil és 10 % acél. Az őrletkénti hasznosítás aránya a világban 10-30 % között van.

**Újrafeldolgozás – műszaki alkalmazás:** a műszaki alkalmazás egyik esete az építőipari felhasználás, amikor alacsonyabb rendű utak, vagy térburkolatok alépítményeiben váltják ki a hagyományosan alkalmazott zúzott kő, vagy kavicsréteget. Az eljárás során az abroncsokat 10-30 cm-es darabokra aprítják (kezelés), majd a megfelelő rétegrendben az adott műszaki létesítmény alapozásánál használják fel. A módszer előnye, hogy az aprított gumiabroncs réteg vízáteresztő képessége, rugalmassága, fagyűrése a hagyományosan alkalmazott kő-kavics rétegnél lényegesen magasabb. Szintén a műszaki alkalmazások sorába tartozik a Magyarországon jelenleg bevezetés alatt álló finomított gumiőrlemény alkalmazása aszfaltmodifikáló szerként, ami megfelelő körülmények között bitumenekhez keverve nemcsak a gumiabroncsok környezetkímélő hasznosítását, hanem egy igen jó minőségű útépítési gumibitumen előállítását is jelenti. Az anyagában történő hasznosítás további alapesete az, amikor nem veszélyes hulladéklerakók szigetelőanyagának megtámasztására – jogszabály alapján és megfelelő hatósági engedélyek birtokában – egész hulladék gumiabroncsokat használnak fel.

### **Energetikai hasznosítás**

A gumihulladék jelenleg alkalmazott leggazdaságosabb hasznosítási módja az égetés, ez egyben a hulladék teljes megsemmisítésének egyetlen végleges megoldása is. A gumitermékek magas szénhidrogén-tartalma miatt nagy a fűtőértéke (28-32 MJ/kg), azonos vagy magasabb, mint a fosszilis tüzelőanyagoké, és ez alkalmassá teszi arra, hogy tüzelőanyagként kerüljön felhasználásra.

Az emisszió sem okoz nagyobb problémát, mint pl. a szén elégetése esetén. Amíg az őrletgyártásnak igen nagy az energiaigénye, ill. az energiaköltsége, addig az energetikai hasznosításnál külső energia befektetése nélkül a gumi fűtőértéke hasznosul, azaz energiát nyerünk (1.5.13. táblázat).

<b>Összetevő</b>	<b>Tömegszázalék</b>
Szén	70-77
Hidrogén	7-7,5
Kén	1,3-1,7
Oxigén	5
Nitrogén	1,5
Cink	1,1-2,1
Vas	5-15
Egyéb	5

**1.5.13. táblázat: Átlagos gumiabroncs elemi (vegyi) összetétele**  
(Csöke, 2011)

Az energetikai hasznosításnak három típusát alkalmazzák:

- cementipari klinkerégetőben történő hasznosítás,
- tüzelőberendezésekben történő égetés (gőz vagy villamosenergia előállítás),
- pirolízis: gáz, olaj tüzelőanyag, korom egyéb hasznosítás.

Gyakori módszer a cementkemencékben történő égetése, a tüzelőanyag-igény 10-20 %-át lehet helyettesíteni vele. Az eljárás során az abroncsok maradéktalanul elégnak, az acél és a kén pedig megkötődik a nyerscementben. Az acélra, mint adalékanyagra egyébként is szükség van a cementgyártásnál. Az égés során további kezelést igénylő maradékok nem keletkeznek.

### **Pirolízis**

Az eljárás során az aprított gumiabroncs hulladék magas hőmérsékleten hevítve pirokocszra, gázfrakcióra, valamint piro-olajra és a vázszerkezetét alkotó acélszalakra bomlik.

### **Hasznosítás útépitésnél**

Az évi aszfaltszükséglet az évente képződő abroncshulladéknak a tízszerese. Az aszfalt is újrahasznosítható. Gumi és üvegőrlemény adagolása hozzá csökkenti a költségeket, javítja a minőséget. Növeli a rugalmasságát, a hőmérséklettel és a terheléssel szembeni tűrőképességét.

### **Zajcsökkentés**

Gumihulladékhoz kis mennyiségű vulkanizálatlan vagy gyengébb minőségű gumit kevernek és lapokká hengerlik. Ha a gumilapba fémhálót helyeznek, jól hajlítható, korrózióálló és kis hővezetőképességű lemezeket kapnak, amit gépek, berendezések felületére helyeznek.

### **Hasznosítás töltőanyagként**

A gumiőrlemény szemcseméretétől függően aszfaltba, gumiköpenybe dolgozzák be. A durva őrleményt játszóterek, parkok építésénél alkalmazzák. Töltőanyagként finom szemcseméretűre granulálva alkalmazható új gumitermékekben. Minél finomabb a szemcse mérete, annál nagyobb mennyiségben adagolható a tiszta nyersanyaghoz a végtermék tulajdonságainak a romlása nélkül.

### **Töltések, gátak készítése**

Az őrölt gumival alapozott és alátámasztott falnak a stabilitása nagyobb, mint homokkal való feltöltés esetén. Ugyanakkor az őrölt gumi használatával az anyagköltség 81-85 %-a is megtakarítható.

### **Devulkanizálás**

Az őrölt anyag devulkanizációjával kapott anyag bekeverése a tiszta nyersanyagba. Ebben az esetben a devulkanizált termék sokkal nagyobb mennyiségben keverhető be, mint a módosított vagy a felszínén módosított őrlemény.

## **I.5.8. Textil**

A természetes alapú textileket az ember már évezredek óta használja, ezeknek a hulladéka nem szennyezik a környezetet, mert viszonylag „hamar” lebomlanak. A mai textilek azonban sokszor tartalmaznak mesterséges anyagokat is, és mennyiségileg is jóval többet használunk belőlük, mint egykoron.

A textil alapanyaga lehet természetes növényi eredetű (pamut, len, kender, juta, stb.), természetes állati eredetű (gyapjú, hernyóselyem), ásványi eredetű (azbeszt), mesterséges szerves eredetű (regenerált, szintetikus) vagy mesterségesen szervesetlen eredetű (üvegszál). A szintetikus textil készíthető a szelektíven gyűjtött műanyag palackokból szálhúzással pl. poliészter.

### **Hazai helyzet**

A begyűjtött ruhamennyiségről pontos adat nincsen, de azt tudjuk, hogy a kukába kidobott mennyiség kb. a települési szilárd hulladék 4-5 %-át teszi ki. A begyűjtött ruháknál hatalmas volumenről lehet szó, mivel a fővárosi konténereket hetente legalább három alkalommal ürítik – vagyis

a gyűjtőkedv (leadókedv) meglehetősen élénk (I.5.14. táblázat).

	Papír és textil
Kibocsátás (t)	238 148
Ipari/kereskedelmi (t)	207 754
Lakossági (t)	20 338
Hasznosítás (t)	228 092
Belföld	100 %

**I.5.14. táblázat: 2011. évi papír és textil adatok**  
(Öko-Pannon Kft.)

A Magyar Vöröskereszt égisze alatt begyűjtött ruhákat a G.L.H. Kft. szállítja, válogatja és értékesíti. A „középmezőny” kerül a rászorulókhhoz, a leggyengébb színvonalú maradékból pedig géprongy lesz. Mindkét szisztéma közös jellemzője, hogy az újrahasznosítás és az újrahasználat gyakorlatilag teljes körű, azaz hulladék nem keletkezik a folyamat során.

### I.5.9. Elektronikai hulladékok

A lakossági elektromos és elektronikai hulladék (e- hulladék) a legnagyobb mennyiségben a következő elektromos és elektronikai berendezésekből keletkezik:

- nagyméretű háztartási berendezések (mosógép, hűtőszekrény, ventilátor, mosogatógép);
- kisméretű háztartási berendezések (porszívó, gyorsforraló, konyhai robotgép, kávéfőző);
- IT és telekommunikációs berendezések (számítógép, nyomtató, telefonkészülék, fax, mobiltelefon);
- szórakoztató elektronikai berendezések (rádió, TV, hifi torony DVD lejátszó, házimozsi).

Vannak még további berendezés kategóriák is, így a háztartásokban található, valamennyi elektromos és elektronikai berendezés besorolható valamelyikbe (I.5.15. táblázat).

Hulladékforrás, termék	Tömegarány %
Ipari eredetű (nagyszámítógépek, ipari elektronika, műszerek, elektromos szerszámok...)	40
Lakosságtól származó	60
Lakosságtól származó	32
Háztartási kisgépek	7
TV-készülék	10
Szórakoztató elektronika (videokamera, videomagnó)	2
Információ-technika (számítógép, telefon, mobiltelefon)	8
Egyéb (pl. elektromos szerszámok)	1

**I.5.15. táblázat: Elektronikai hulladékok megoszlása hazánkban**  
(Csőke et al. 2011)

A kiterjesztett gyártói felelősség elve alapján jogszabály kötelezi az elektromos és elektronikai készülékek gyártóit, forgalmazóit a hulladékká vált elektromos és elektronikai berendezések vizsgagyűjtésére, hasznosítására, ártalmatlanítására. A lakosság térítésmentesen adhatja le hulladékká vált elektromos és elektronikai berendezéseit a hulladékgyűjtő udvarokban és az elektromos és elektronikai készülékeket forgalmazó kereskedőknél, azaz ahol vettük a készüléket, ott általában térítésmentesen át is veszik a hasonló típusú e-hulladékokat (I.5.16. táblázat).

<b>EEB-hulladékok gyűjtése 2009-2012. között (t)</b>			
<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>
46 533	40 520	35 030	40 808

**I.5.16. táblázat: EEB-hulladékok gyűjtése 2009-2012 között (tonna)**  
(2009-2010.: VM/Eurostat, 2011-2012.: OHÚ)

Magyarország határidőre, 2008-ra teljesítette a 4 kg/fő/év hulladékká vált háztartási elektromos és elektronikai berendezés gyűjtésére és annak megfelelő arányú hasznosítására vonatkozó uniós követelményt. Legkésőbb 2018-ra (derogációs cél) az EEB hulladékok gyűjtésének el kell érnie a kibocsátott mennyiség 65 %-át. Azért is fontos az e- hulladék szervezett begyűjtése a lakosságtól a fent jelzett vagy bármely más módon, mert a régi e-hulladékban gyakran előfordulhatnak olyan alkatrészek, melyek veszélyes komponenseket is tartalmazhatnak (ólom, hatértékű króm, kadmium, higany) (I.5.17. táblázat).

<b>Káros komponens</b>	<b>Hordozó (Példák)</b>
<b>Poliklórozott Bifenil (PCB)</b>	- kondenzátorok a mosógépekben - hőtűrő olajok az elektromos radiátorokban
<b>Polibromozott Difeniléter (gyulladásgátló-műanyagadalék)</b>	- TV-készülék hátfala - számítógép-ház - elektronikai építőelemek (vezetőlapok alapanyaga), - kapcsolók, kiöntőmasszák
<b>Nehézfémek, félfémek és vegyületeik</b>	- lumineszkáló anyagok - elektronikai építőelemek - felületi rétegfelhordás az építőelemeken és a házon

**I.5.17. táblázat. Elektrotechnikai és elektronikai hulladékok környezetkárosító komponensei**  
(Csőke et al. 2011)

Ma hazánk egyik legértékesebb másodnyersanyag forrása a nagy fémtartalmú hulladék: az elhasznált elektronikai hulladék, gépjármű-akkumulátorok, elemek. Ezekben nem csak nagyértékű szerkezeti anyagok vannak (alumínium, réz, vas, arany, ezüst), hanem az Európában hiányzó ritkafémek és „kritikus elemek” is, azaz platinacsoport-fémek (Pt, Pd, Ru, Rh, Os, Ir), ritkaföldfémek (Ce, Nd, Eu). Hazánkban az alapkapatások (elektronikai hulladék és roncsautó shredder-üzemek) bőséges kapacitással épültek ki, de az átvett hulladék legértékesebb szerkezeti anyagait (Fe, Cu, Pb, Zn, Pt, Au, Ag nemesfémek, ritkafémek és ritkaföldfémek) külföldi feldolgozó üzemek nyerik ki, így a feldolgozás valódi hasznát ők élvezik.



### 1.5.9.1. Elhasználdott eszközök bontási technológiája

Az e-hulladék előkezelését kézi- és gépi módszerrel végzik. A kézi előkezelés költsége a munkaigényessége miatt nagy, azonban így teljes egészében eleget tud tenni az előkezelésre vonatkozó nagyon szigorú előírásoknak. A gépi előkezeléseket az e célra alkalmas shredderekkel végzik, de van egy, a legmodernebb megoldásnak számító ún. „láncos törő”-vel működő bontóberendezés is. A gépi előkezelésnél csak abban az esetben teljesülnek a szigorú előírások, ha az e-hulladék szakszerű kézi előkezelésben is részesül, mielőtt a gépre kerül.

Az elhasználdott eszközök feldolgozása komplett rendszer, amely az alábbi műveletekből áll.

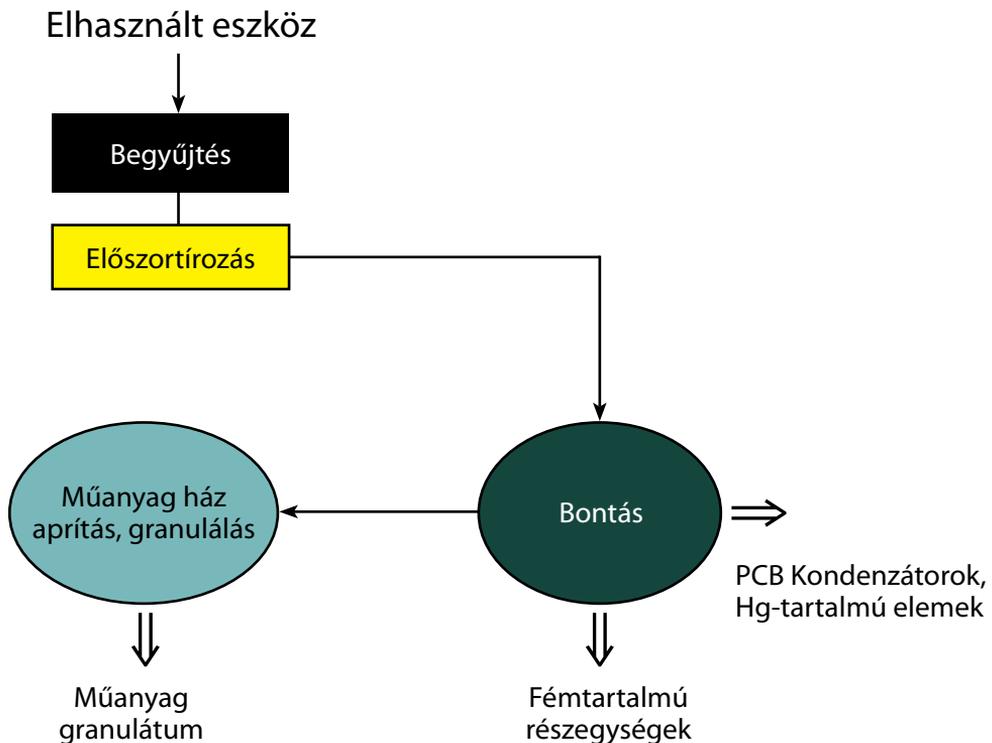
#### Begyűjtés – előválogatás

Bontás (centralizált vagy decentralizált)

A főbb részegységek és a veszélyes anyagokat hordozó építőelemek, ill. eltérő további feldolgozást igénylő részegységek, építőelemek kiserelése és elkülönítése történik.

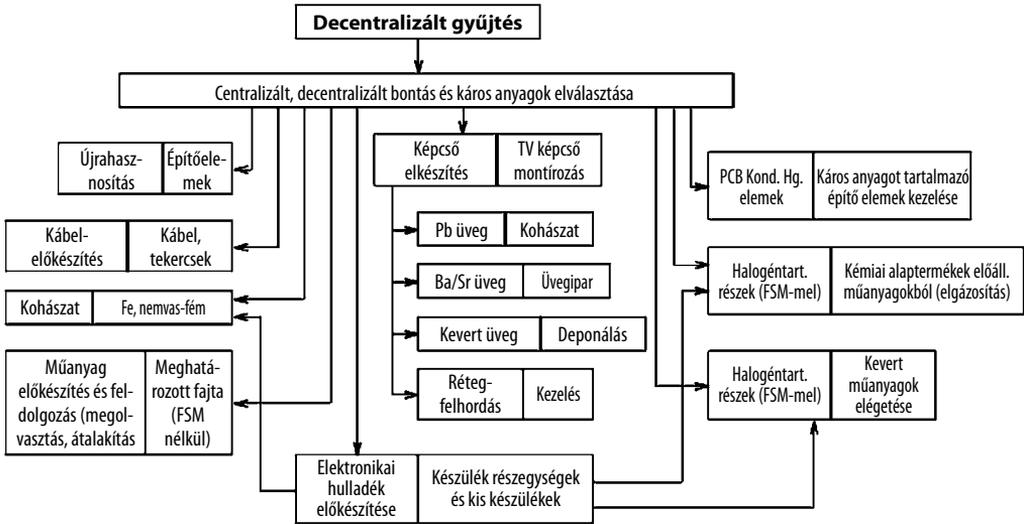
- A veszélyes anyagokat tartalmazó részegységek, (kondenzátorok, telepek), ill. a veszélyes anyagok kinyerésével (folyadékok leszivattyúzása, ld. hűtőszekrényeknél) kezdődik;
- ezt követően a nagyobb homogén részegységek kiserelése (elektronikai hulladékoknál pl. képernyő, műanyag- és fémház, és más nagyobb homogén építőelemek) történik;
- relative nagyobb elektronikai alkotórészek (fémházak, kábelek, vezetőlapok, meghajtó, transzformátor, dugasz, stb.) kiserelésével folytatódik (1.5.21. ábra).

Az így elkülönített, csoportosított anyagok további feldolgozását önálló mechanikai-előkészítési és/vagy, kohászati, kémiai, termikus eljárásokkal, technológiai folyamatokkal valósítják meg.



1.5.21. ábra: Elhasznált eszközök bontási technológiája (Csöke et al. 2011)

Egy konkrét példán, a tv-készülékek esetében mutatjuk be a feldolgozási folyamatot (I.5.22. ábra).



I.5.22. ábra: Elhasznált tv-készülék feldolgozási rendszere (Csőke et al. 2011)

### I.5.10. Gépjármű hulladékok

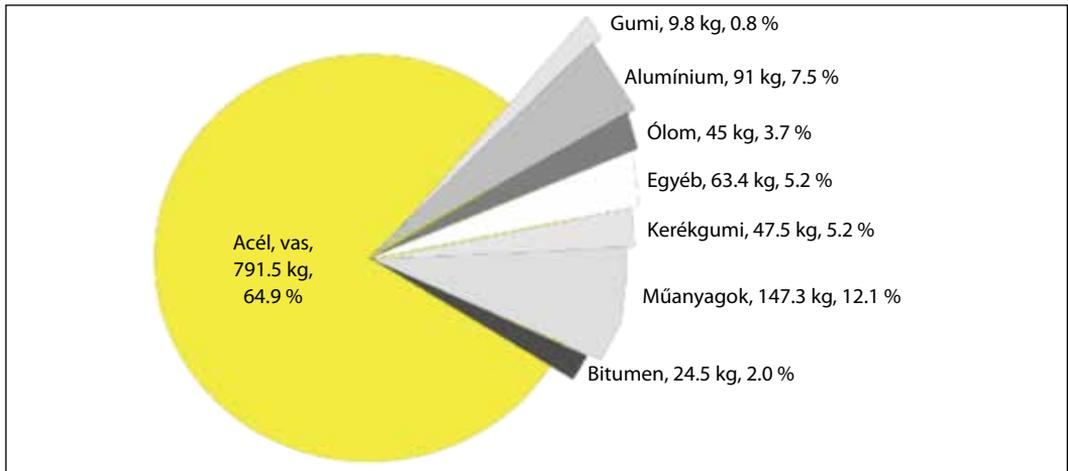
A világ autópára ma évente több mint 70 millió darab gépjárművet gyárt, ebből Európában legalább 20 millió darab autó készül. A gépjárművek legnagyobb része személyautó, amelynek átlagos aránya az összes járműállományban 73 % (Európában 85 %, amely 18 millió személykocsit jelent).

Egy átlagos gépjármű ma 5000-nél több alkatrészből és számos szerkezeti anyagból tevődik össze. A nyersanyag- és ásványi kincsek rohamos kiaknázása, az egyre erősebben érvényesülő – és az elfogyasztott jármű-tüzelőanyagok mennyiségével szorosan összefüggő – környezetszennyezés növekedésének hatására az autópárban is fokozatosan teret nyert a takarékosabb, kisebb motorokkal szerelt, gazdaságosabban működtethető járművek új generációja, amelyet leginkább a könnyűépítési elv érvényesítésével érnek el a gyártók.

Ez azonban a hagyományos vas- és acélananyagokkal szemben a könnyűfémek és a környezetvédelmi szempontból nehezebben újrahasznosítható műanyagok fokozott alkalmazásával jár együtt, amely viszont az égetői, hulladéklerakói oldalon okoz újabb nehézségeket.

A személygépkocsikat ma az adott ország életszínvonalától függően 5-6 évtől akár 18-20 évig is használják, ezt követi ronccsá válásuk, amikor az autó hulladékként jelenik meg. Elhasználódása után egy átlagos roncsautó nagyjából 1000 kg-nyi szerkezeti anyag komplexumot alkot, amelyből közel 70 %-nyi fém, 15-20 %-nyi szerves anyag (műanyag- és gumi alkatrész), valamint 10 % körüli egyéb szerves anyag (üveg, textil, stb.) kerül ki, amelyeket a lehető legnagyobb mértékben vissza kell forgatni a szerkezeti anyagok körfolyamatába (I.5.23. ábra)! A nem szakszerű roncsautó-kezelés során elsődlegesen a járművek üzemanyagai (olajok, hűtőfolyadékok és közegek, fékfolyadékok, akkumulátorsavak és fagyálló ablakmosó folyadékok) kerülhetnek a környezetünkbe, szennyezhetik be élővizeinket, a talajt.

Magyarországon az évente képződő roncsautók száma 2020-re állandósul, mintegy 100-120 ezer gépjármű/év mennyiségre. A jelenlegi 60-80 ezres vélelmezett darabszámból kiindulva, évről évre kis növekedést mutatva fog közelíteni a középtávú becsült mennyiséghez. Hasznosítás terén 2015-ben 95 %-os hasznosítási arányszám teljesítése volt a cél.



**I.5.23. ábra: Az autó szerkezeti anyagai**  
(Csőke és Nagy, 2011)

#### **I.5.10.1. Roncsautók kezelése, hasznosítása**

A roncsautók szakszerű kezelése akkor biztosítható, ha azok a regisztrált autóbontókhoz, hulladékkezelőkhöz kerülnek. Ezek a szereplők megfelelően elvégzik az üzemanyagok eltávolítását, elkülönített kezelését.

Hasznosítás terén 2015-ben 95 %-os hasznosítási arányszám teljesítése volt a cél. A hasznosítás terén a legfontosabb követelmény, hogy a felépítő anyagok (fémek fajtánként, műanyagok fajtánként, papír, textil, üveg stb.) fajtatisztán egymástól elkülönítve álljanak rendelkezésre a feldolgozásra, felhasználásra.

Az egyes komponensek szétválasztása három módon lehetséges:

- 1 - szelektív bontás, anyagfajtákra való szétszerelés (bontó asztalon, vagy szalagon manuálisan),
- 2 - aprítás után történő szelektív gépi szétválasztás,
- 3 - kombinált eljárás, bontás és gépi szétválasztás egyidejű vagy egymást követő alkalmazása (részegységenként történő szétbontás).

A szétválasztás általában a következő lépésekből áll: aprítás, szemcseméret szerint osztályozás, mosásos tisztítás, granulálás, tömörítés, bálázás, brikettálás.

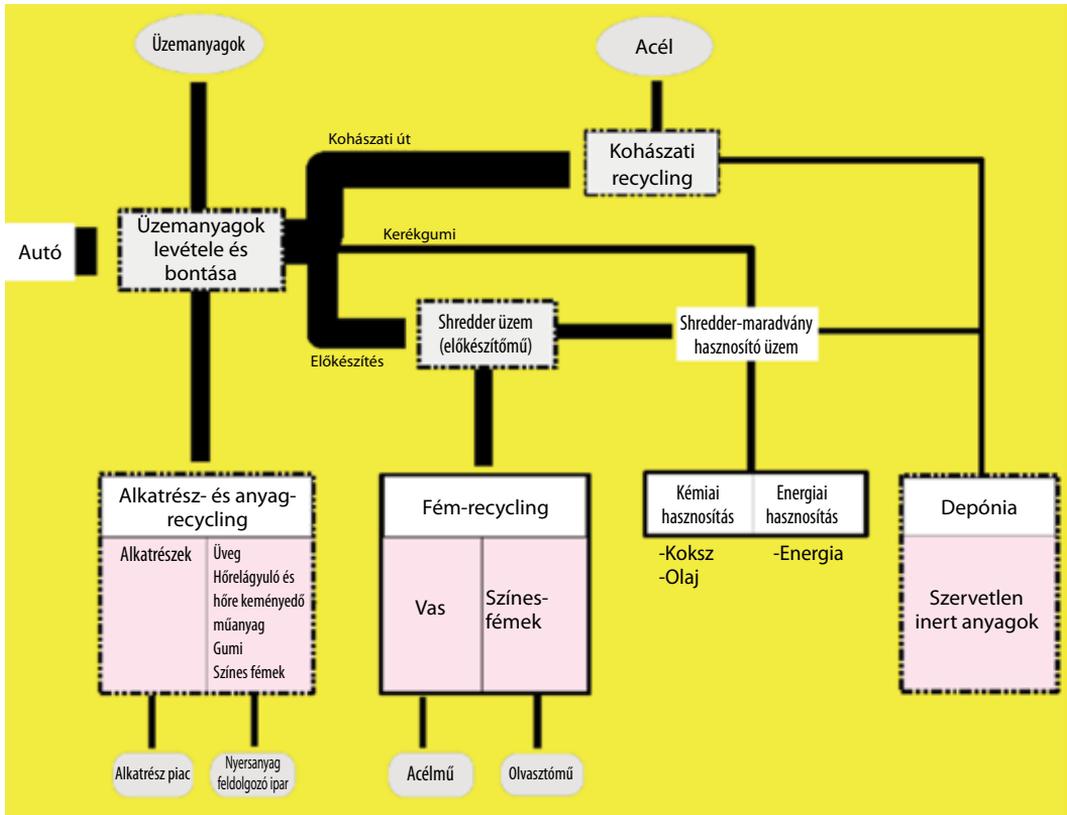
#### **Az előkészítés technológiája az alábbi főbb folyamatokat foglalja magába:**

- szétválasztást megelőző aprítás: (kalapácsos shredderrel < 60...100 mm/re) és - mágneses szeparálás;
- méret szerinti osztályozás (dobszitával);
- száraz vagy nedves eljárással 3 sűrűségfrakció:
  - < 2 kg/dm<sup>3</sup>: műanyag, gumi, fa, kátrány,
  - 2-3 kg/dm<sup>3</sup>: üveg, alumínium,
  - > 3 kg/dm<sup>3</sup>: nehézfémek)előállítás;
- a középső sűrűség-frakcióból elektromos úton történő (örvényáramú, vagy elektrosztatikus) alumínium-kinyerés.

A bontást követően megmaradt, közvetlenül nem értékesíthető részt rendszerint mechanikai eljárásokkal ún.shredder-üzemekben készítik elő. A fő cél, hogy fajtatiszta terméket kapjanak, és lehetőleg ne keletkezzenek olyan átmeneti termékek, melyeket máshol kell tovább tisztítani,

kezelni vagy lerakni és ott környezetszennyezést okozzanak.

A legnagyobb gondot a megmaradó vegyes hulladék okozza, hiszen a kevert műanyag-, gumi- és üvegmaradékokat nehéz bármire is használni. Ez egy autónál átlagosan negyedtonnányi hulladékot jelent. Az autók bontási folyamatait mutatja be az I.5.24. ábra.



I.5.24. ábra: Autók hasznosítási folyamata (Csöke és Nagy, 2011)

Az országban jelenleg működő három engedéllyel rendelkező shredderüzem egy műszakban mérhető feldolgozási kapacitása még az optimális, évek múlva feltételezett roncsok mennyiségének is több mint kétszeresét (több mint 300 000 tonnát) képes feldolgozni.

### I.5.11. Építési-bontási hulladékok

Építési-bontási hulladék az építmények építőipari kivitelezése során keletkező kitermelt talaj, betontörmelék, aszfalttörmelék, fahulladék, fémhulladék, műanyag hulladék, vegyes építési és bontási hulladék, valamint az ásványi eredetű építőanyag-hulladék. Összetételük a keletkezésükre utal (I.5.18. táblázat).

Az építési-bontási hulladékoknak még mindig jelentős része kerül települési hulladéklerakóra. Részben indokolt, hogy a lerakási technológiák (állékonyság, technológiai utak biztosítása) igénylik az ilyen típusú hulladékok lerakását, de gyakran a rövidebb szállítási távolság miatt kerül lerakásra.

Az építési-bontási hulladék hasznosításával kapcsolatban alapvetően két eset különböztethető meg. Az egyik esetben a hulladék a képződés helyén kerül felhasználásra, a másik esetben kikerül az építési tevékenység területéről és a kezelési folyamat végén válik termékké a hasznosított hulladék (I.5.19. táblázat).

Megnevezés	Összetételi jellemzők
<b>Kitermelt föld</b>	Építési munkáknál keletkező természetes ásványi anyagokból álló maradékanyagok, melyek nem tartalmaznak hátrányosan változó laza és kemény követ.
	Résarányuk az építési hulladékok között a legnagyobb.
<b>Építési törmelék</b>	Az építmények részleges, vagy teljes elbontásakor keletkező szilárd anyagok, melyek alkotórészei főként ásványi eredetűek, továbbá a magas- és mélyépítésben alkalmazott építőanyagok.
	Összetételük az építés módja, kora és az építmény rendeltetése szerint erősen változó.
<b>Útbontási törmelék</b>	Közlekedési felületeken végzett építési, bontási tevékenységnél keletkező maradékanyagok, melyek szilárd ásványi anyagokból állnak.
	Összetevőik lehetnek hidraulikus kötőanyagú beton, bitumenkötésű anyagok, aszfaltok, burkoló és szegélykövek.
<b>Kevert építési és bontási hulladékok</b>	Minden olyan hulladék, amely az építés, épület felújítás különböző tevékenységei során képződik, és anyagát tekintve keverten képződik
	Összetevői nagy részét könnyű anyagok (főként papír, karton, fólia, csomagolóanyagok, fa- és műanyag hulladékok, gyakorta festékmaradványok, estenként azbeszt szigetelőanyagok) ásványi eredetű vegyes törmelékkel keverve. Rendszerint a szilárd kommunális hulladékkal együtt kezelik, leggyakoribb gyűjtési szállítási módja a konténeres megoldás.

**I.5.18. táblázat: Jellemző építési-bontási hulladékok**  
(OHT 2014)

Feldolgozott hulladék	Forrás	Újrahasznosított termékek	Alkalmazási lehetőségek
<b>Betontörmelék</b>	utak, hidak, ipari létesítmények	aprított betontörmelék	Kötés nélküli útlapok, alacsonyabb rendű út-lapok. Cementkötésű útlapok. Mezőgazdasági utak, adalékanyag beton előállításához, töltőanyag, vízelvezető rétegek.

Feldolgozott hulladék	Forrás	Újrahasznosított termékek	Alkalmazási lehetőségek
<b>Aszfalttörmelék</b>	utak	aprított aszfalttörmelék	Kötőanyag nélküli felső útalap, alsó útalap. Kötőanyaggal ellátott útalap. Mezőgazdasági utak. Adalékanyag aszfalt előállításához.
<b>Aszfalt és betontörmelék</b>	utak, hidak, közterületek, térburkolatok	aprított keverék: beton, aszfalt, természetes kövek	Kötőanyag nélküli felső útalap, kötőanyaggal ellátott felső útalap, mezőgazdasági utak.
<b>Építési törmelék</b>	építmények, ipari létesítmények	építési homok, építési apríték (téglatartalom 25 %-nál kevesebb)	Stabilizált feltöltések és alapozások. Sportpályák alapozásai.
<b>Téglatörmelék</b>	házak, építmények	építési homok, építési apríték (téglatartalom 25 % felett)	Adalékanyag falazóblokkok előállításához. Beton és könnyűbeton adalékanyag. Stabilizálások. Töltés, alapozás. Padlóburkolatok.
<b>Kevert ásványi eredetű építési törmelék</b>	építmények, házak, ipari létesítmények	ásványi építési zúzalék	Feltöltések, alapozások, sportpályák alsó rétegén, vízelvezetések.

**I.5.19. táblázat: Hasznosított építési- bontási hulladékok (OHT 2014)**

### **I.5.12. Veszélyes hulladékok: olaj-, elem-, illetve akkumulátor-, gyógyszer hulladékok stb.**

A veszélyes hulladékok az élővilágra, az emberre, a környezeti elemekre közvetlenül vagy potenciálisan fokozott veszélyt jelentenek. Ide tartoznak a mérgező, fertőző hatású anyagok, a tűz- és robbanásveszélyes, a mutagén (mutációt okozó), a karcinogén (rákkeltő), a teratogén (fejlődési rendellenességet kiváltó), az irritáló, a maró, stb. anyagok. Néhány konkrét példa: száraz elemek, akkumulátorok, fáradt olaj, vegyszerek és azok csomagolásai, elhasznált kórházi kellékek, lúgok, savak, stb. Éves szinten mintegy 700-800 ezer tonna keletkezik, ami az összes hulladéknak 4,2 %-a (2001. évre vonatkoztatva). A veszélyes hulladék aránya az összes képződött hulladékhoz képest 3-5 % között változik, amely alapján sem romló, sem javuló tendencia nem rajzolódik ki. A veszélyes hulladék hasznosítási aránya hazánkban meglehetősen alacsony (I.5.20. táblázat).

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
Veszélyes hulladék mennyisége	969	1203	1367	1082	714	851	569	777
Anyagában hasznosítás	374	158	278	192	167	289	171	186
Energetikai hasznosítás	50	93	121	42	40	29	29	24
Égetés	63	44	94	57	60	62	47	79
Lerakás	101	190	771	552	215	202	64	259
Egyéb	382	718	104	238	232	269	258	229

**I.5.20. táblázat: A képződött veszélyes hulladék mennyisége és kezelése (ezer tonna), 2004-2011 (VM-HIR – NeKI Indikátor tanulmány alapján)**

Különleges kezelést igénylő (veszélyes) hulladékok elsősorban az ipari és mezőgazdasági termelés, felhasználás során keletkeznek (pl. fém sókat tartalmazó mosóvizetek, festékmaradványok, savak, lúgok, olajok, nehézfém tartalmú iszapok, növényvédőszeres, állattartási és vágóhídi hulladékok), azonban a háztartásokban is kell számolni előfordulásukkal. Ilyenek pl. a hypo, az akkumulátor, elemek, ragasztók, gyógyszerek, festékek, oldószeres stb.

### **1.5.12.1. Olajhulladékok**

Éves szinten 55-63 ezer tonna szennyezett olaj keletkezik hazánkban. Ennek jelentős részét az iparban, gépekben, járművekben alkalmazott mennyiség teszi ki. A nagy kenőanyag forgalmazó cégek kiépítették és üzemeltetik a hulladék olaj visszagyűjtő rendszerüket, jellemzően külső szállító, gyűjtő és kezelő vállalkozások bevonásával.

Hulladékgyűjtő udvarban a hulladék csak elkülönítetten gyűjthető, így a veszélyes hulladék is, amely többek között - a következő lehet: háztartási berendezés, elektronikai hulladék, szárazelem, akkumulátor, festék- és lakkmaradék, sütőzsiradék, növényvédőszer-maradék, fénycső és izzó, fáradt olaj és veszélyes anyaggal szennyezett csomagolóanyagok.

Az Európai Unió egyes tagországaiban a hasznosítás mértéke eléri a 60-70 %-át a gyűjtött olajhulladéknak. Magyarországon ez hozzávetőlegesen 50 % (forrás: VM-HIR). A jelenlegi hasznosítási gyakorlat az energetikai hasznosítást helyezi előtérbe szemben a regenerálással. Tekintve, hogy a hulladékhierarchia alapján az anyagában hasznosítás megelőzi az energetikai hasznosítást, célszerű a regenerálási folyamatok és technológiák elterjedésének előtérbe helyezése. Ehhez hozzájárul a termékdíj szabályozás is, melyben visszaigénylésre kizárólag anyagában történő hasznosítás esetén van lehetőség.

A hulladékolajok újrahasználatának lehetőségei: kenőolajként vagy fűtőolajként való hasznosítás. Mindkét esetben szükség van az előkezelésre, amely elsősorban a szennyezőanyagok eltávolításából áll, ami különböző szűrési eljárásokon alapul.

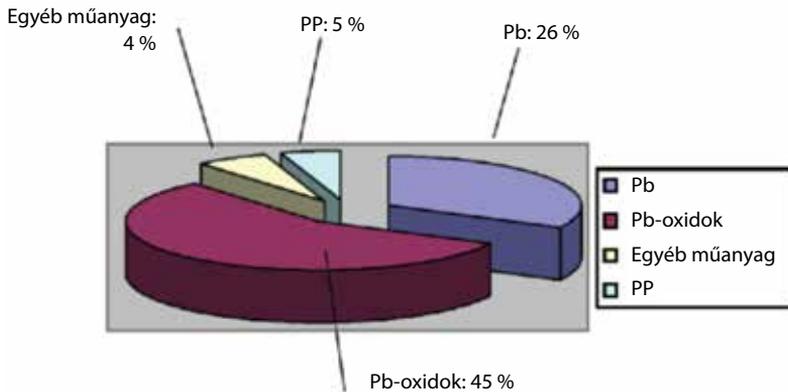
### **1.5.12.2. Elem-, illetve akkumulátorhulladék**

Elemek és akkumulátorok esetén teljes körű átvételi kötelezettség van jogszabályban előírva. 2009. július 1-től valamennyi ilyen áramforrást forgalmazó kiskereskedelmi egységben kötelező az átvétel biztosítása. A visszavett elemeket, illetve akkumulátorokat teljes egészében, de típustól függően 50-75 %-os hatékonysággal kell újrafeldolgozni. A hordozható elemek és akkumulátorok hulladéka esetében a gyűjtési kötelezettség 2012-re 25 %, míg 2016-ra 45 % (az irányelv a 2008-2016-ig terjedő időszakra határoz meg gyűjtési arányokat).

A megfelelő hazai feldolgozó kapacitás hiányában az elem- és akkumulátor hulladék hasznosítás külföldön történik: Ausztriában, Bulgáriában, Csehországban, Szlovéniában és Romániában, Svédországban, illetve Franciaországban (20-22 ezer tonna/év).

### **Motorindító akkumulátorok hasznosítása**

A fejlett ipari országokban a másodlagos ólom az ólom-szükséglet 40-60 %-át fedezi. A hazai autópark életkora, valamint a gépkocsiállomány alapján – a begyűjtés hatásfokától is függően – évi 18 000-24 000 t akkumulátor hulladék kerülhet e forrásból visszagyűjtésre, amiről elmondható, hogy a keletkező hulladék mennyisége közel 100 %. A használt savas akkumulátorok átlagos összetételét az 1.5.25. ábra szemlélteti



**1.5.25. ábra: A használt savas akkumulátorok átlagos összetétele** (Csóke, 2011)

### Technológia bemutatása

A technológia 2 fő részből áll:

előkészítés:

- anyag fogadása és feladása a rendszerre,
- előtörés és savtalanítás,
- aprítás és a szerkezeti anyagok szétválasztása (szeparálás);

kohósítás:

- olvasztás,
- finomítás és öntés (1.5.21. táblázat).

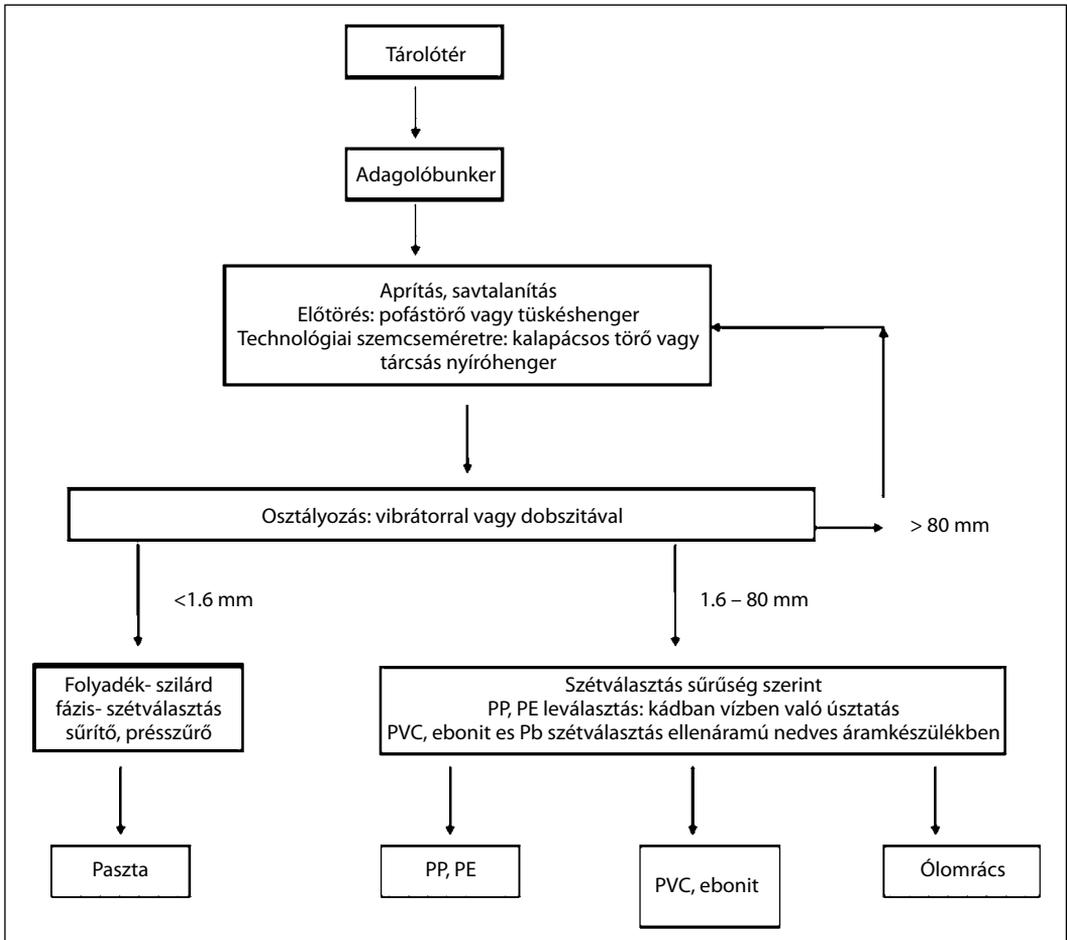
Termék	Újrahasznosítási aránya, (%)	Életciklus, (év)
Akkumulátorok	80 -90	3 - 4
• személyautó	~ 100	5 - 6
• tehergépkocsi	~ 100	5 -15
Lemez	95 – 100	100
Cső	70 -80	50
Kábelburkolás	50	40

**1.5.21. táblázat: Ólom újrahasznosítása** (Csóke, 2011)

**Előkészítés** (1.5.26. ábra): az akkuhulladék a begyűjtő járműről mélybunkerekbe kerül, ahonnan markolóval tárolóba rakják. E műveletek során az akkumulátorok széttörnek és a sav a bunker alján lévő zombból kiszivattyúzható. Ezután markolóval rezgővályúra kerül az anyag, ahol további vízpermetezés közben mágnesekkel kiválasztják a vasat a hulladékból. Ezt követően a hulladékot két fokozatban aprítják: egy tűskeshenger a dobozokat átlukasztja, hogy a maradék sav is kifolyjon, majd egy újabb (forgótárcsás, vagy kalapácsos) törőben továbbaprítják. A töretet osztályozzák: a pasztát vibrátoron leválasztják, majd sűrítik és szűrik; a durva szita-maradványt – rácsokat, pólusokat és a műanyagokat – hidro-szeparátorban vagy nehézsuszpenziós készülékben szétválasztják (1.5.27. ábra). Az elválasztásnak lényeges eleme a műanyag-hulladékból a PVC különválasztása.



**Kohósítás:** alap és tisztító olvasztásból áll. Az alapolvasztásra a paszta, a szűrőkről visszajaratott por, a finomításból származó fölözék és salak kerül. A folyamatba salakképző és redukáló anyagokat (homok, vasforgács, szóda, koks) adagolnak. A hőmérsékletet oxigénes gázégővel biztosítják. Az ólomot lecsapolják és fémkokillába öntik elszívó-ernyő alatt, majd a tömböket átszállítják a raffináláshoz. Raffinálásra (finomításra) tömbök, valamint a leválasztott rácso, ill. a darabos ólomhulladék kerül. Nem szükséges az ólom kohászatában megszokott és bonyolult, soklépéses finomítás, a réz- és az antimon-eltávolítás általában elegendő. A tisztított ólomot tömbökbe öntik. A technológiai folyamat végtermékei: kívánt összetételű ólomtömbök, melléktermékként polipropilén töret, esetlegesen kinyert ötvöző-anyagok, vashulladék hasznosításra kerülnek. A keveskedelmileg nem hasznosítható és veszélyes hulladéknak minősülő melléktermékeket lerakják.



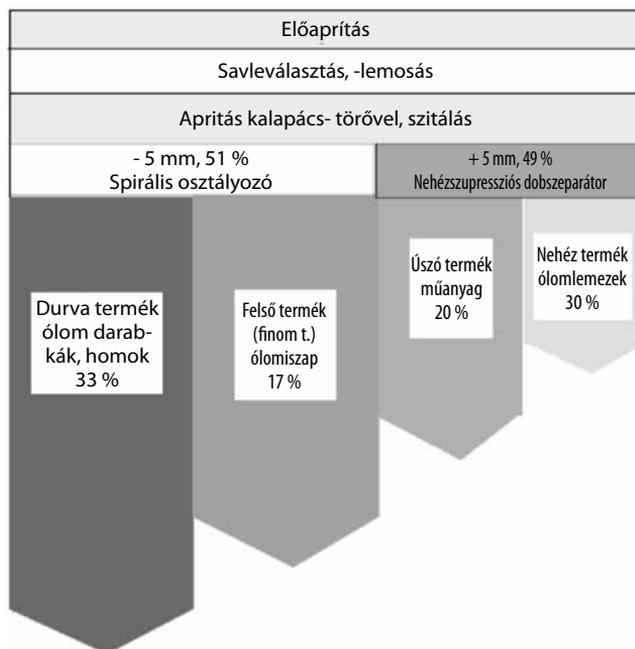
1.5.26. ábra: Ólomakkumulátorok előkészítése (Csőke, 2011)

### Elemek hasznosítása

A kisméretű elemek/telepek főbb típusai

A háztartási szárazelemek/telepek közül az egyszer használatosak (nem újratölthető elemek) főbb típusai az alábbiak.

- Cink-kloridos, amelyek felhasználása az előbbihez hasonló.



**1.5.27. ábra: Ólomakkumulátorok előkészítési technológiája** (Csőke, 2011)

- Szén-cink, amelyeket kisebb méretű és teljesítményigényű eszközökben, például elemlámpákban, órákban, borotvákban és rádiókban használnak.
- Lúgos mangán, amelyeket kazettás magnetofonokban, walkman-ekben használnak. Kevésbé hajlamos a kilyukadásra, szivárgásra, mint az előző két típus, és hosszabb az élettartama.

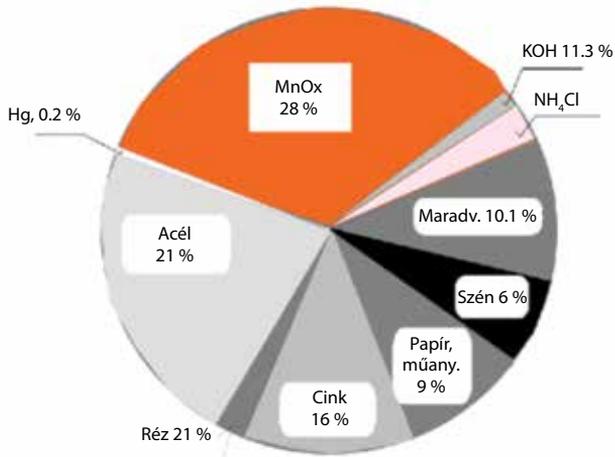
#### Gombelemek

- Higany-oxidos, ilyeneket a hallókészülékekben, pacemaker-ekben és fényképezőgépekben használnak.
- Cink-levegő, a higany-oxidos gombelemek egyik változata. Hallókészülékekben és személyhívókban alkalmazzák.
- Ezüst-oxidos: elektronikus karórákban és számológépekben használatosak.
- Lítiumos: karórákban és fényképezőgépekben használják.

A tölthető szárazelemek/telepek általános célú felhasználása a fentiekhez hasonló, kiegészítve még a nikkell-kadmios, a nikkell-fémhidrides és a lítium-ionos kicsiny akkumulátorokkal, amelyeket nagyobb teljesítményű szerszámokban, vezeték nélküli készülékekben és mobil telefonokban stb. használnak. Ez utóbbiak közül néhány.

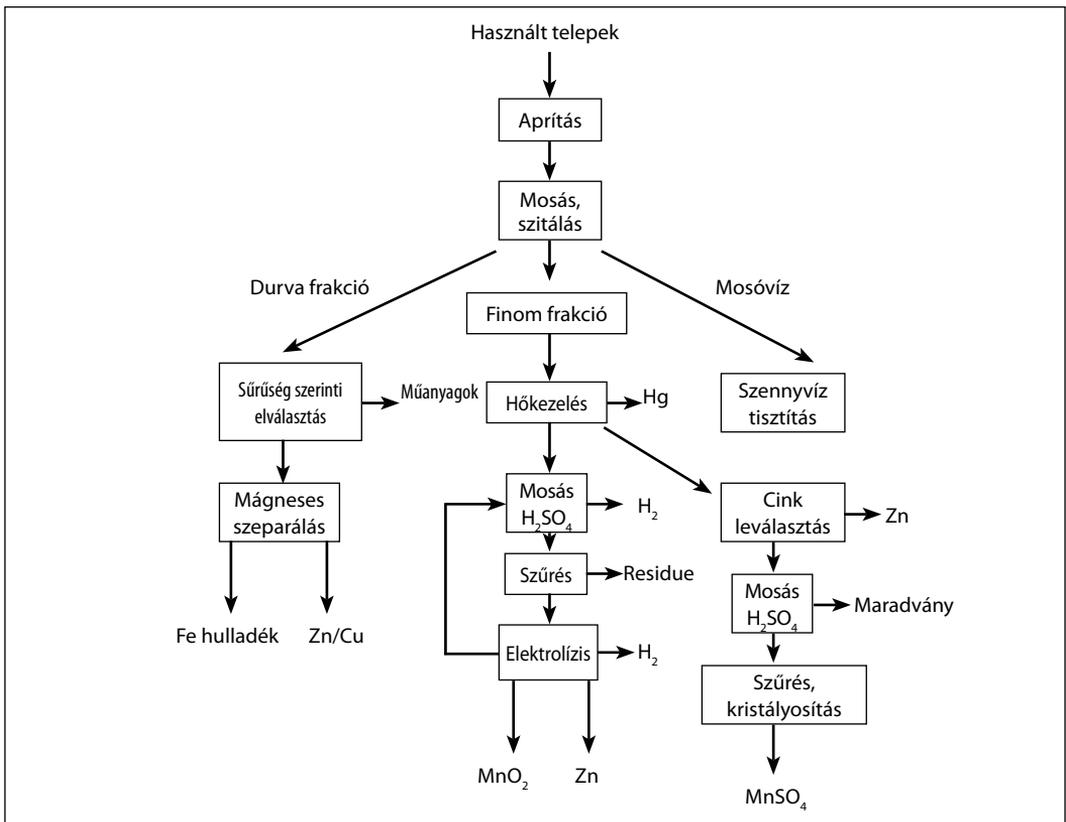
- Nikkell-kadmium (NiCd) elemek jelentették sokáig az újratölthető telepek piacának az egyik leggyorsabban növekvő típusát. Vezeték nélküli nagyteljesítményű szerszámokban, walkman-ekben, hordozható telefonokban, laptopokban, borotvákban, motorizált játékokban stb. használják, az élettartamuk pedig 4-5 év.
- Nikkell-fémhidrid (NiMH) elemek a környezetre kevésbé veszélyesek, mint a NiCd és az élettartamuk is hosszabb.
- Lítium-ion (Li-Ion) elemeknek nagyobb az energiatároló kapacitása, mint a NiCd és a NiMH elemké.

Az elemek átlagos összetételét mutatja az 1.5.28. ábra.



**I.5.28. ábra: Elemek összetétele** (Csőke, 2011)

Az elhasznált elemek feldolgozási-előkészítési technológiája rendszerint mechanikai és kémiai, valamint termikus eljárások kombinációjára épül (I.5.28. és I.5.29. ábra)



**I.5.29. ábra: Elhasznált elemek előkészítési technológiája I.** (Csőke, 2011)



szennyező anyagokat savval kioldják a maradékokból, így csökkentik, vagy szüntetik meg azok veszélyességét.

Hazánkban egyelőre az égetési technológia maradékait legtöbbször lerakással ártalmatlanítják, a beágyazás, de főleg a vitrifikálás a következő időszakra váró megoldandó feladat. Az utóbbi három évben az egészségügyben képződő hulladék mennyisége összességében csökkenő tendenciát mutat, amely leginkább a veszélyes hulladék mennyiség visszaesésének köszönhető. Jelenleg 25 000 és 28 000 tonna közé tehető az ebben a hulladkáramban képződő összes hulladékmennyiség, ebből a veszélyes hulladék hányada a legnagyobb, átlagosan a három évben 22 000 tonna körüli.

Az egészségügyi hulladékon belül a hasznosítható hányad – a hulladék jellegéből eredően – nagyon alacsony. Kivételt képez a röntgen filmek előhívása során keletkező ezüst tartalmú oldat, amelyből az ezüst gazdaságosan kinyerhető.

#### **I.5.12.4. Növényvédő-szerekből és csomagoló-eszközökből képződő hulladék**

Magyarországon jelenleg évente mintegy 1900–2000 tonna, növényvédő szerrel szennyezett csomagolóeszköz, zömében műanyag kanna (70 %), továbbá szennyezett papírzsák (20 %), társított hulladék (10 %) és minimális üveghulladék képződik. Még mindig megközelítőleg 200 tonna régi növényvédőszer-hulladék ártalmatlanításra történő átvételével lehet számolni.

A növényvédő szerrel szennyezett csomagolások esetében a gyógyszermaradványokkal szennyezett csomagoláshoz hasonlóan egyszerre követelmény az ártalmatlanítás és a minél magasabb fokú hasznosítás. Újrafeldolgozás legfeljebb a garantáltan nem szennyezett, elkülönített másodlagos vagy harmadlagos csomagolásnál, illetve az égetési maradékból elkülönített fémeknél jöhet szóba (I.5.22. táblázat). A gyűjtött szennyezett csomagolóanyag csak veszélyeshulladék-égetőkben kerülhet ártalmatlanításra/hasznosításra.

	Kibocsátás (t)			Gyűjtés (t)			Gyűjtés (%)		
	2010	2011	2012	2010	2011	2012	2010	2011	2012
Műanyag	1351	1494	1405	832	996	1080	62	67	77
Fém	81	72	74	11	10	41	14	15	55
Társított	127	126	150	70	51	35	55	46	23
Papír	339	317	377	165	240	233	49	64	62
Összesen	1898	2012	2006	1078	1297	1389	57	64	69

**I.5.22. táblázat: Növényvédő szerrel szennyezett csomagolások kezelése, 2010-2012.**  
(Cseber Nonprofit Kft.)

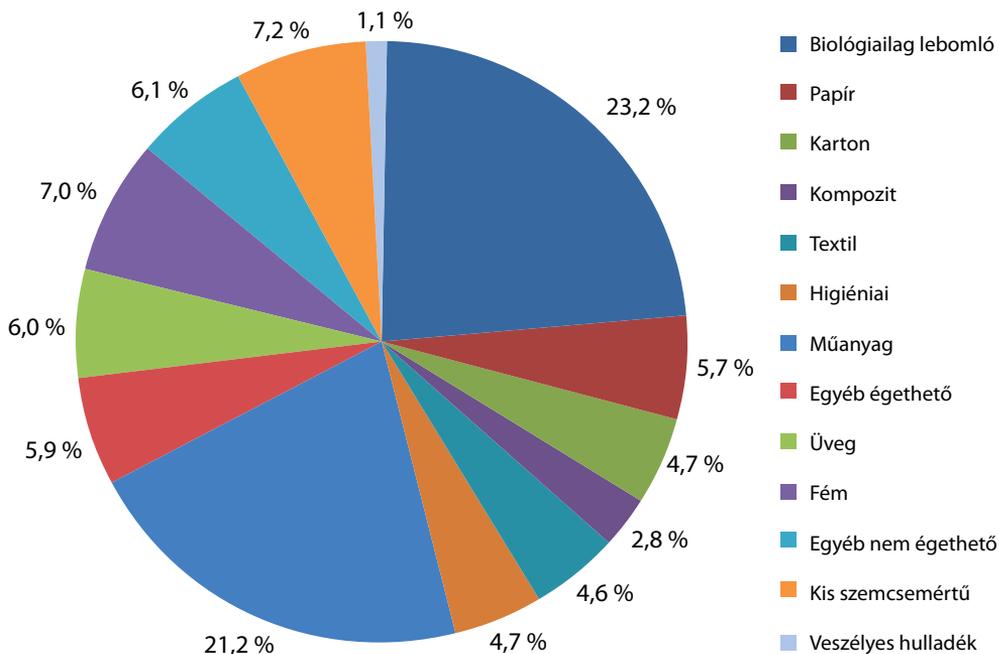
#### **I.5.13. A települési szilárd hulladékok hasznosítása**

A települési szilárd hulladékok mennyisége az elmúlt években 4 millió tonna körül mozog (I.5.23. táblázat).

Települési hulladék mennyisége (ezer tonna)	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
	4592	4646	4711	4594	4553	4312	4033	3809	3988

**I.5.23. táblázat: Települési hulladék mennyisége (tonna) 2004-2012.**  
(Forrás: VM-HIR)

A települési hulladék mintegy 55 %-a a lakosságtól származik, 45 % pedig az intézményekben, a szolgáltatói ágazatban, a kereskedelemben és az ipari területeken képződik. Összetételét az I.5.31. ábra mutatja.

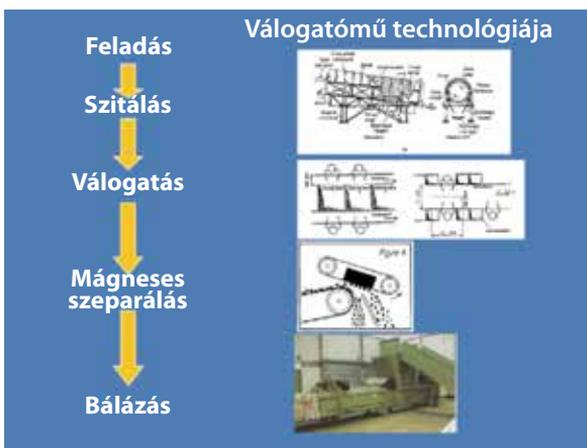


I.5.31. ábra: A települési hulladék összetétele a 2012-es évben (OHT 2014)

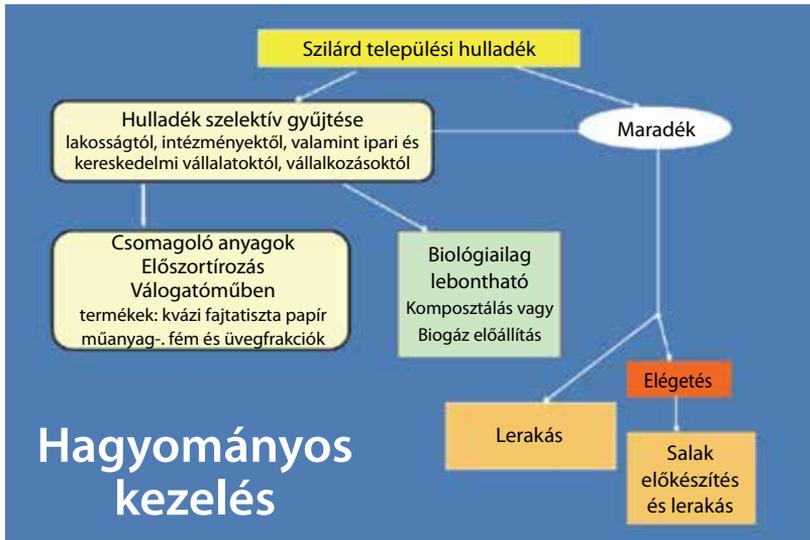
Az összetétel alapján megállapítható, hogy a TSzH összetételét tekintve 3 nagy csoportra osztható:

- csomagolóanyag (30-40 %): üveg, papír, könnyű csomagolóanyagok;
- biohulladék (30-50 %): biológiailag lebomló természetes anyagok;
- maradványok (10-30 %).

A fentiek alapján az I.5.32. ábrán látható séma alkalmazható a települési szilárd hulladék kezelésére.



I.5.33. ábra: Válogatómű technológiája (Csöke et al. 2011)



**I.5.32. ábra: TSZH hulladékkezelési rendszere**  
(Csóke et al. 2011)

Ma Magyarországon a települési hulladék többsége – a 2012. évi adatok alapján – mintegy 65,4 %-a lerakókra kerül, nem pedig hasznosítóba. 25,5 %-os mértékben hasznosították anyagában, továbbá részben termikusan hasznosítják (9,1 %). A hasznosítás eredménye a hulladék összetevőinek minél hatékonyabb elválasztásán alapul. A válogatást lehet kézi, illetve gépi módon megvalósítani, de a technológiai folyamat (I.5.33. ábra) alapvetően nem tér el a bemutatottól.

#### **A válogatóművek az alábbi technológiai berendezéseket tartalmazzák:**

##### *Szortírozó rendszer*

1. Feladószalag (zsákfeltépő)
2. Dobszita (kétsíkú)
3. Vibrátor (egysíkú)
4. Mágneses szalagszeperátor
5. Mágneses dobszeperátor
6. Válogatószalag
7. Örvényáramú szeperátor

##### *Késztermék kezelése*

8. Bálázó feladószalag
9. Bálázó berendezés

##### *Levegőtisztító rendszer*

10. Ventilátor
11. Porszűrő
12. Klimatizálás

#### **I.5.13.1. Maradékanyag hasznosítás, kezelés mechanikai-biológiai stabilizálással (MBH)**

A TSZH maradékanyaga mezőgazdasági, ill. energetikai szempontból hasznos komponensekből, biológiailag lebontható, ill. biológiailag nem lebontható vagy nehezen lebontható (nagyobb fő-törtékű) szerves részből áll. A hagyományos hulladékkezelési eljárások során ennek az anyagnak

jelentős része lerakásra kerül, így nem hasznosul. Ez vezetett oda, hogy ezt a frakciót célszerű kezelni, és ebből nagy fűtőértékű anyagot (RDF) előállítani. A kezdeti mechanikai kezelési eljárásokat kiegészítették biológiai stabilizációs eljárással, ami a nedvességtartalmat tovább csökkentette, így a fűtőérték nőtt. A szilárd települési hulladékok (szelektív gyűjtést követően visszamaradt) maradékanyagának kezelése tehát történhet:

- mechanikai,
- biológiai vagy termikus eljárásokkal,
- illetve leggyakrabban ezek kombinálásával kialakított technológiával.

A mechanikai kezelés elsősorban fémek, a magas fűtőértékű frakció, valamint a kevésbé értékes, de a kezelést nehezítő frakciók, mint pl. a kőzetdarabok, föld, üveg elválasztását jelenti.

A biológiai kezelés célja a környezetre ártalmas gázok és folyadékok mennyiségének csökkentése, illetve megszüntetése, valamint a mikroorganizmusok a toxikus anyagokat minimalizálják. Ez a folyamat a biológiai stabilizálás.



## I.6. Termikus hulladékkezelés, ártalmatlanítás (Simándi Péter)

A nagy mennyiségben keletkező szerves vagy többségében szerves anyagokat tartalmazó hulladékok hasznosításának, ártalmatlanításának egyik módja a magas hőmérsékleten történő kezelés:

- égetés,
- pirolízis,
- elgázosítás.

A hulladékégetés exoterm folyamat, az oxidáció teljes, ami megfelelően nagy léghozóval ( $\lambda > 1$ ) biztosítható.

A pirolízis vagy hőbontás olyan endoterm vegyi folyamat, ami levegő (oxigén) nélkül ( $\lambda = 0$ ), külső hőforrás segítségével valósul meg. Ennek során a hulladék kisebb molekulatömegű, egyszerűbb, de stabilabb vegyületekre bomlik le. A technológia során gáz, folyékony (kátrány, szerves savak, olaj, bomlási víz, stb.) és szilárd végtermékek keletkeznek. A végtermékeket elsősorban energiahordozóként hasznosítják, amivel részben a reaktort is fűtik, így pótolva az endoterm reakcióval elvont hőt, másrészt ritkábban másodnyersanyagként a vegyipar felhasználja (pl. metanol előállítás).

Elgázosítás során részleges oxidáció történik kevés levegővel, ( $\lambda < 1$ ). Ebben a folyamatban a hulladék éghetőanyag-tartalmának minél nagyobb mennyiségét éghető, energetikailag hasznosítható gázzá alakítják át, és a visszamaradó termék kis mennyiségű koksz, illetve teljes elgázosításkor olvadt salak.

### I.6.1. Égetés

A hulladékégetés a hulladékok ártalmatlanításának termikus módszere, mely világszerte a környezetvédelmi vizsgálatok központjában áll, számos előnyének illetve hátrányának komplex értékelése mellett. A hulladékok égetéssel történő ártalmatlanításának megítélése nem egységes. Vannak támogatói és ellenzői egyaránt.

A hulladékégetés előnyei:

- jelentős mértékű térfogat- és tömegcsökkentés (ezáltal kisebb anyagmozgatás, kisebb lerakási terület, földhasználat szükséges);
- a keletkező hőenergia hasznosítható és értékesítése nincs kitéve a piaci bizonytalanságoknak;
- az égetés folyamán a hulladékok mineralizálódnak és inertizálódnak, a kezelés higiéniai szempontból tökéletes;
- a korszerű hatékony égetési és füstgáztisztítási technológiák biztosítják a környezet eredményes védelmét.

A hulladékégetés hátrányai:

- az égetés másodlagos környezetszennyezéssel jár (légszennyezés, pernye, salakelhelyezés problémái);
- ökológiai szempontból kedvezőtlen, mivel a termikusan bontott anyag kikerül a természetes körforgásból;
- beruházási és üzemeltetési költségei lényegesen magasabbak a hagyományos eljárásoknál (komposzt, biogáz, lerakás).

Az égetés során a hulladék szervesanyag-komponensei a levegő oxigénjével reagálva gázokká, legnagyobb mennyiségben széndioxidá, vízgőzzé alakulnak és füstgázként távoznak az égető rendszerből. Az éghetetlen szervesanyag salak vagy pernye formájában marad vissza. Égetésre különböző összetételű és halmazállapotú hulladékok kerülhetnek.

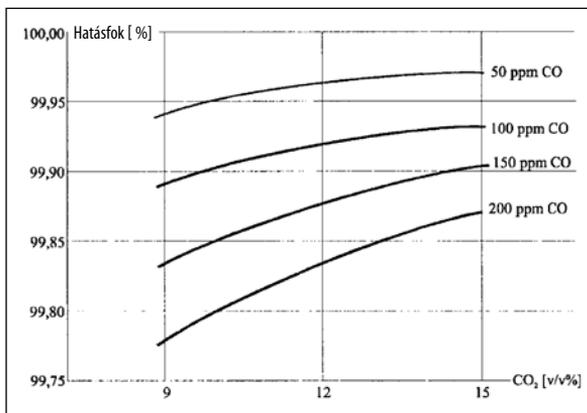
A kifogástalan égetéshez

- megfelelő hőmérséklet,
- megfelelő áramlási viszonyok,
- tartózkodási idő,
- a sztöchiometrikus mennyiségnél nagyobb levegő bevezetése szükséges.

A 29/2014. (XI. 28.) FM rendelet a hulladékok égetésének műszaki követelményeiről, működési feltételeiről és a hulladékégetés technológiai kibocsátási határértégeiről alapján az égetőművet úgy kell tervezni, kialakítani, megépíteni és üzemeltetni, hogy az égetési folyamat során keletkező gáz hőmérséklete az utolsó égéslevegő betáplálása után, ellenőrzött, egyenletes körülmények biztosítása mellett, még a legkedvezőtlenebb körülmények között is, legalább 2 másodpercig minimum 850 °C legyen. Az 1 %-nál magasabb klórban kifejezett halogéntartalmú veszélyes hulladékot égető hulladékégető vagy hulladék-együttégető művet úgy kell megtervezni, megépíteni és üzemeltetni, hogy a hulladékégetés során keletkező gáz hőmérséklete az utolsó égéslevegő betáplálása után, ellenőrzött, egyenletes körülmények biztosítása mellett, még a legkedvezőtlenebb körülmények között is, legalább 2 másodpercig legalább 1100 °C legyen. A teljes oxidációs égéstechnológiában a hulladék a sztöchiometrikus levegőigény 1,5-2,5-szeresének megfelelő égéslevegővel intenzíven érintkezve 90-99,99 %-os hatásfokkal (EH) oxidálódik (l.6.1. ábra).

$$\boxed{\text{CE}} \quad \text{EH} = \frac{\text{CO}_2}{\text{CO}_2 + \text{CO}} \times 100$$

Az égetési hatásfok (EH) az égés-, illetve tűzterekben lejátszódó oxidáció hatásfokát jellemzi a folyamat végén kilépő szén-dioxid és szén-dioxid - szén-monoxid gázelegy arányával kifejezve.



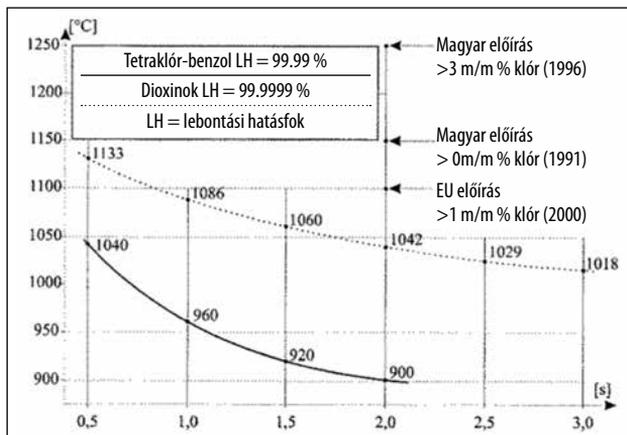
**1.6.1. ábra: Az égetés hatásfoka 50-200 ppm CO-tartalomnál, a füstgáz CO<sub>2</sub>-tartalmának függvényében (Zimler, 2003)**

A veszélyes hulladékok égetési hatásfokára minimális követelmény az EH=99,9 %, továbbá előírás van az elérendő lebontási hatásfokra (LH) is. A lebontási hatásfok az égésterbe belépő és az onnan változatlanul kilépő anyag tömegáramából számolható:

$$\boxed{\text{DE} + G_{\text{in}}, G_{\text{out}}} \quad \text{LH} = \frac{G_{\text{in}} - G_{\text{out}}}{G_{\text{in}}} \times 100 = \left( 1 - \frac{G_{\text{out}}}{G_{\text{in}}} \right) \times 100$$

- Gbe: a rendszerbe belépő fő szerves veszélyes alkotórészek tömegaráma;  
 Gki: az égető füstgázaival a légkörbe eltávozó anyag tömegaráma;  
 Gbe-Gki: az égető berendezésben lebontott (elégetett+leválasztott) fő szerves veszélyes alkotórész tömegáramának a különbsége.

A lebontási hatások az egész égetési technológiára jellemző, nagyon nehezen mérhető tényező. Általában az elégetendő legstabilabb vegyületre vagy arra a komponensre határozzák meg, amelynek a legkisebb az emissziós határértéke (pl. dioxin esetében 99,9999 %). Veszélyes hulladékok esetében az előírt lebontási hatások elérése az utóégetőben valósul meg a megfelelő tartózkodási idő betartásával (1.6.2. ábra).



**1.6.2. ábra: Dioxin és tetraklór-benzol lebomlása**  
(Lábodý, 2003)

Az ábrán jól látható, hogy az égési hőmérséklet és az égés lefolyásához szükséges idő fordítottan arányos és nem lineáris. Befolyásolja még a reakció sebességét az anyagok koncentrációja is. Az égés megindulásakor az égető zónában mind az éghető anyag, mind az oxigén koncentrációja magas, az oxidáció gyors, sok reakciótermék keletkezik. Az utóégető kamrában a füstgázban az éghető gáz és az oxigén koncentrációja lecsökken, az égés lelassul. A szekunder levegő befúvása növeli az oxigén koncentrációját, ezzel gyorsítja az égési reakciót, javítva az égetési és a lebontási hatásfokot.

Alacsony fűtőértékű hulladék égetésekor az előírt – általában 850 °C körüli – hőmérsékletet földgáz vagy olaj tüzelőanyaggal működő támasztóégővel kell biztosítani. Az égésterek működésére, illetve üzemeltetésére vonatkozó előírás, hogy az égési folyamat végén a salak és a tüztéri hamu összes szerves szén (a továbbiakban: TOC) tartalma kisebb legyen, mint 3 %, vagy az izzítási veszteség kevesebb legyen, mint az említett maradékanyag száraz súlyának 5 %-a, és ennek érdekében, ahol szükséges, a megfelelő hulladék-előkezelési eljárást kell alkalmazni.

A még 5-10 % éghető gázt, illórészt tartalmazó füstgázt az utóégető kamrába vezetik, ahol az előírt hatásfokú égetés befejeződik. A gáz áramlása az utóégető kamrában lelassul és a turbulencia – a nagy sebességgel befúvott szekunder levegő keveredése ellenére – lecsökken. Az előírt – általában 850 °C vagy 1100 °C – hőmérsékletet csak olaj vagy földgáz póttüzeléssel lehet tartani. A turbulencia az égéstér különböző pontjain változik, ezért lokálisan nem lehet kiszámítani. A dimenzió nélküli Reynolds-szám (Re) tájékoztatást nyújt, hogy az adott égéstérben az adott hőmérsékleten tapasztalható füstgáz-viszkozitásnál milyen nagy gázsebesség esetén kezdődik meg a turbulens áramlás.

$$Re = \frac{v \times d}{\nu}$$

V = áramlás sebessége [m/s]

d = égéstér átmérője [m]

$\nu$  = füstgáz kinematikai viszkozitása [m<sup>2</sup>/s]

(A 12 % vízgőzt tartalmazó füstgáz viszkozitása 1200 °C-on 2317x10<sup>-4</sup> [m<sup>2</sup>/s].)

Re > 50 000

A kritikus érték, ami alatt az áramlás lineáris, Re=2 320. Bár Re=10 000 fölött az égéstérben biztosan turbulens az áramlás, a teljes oxidációs terekben célszerű Re=50 000 fölötti értéket biztosítani. Szögletes égésterekben a sarkokban még ilyen nagy érték esetén is kialakulhat lamináris áramlás. Ez magas CO értéket eredményezhet. Mikrokörnyezetben egyes térfogatváltozással járó kémiai reakciók hatására helyi turbulencia alakulhat ki (pl. szén-monoxid oxidációja szén-dioxiddá).

A megfelelő áramlási viszonyok egyrészt mechanikai eszközökkel (mozgó rostély, forgó kemence, bolygatószerkezet), másrészt aerodinamikai módszerekkel (gázáramok irányított mozgatása) teremthetők meg.

A legtöbb hulladékégetőben a szerves maradványok (salak, pernye) lágyulás-olvadási jellemzői miatt a tüztér hőmérséklete nem haladja meg az 1050-1100 °C-ot. Ha az égetés 1200-1700 °C-on valósul meg, salakolvasztásos hulladékégetésről beszélünk. Ekkor a szilárd maradvány megolvad és olvadékként távozik az égéstérből. Az égetés szilárd maradványának mennyisége az elégetett hulladék mennyiségétől függ. Szilárd települési hulladék esetén a maradvány mennyisége kb. 10 tf %, ill. 30-35 tömeg % (salakolvasztásos égetésnél 15-25 tömeg %), folyékony és iszapszerű hulladékégetésekor 2-10 tömeg %.

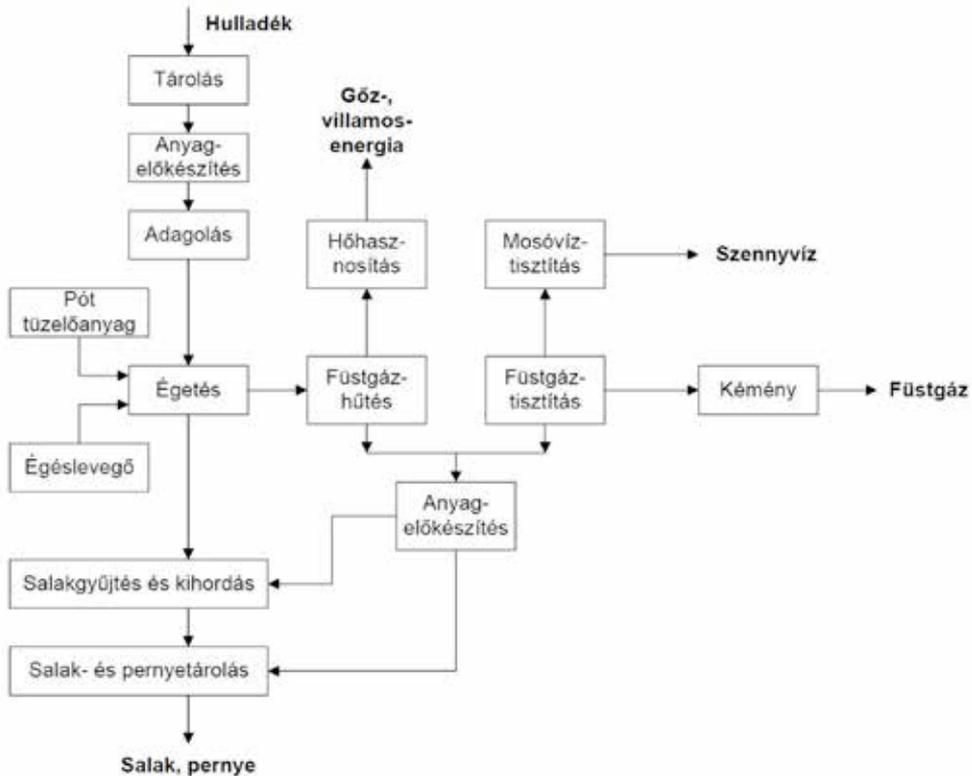
A hulladék égetéses ártalmatlanításához szükséges ismeretek:

- halmazállapot (folyékony, pasztás, szilárd, ill. kevert);
- elemi analízissel megállapított kémiai összetétel (szén-, hidrogén-, oxigén-, nitrogén-, kén, víz- és hamutartalom);
- gyors analízissel megállapított összetétel (fix szén-, illóanyag-, víz- és hamutartalom);
- fűtőérték;
- sűrűség;
- a hamu olvadási jellemzői;
- szilárd hulladék esetében szemcseméret-eloszlás, maximális darabnagyság, valamint anyagfajták szerinti összetétel;
- folyékony hulladék esetében viszkozitás, gyulladási- és lobbanáspont, valamint szilárd szennyezőanyag-tartalom és annak legnagyobb szemcsemérete, továbbá a kémhatás;
- halogénanyag-tartalom (kloridok, fluoridok, bromidok);
- nehézfém-tartalom (ólom, kadmium, higany, réz, vanádium stb.);
- egyéb fém-tartalom (vas, kalcium, nátrium stb.);
- egyéb mérgezőanyag-tartalom (PCB);
- egyéb specifikus anyagi tulajdonságok szükség szerint (pl. fertőző tulajdonság, hőmérséklet stb.);
- mennyiségi adatok (szélső határok és átlagértékek).

Tüzeléstechnikai szempontból elsősorban a kalorikus tulajdonságok fontosak (fűtőérték, éghetőanyag-tartalom, víztartalom és hamutartalom). Ezek egymástól nem függetlenek, szoros kölcsönhatás van köztük. A fűtőérték és az éghetőanyag-tartalom befolyásolja az égetőrendszerek hőterhelését, a feldolgozási kapacitást, a póttüzelés szükségességét, a hőhasznosítás lehetőségét. A víztartalom hatással van a szükséges póttüzelőanyag mennyiségére, a keletkező füstgázok mennyiségére (harmatpont).

### 1.6.1.1. Az égetés fő technológiai lépései

A hulladékégetés általános technológiai lépései a 1.6.3. ábrán láthatók.



1.6.3. ábra: A hulladékégetés általános technológiai folyamata  
(Csőke, 2011)

Az égetésre történő beadagolást a hulladék előkészítése – esetenkénti aprítása és összetételének megfelelő keverése – előzi meg. Az égetés az első égéstérben, a kemencében kezdődik, amely kialakítása a hulladék típusától és halmazállapotától függően különböző lehet. Ide a parciális oxidációhoz szükséges oxigén az égéslevegővel (primer levegő) jut be. A teljes oxidáció a második égéstérben fejeződik be a szekunder levegő bevezetése után. A második égéstér az utóégető kamra. Az égésterekből kilépő forró füstgázok lehűtése és hőtartalmának hasznosítása a hőhasznosító kazánban történik. Az itt előállított gőz hő- vagy villamos energia formájában hasznosítható. Az innen távozó füstgázt tisztítani kell, majd tisztítás után a szabadba távozik. A füstgáztisztítás módjától függően keletkező szennyvizet vagy a szilárd maradékok további kezelésnek vetik alá.

#### Tárolás, előkészítés

A hulladékot különböző kialakítású bunkerekben tárolják, ahol az égetésre történő előkészítés is megtörténik (aprítás, keverés). Innen az előkészített hulladék a garaton keresztül az adagoló rendszerbe kerül, ahonnan folyamatosan a tüzeléstechnikai és terhelési viszonyoknak megfelelő mennyiségben a tüztérbe kerül.

### **I.6.1.2. Tüzelőberendezések**

A hulladékok égetésére használt berendezések lehetnek:

- a hulladék égetésére tervezett speciális égetők,
- más célú ipari berendezések, amelyekben a technológiának megfelelő égetés mellett történik a hulladék együtt égetése.

Kialakításukat elsősorban hulladék összetétele és tulajdonságai határozzák meg. Ezek alapján lehetnek:

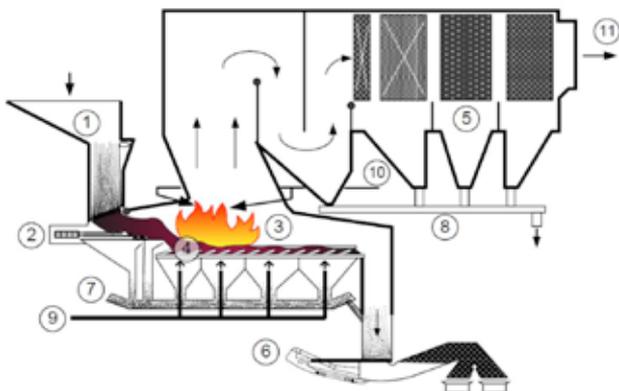
- rostélytüzelésű,
- rostély nélküli,
- fluid-ágyas hulladékégető berendezések.

#### **Rostélytüzelésű berendezések**

Ezeket elsősorban kommunális és termelési szilárd hulladékok égetésére alkalmazzák, de bizonyos korlátozásokkal iszap halmazállapotú termelési hulladékok égetésére is használhatók. A rostélyok egyrészt biztosítják a hulladék állandó keverését, mozgatását, másrészt az égéságy megfelelő levegőztetését teszik lehetővé. A teljes oxidáció az első égéstérbe mindig jelentős, szilárd hulladékok égetésekor minimálisan  $\lambda=1,3-1,4$  légfesleggel történik. A rostélymező 4-5 szakaszra osztható, így minden szekcióban külön szabályozható az optimális mennyiségű égéslevegő bevezetése, mivel a szárító, égési és salakkiégési zónák levegőigénye nagyon eltérő. A jó levegő-eloszlás, valamint az alacsony hőmérsékletű, ezáltal kis viszkozitású éghető gáz-levegő elegy turbulenciája nagy, ezért a hulladékégetők viszonylag kis légfesleggel is tudják biztosítani a rendszerben megfogalmazott határértékeket. A kommunális hulladékot égető rendszerek legtöbbje rostélytüzelésű. A rostélyos tüzelő rendszer egyszerűsített működési vázlatát a I.6.4. ábrán látható.

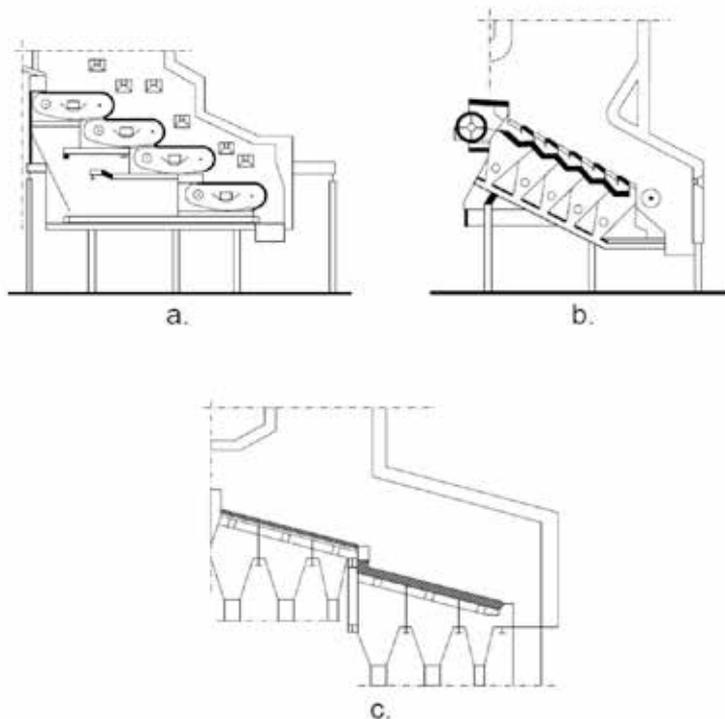
A rostélyok kialakítása igen különböző lehet. A leggyakrabban alkalmazott típusok: lépcsős vándorrostély; visszatoló rostély; lépcsős előtoló rostély (I.6.5. ábra).

A rostélyon feldolgozható hulladék tömegárama általában 6 – 40 t/h között változik. A rostély alatt – kamrára osztva – vezetik be az égéslevegőt. A primer levegő (a tüzelőanyagágyba vezetett alsó szél és az oldalfalokról bevezetett levegő) az összes levegőszükségletnek kb. 70–80 %-a. Ez egyben a rostély hűtését is biztosítja. A hulladék – összetételtől függően – 30-90 percet tartózkodik a rostélyon, miközben kiszárad, 100-250 °C-on kigázosodik. 300 °C körül meggyullad, 500 °C felett elgázosodik, majd a gáz és a szemcsék nagy hőmérsékleten elégnek (kb. 1200 °C). Az égés az utóégető kamrában a szekunder levegő segítségével fejeződik be. A füstgáz ezt a tüzteret mintegy 800-900 °C-on hagyja el. Az utóégetőhöz csatlakozó hőhasznosító kazánban a gáz hőtartalmát gőz termelésére hasznosítják. A tüzterek átlagos termikus terhelhetősége 400-1000 MJ ( $m^3 \times h$ ). A rostélyról a salak általában a vízkádba hullik.



1. tölsér és szemétakna; 2. adagoló; 3. égetőtér; 4. rostély; 5. hőhasznosító kazán;  
 6. leszalakoló; 7. rostélyhulladék elvezetés; 8. pernyeszállító rendszer; 9. primer levegő;  
 10. szekunder levegő; 11. kilépő füstgáz

**I.6.4. ábra: A rostélyüzelés szerkezeti vázlata**  
 (Csőke, 2011)



- a) lépcsős vándorrostély; b) visszatoló rostély; c) lépcsős előtoló rostély

**I.6.5. ábra: Hulladékégetők leggyakoribb rostélytípusai**  
 (Árvay, 1992)

### **Rostély nélküli hulladékégetők (Forgódobos kemence)**

A tüztér kialakításában térnek el a rostélytüzelésű berendezésektől. Általában henger alakúak, ezáltal majdnem kétszeresére növelik a hősgurgázs intenzitását. Ez kisebb veszteséget okoz. Ezek a berendezések típustól függően salakolvasztásos üzemmódban is üzemeltethetők.

Lényegesebb típusaik:

- forgódobos kemencék,
- égetőkamrák,
- emeletes kemencék,
- fluidizációs kemencék,
- egyéb speciális tüzterek.

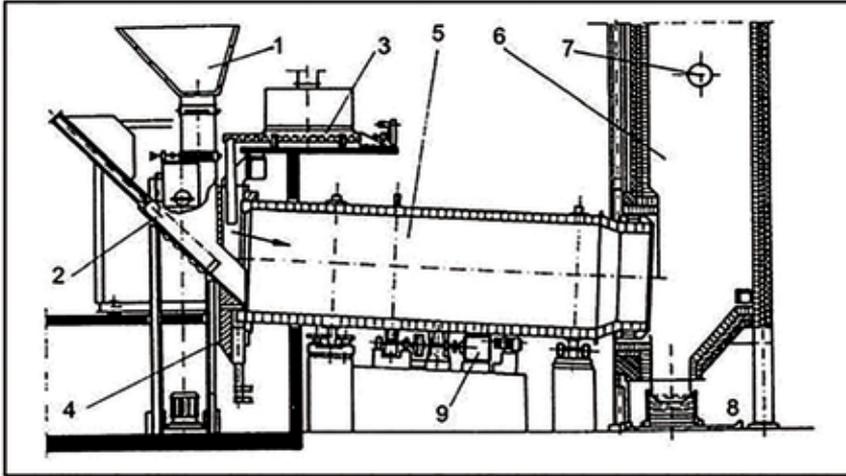
A forgódobos kemence tűzálló falazattal kibélelt hengeres tüztér, amely a vízszinteshez képest enyhén lejt és lassan forog. A fordulatszám és a dőlésszög változtatásával szabályozható a hulladék tartózkodási ideje. Az anyagi jellemzőktől függően a hulladék kiégetési időtartama a kemencében 15–70 min. A hulladék mozgása a dobban kétirányú. Egyrészt a henger palástjával együtt mozog, majd visszacsúszik, miközben tengelyirányban is elmozdul. Ez a kétirányú mozgás az anyagforgalom és a tökéletes elégés szempontjából is nagy jelentőségű. A hulladék és a füstgázok áramlása egyirányú, ami a szárítási-gyulladás zónából származó bomlási termékek forró zónán való átvezetését teszi lehetővé, és így lényegesen javul a kiégés hatása.

A rostély nélküli hulladékégetők főleg folyékony és pasztaszerű hulladékok, valamint iszap elégetésére alkalmasak. A forgódobos megoldás a szilárd anyagok mozgatását is megoldja, ezért sok esetben alkalmazzák szilárd hulladékok eltüzelésére is. A veszélyes ipari hulladékok, olajos, oldószeres, tisztítószeres, vegyszeres, kórházi hulladékok elégetéséhez a rostélytüzelésnél alkalmazott hőmérsékletnél nagyobb égetési hőfokra van szükség, ezért ezen anyagok elégetéssel történő megsemmisítését túlnyomórészt forgódobos kemencében végzik.

A forgódobos kemence fejrészénél adagolják be a hulladékot, a póttüzelőanyagot és az égéslevegőt. A dob mintegy 20 térfogat %-ig folyamatosan tölthető fel hulladékkal. A salakot nedves rendszerű salakkihordóval távolítják el. A forgódobos kemencében a légfesleg-tényező szerkezeti okok miatt igen nagy (átlagosan 2-2,5). Ez jelentősen növeli a ventilációs energiaigényt. A kemence szokásos tüztérhőmérséklete 900 °C. Salakolvasztásos üzemben a falazat védelmére vékony védő salakréteg előzetes felvitele szükséges. A védő salakréteg vastagsága a tüztér terhelésétől, a salak olvadáspontjától és a tüztér hőmérsékletétől függ. Általában 150-200 mm-es, (max. 400 mm) rétegvastagságot alakítanak ki. Az egyenletes salakréteg fenntartásához a hulladékot homogenizálni kell és adalékanyag (pl. homok, szűrőföld) alkalmazására van szükség.

Szerkezeti megfontolásokból a dob legnagyobb átmérője 3,5-4 m, hossza pedig 8-12,5 m. A kemence fordulatszáma általában 0,2-2 fordulat/perc körül van, dőlésszöge 2-4° között változik. A szokásos legnagyobb hőteljesítménye 60-65 GJ/h, ami a hulladék fűtőértékétől függően 2-6 t/h teljesítménynek felel meg. Ennél nagyobb átbocsátási teljesítmény is elérhető ugyan a fűtőértéktől függően – max. 8-10 t/h –, azonban ebben és az e fölötti teljesítménytartományban a kedvezőtlen hő-és anyagátadási folyamatok miatt az az égési folyamat már nem megy végbe tökéletesen. Az utóégetéssel együtti hőteljesítmény ennél lényegesen nagyobb lehet, elérheti a 110–120 GJ/h nagyságot is (l.6.6. ábra).





1. adagológarat szilárd anyag számára; 2. hidraulikus adagolómu; 3. csigás adagoló iszapok számára;  
 4. a kemence fejrésze; 5. kifalazott forgódobos kemence; 6. utóégető tér; 7. folyékony hulladék égetése;  
 8. nedves rendszerű salakkihordó; 9. hajtómű

**1.6.6. ábra: A forgódobos kemence felépítésének vázlata**  
 (Árva, 1992)

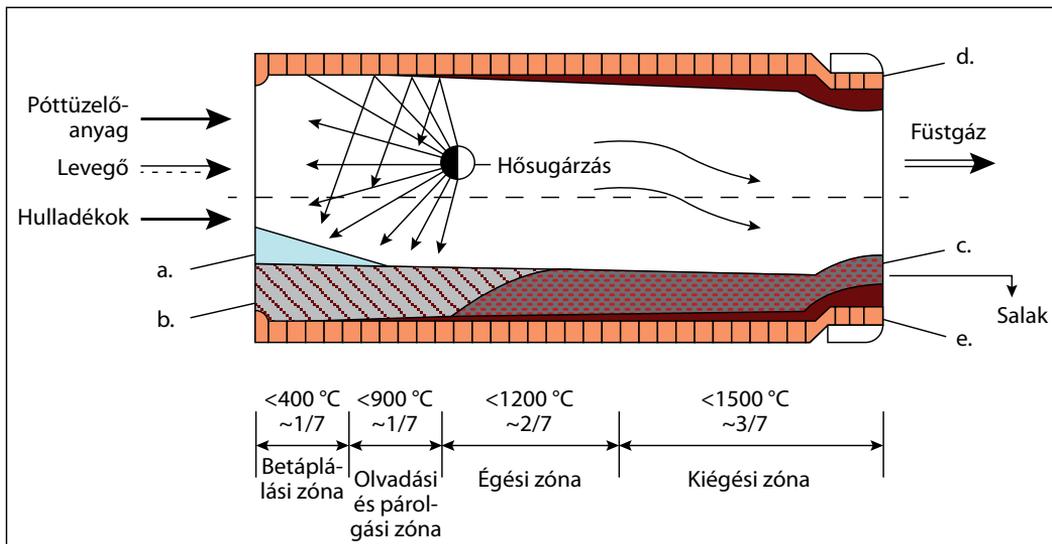
### **Égetési folyamatok a kemencében**

A hulladék előrehaladásának megfelelően az égés folyamán különböző zónák alakulnak ki. Az első zónában – a betáplálási zónában – az anyag felmelegedése és kiszáradása történik. A levegőigény minimális, mert csak a vízpára eltávolításához szükséges. A teljes kemence hossz tekintetében ez kb. 1/7 részen megy végbe.

A második zónában – 400-900 °C közötti hőmérsékleten – a hulladék kigázosodik és eltávozik az illó rész. Ebben a zónában a hulladék fölötti gáztérben keveredik az illórész a levegővel és a gáz/gáz reakció közben alakul ki a láng. Az illórész fűtőértéke nagy, az égéshez sok oxigén kell, a láng hőmérséklete 700-800 °C fölött van, de elérheti az 1400-1500 °C-ot is. Az égéslevegő legnagyobb részét ebbe a zónába kell bevinni és összekeverni az éghető gázokkal.

A harmadik zónában ég ki az elkocszosodott szén. Ezt nevezik égési zónának. Az égés az anyag felületén zajlik le. Az oxidáció térben és időben hosszú folyamat, lassíthatja az égést a füstgáz alacsony oxigén-koncentrációja. Ez a szakasz a teljes kemence hosszának kb. 2/7-ét jelenti.

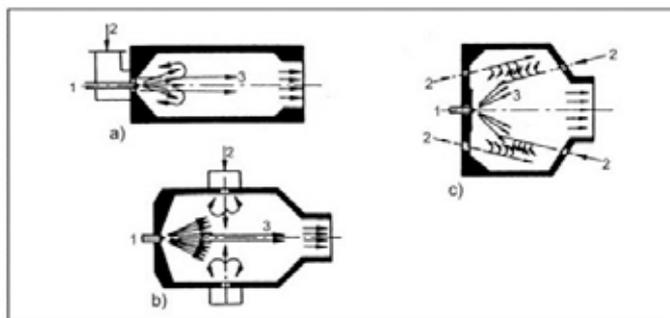
A kemence utolsó szakasza – a teljes hosszúság kb. 3/7 része – a salak kiégési zónája. Tulajdonképpen itt is elsősorban karbon égés történik, de a salak széntartalma olyan kevés, hogy az égés alig termel hőt, önfenntartó égés már nem lehetséges ebben a zónában, ezért külső hőforrásra van szükség. A külső hőforrás a salak fölött áramló forró füstgáz (1.6.7. ábra).



a. vízgőz; b. éghető anyag; c. salak; d. salak olvadék; e. falazat  
**1.6.7. ábra: A forgódobos kemence hőmérsékleti szakaszai** (Árva, 1992)

### Égetőkamrák

Az égetőkamrák horizontális vagy vertikális elrendezésű, kifalazott hengeres égésterű, fix kemencék, amelyekben megfelelő áramlási viszonyok kialakításával és különböző porlasztókkal, adagoló égetőfejekkel égethető el folyékony hulladék, valamint iszap. Egyszerű felépítésük és rugalmas alkalmazási lehetőségeik miatt igen elterjedtek. Áramlási viszonyaik szerint vannak párhuzamos áramú, keresztirányú, ellenáramú és ciklon rendszerű kemencék (1.6.8. ábra).



a) párhuzamos áramú; b) keresztáramú; c) ellenáramú 1. tüzelőanyag-feladás; 2. égéslevegő; 3. tüztér

**1.6.8. ábra: Égetőkamrák alaptípusai** (Árva, 1992)

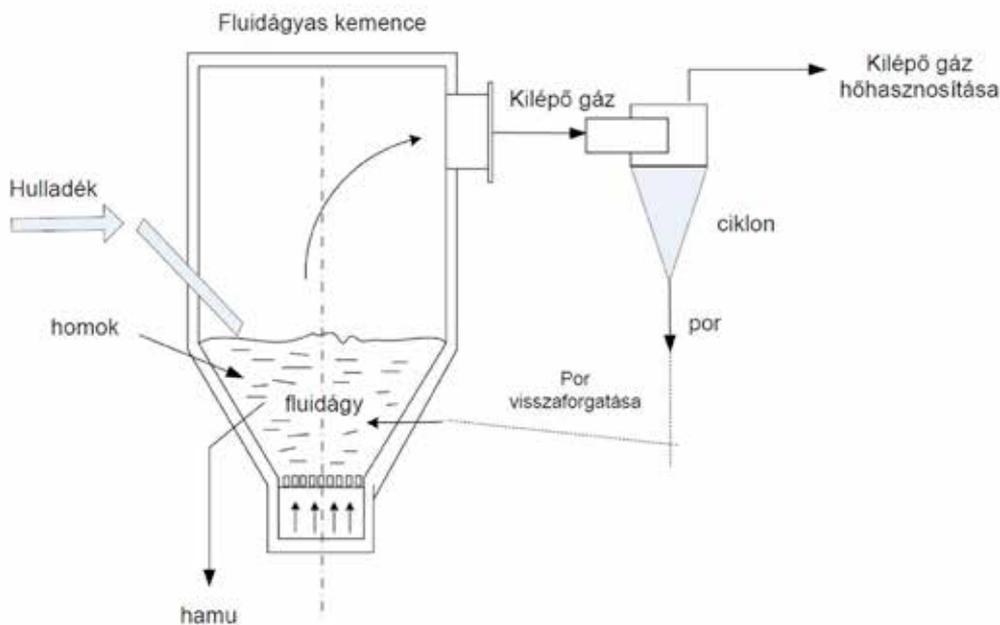
Az égetőkamrákban a tapasztalatok szerint a 12 MJ/kg-nál nagyobb fűtőértékű folyékony hulladék 1300 °C-nál nagyobb tüztérhőmérsékleten a másodperc törtrésze alatt teljesen elég. A kisebb fűtőértékű folyékony hulladékot póttüzeléssel együtt kell égetni és a teljes kiégéshez 800-1100 °C hőmérsékletnél 1-2 s tartózkodási idő szükséges, ha a légfesleg átlagosan 10-20 %. A hulladékok kémiai összetétele döntően befolyásolja az égéster kialakítását és az égetés paramétereit.

### **Fluidizációs (örvényágyas vagy fluidágyas) kemencék**

A fluidizációs (örvényágyas vagy fluidágyas) kemencében a nagyfokú, intenzív hő és anyagátadás miatt igen nagy fajlagos égetési teljesítmény érhető el. Folyékony, pasztás és aprított szilárd hulladék, valamint iszap kezelésére egyaránt alkalmas. A fluidizációs kemence égéstere henger alakú, amelynek alján megfelelően kiképzett tartórostélyon finom szemcsés, ömlesztett anyagból álló réteg helyezkedik el.

Ezt az anyagot a rostélyon átfúvott levegőáram tartja lebegő, örvénylő mozgásban (örvényáram). A kemence szerkezete egyszerű, nincsenek benne mozgó alkatrészek. Technológiai szempontból a fluidizációs kemencében nagyrészt egyenáramú folyamat megy végbe. Az égetendő anyag az örvényrétegbe esik vagy részben az örvényréteg felett porlasztják be. Elgőzölögtetéssel, bomlási és gázosodási reakciókkal a komponensek illóvá válnak, jól elkeverednek az égetéshez szükséges levegővel, az örvényréteg felett elhelyezkedő gázrétegig jutnak, és ott gyorsan reagálnak. Az ehhez szükséges tartózkodási idő rövid, általában az égetőkamrákban szükséges időtartamnak felel meg. A szilárd anyagrészeket, amelyek gyakran hosszabb kiegészi időt igényelnek, tovább tartják az örvényágyban. Az égési zóna felett helyezkedik el a fő égéstér, amelynek térfogata az égésgázok tökéletes kiégetési követelményeinek megfelel.

Az égés javítására esetenként a fő égéstérbe szekunder levegőt is fújnak be. A kemence szokásos tüztérhőmérséklete 750-850 °C. A fluidizációs kemence szokásos légfelület-tényezője:  $\lambda = 1,1-1,3$ . Az égés során visszamaradó hamu a kemence fejrésznél távolítható el vagy az örvényágyból az ágy anyagával együtt vehető ki. Felső eltávolítás esetén a hamu a füstgáztisztító berendezésbe kerül leválasztásra. Az ággal együtt történő kihordás során közvetett vagy közvetlen hűtésről kell gondoskodni. Az örvényágy szokásos vastagsága 0,5-3 m (1.6.9. ábra).



**1.6.9. ábra: A fluidizációs kemence vázlata**

(Csőke, 2011)

### **Utóégető kamra**

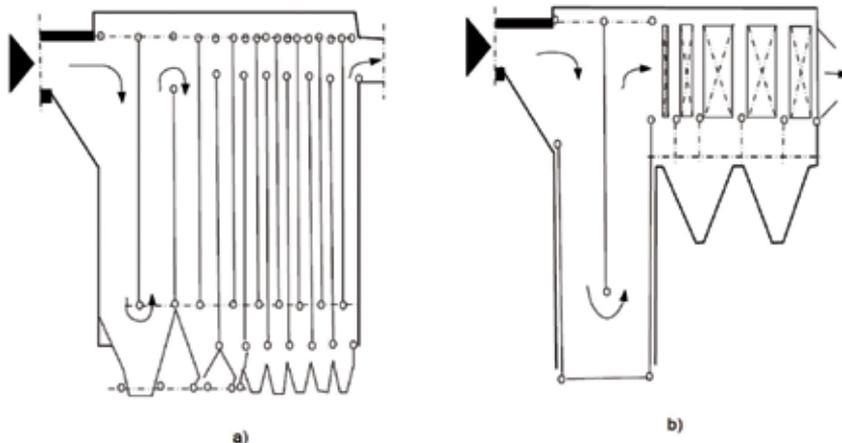
Az utóégető kamra feladata az első tüztérben végbement tökéletlen égés befejezése. Az utóégető kamrában az intenzív lángsugárban eléggő anyagokat (pl. a folyékony hulladékokat, gázokat) közvetlenül, egy lépésben is el lehet égetni. A szilárd, a pasztaszerű anyagok el- és kiégetéséhez hosszú időre van szükség. Ez a folyamat az első égéstérben játszódik le. Itt a hulladék kiszáradása, kigázosodása, karbonézése és a salak kiégése az anyag felületén játszódik le.

A közepes 0,4 t/h és a nagy (>1 t/h) teljesítményű, teljes oxidációs veszélyeshulladék-égető művekben szigorú égetési és lebontási hatásfokot biztosító égetési folyamat az utóégető kamrában fejeződik be. Itt az égésgázokat biztonságosan olaj-vagy gázégőkkel égetik el. A kamrába belépő 6-8 % éghető gázt tartalmazó füstgáz már jelentős légfeslelleggel érkezik, azonban a 100 %-os hatásfokot megközelítő oxidációhoz további szekunder levegő befúvása is szükséges. A szekunder levegő bekeverése problematikus, mert a nagy hőmérsékleten a füstgáz viszkozitása jóval nagyobb, mint a hideg levegőé. A levegő viszkozitása normál állapotban  $v=0,1322 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ , 1200 °C-on  $v=2085 \text{ m}^2/\text{s}$ . A füstgáz 8-12 % vízgőzt is tartalmaz, ami kb. 1,5-szer viszkózusabb a levegőnél, ezáltal a hideg levegőt 15-17-szer viszkózusabb füstgázba kell bekeverni, hogy közel homogén elegy jöjjön létre, amit speciális eljárásokkal valósítanak meg. Az utóégető kamrában az égetés, lebontás hatásfokát javítja:

- kör- vagy ellipszis- vagy többsarkú keresztmetszet;
- az áramlás lassítása vagy gyorsítása azáltal, hogy a kamra hossz tengelye mentén változó keresztmetszetet alakítanak ki;
- az áramlás irányváltoztatásával, valamint az áramlás perdítésével;
- a gázáram ütköztetése nagysebességű lángsugárral;
- a minimálisan előírt tartózkodási idő megnövelése;
- a koromképző vagy nagyobb PCDD/PCDF tartalmú hulladékok égetésénél nagyobb tüztér-hőmérséklet biztosítása;
- folyékony hulladékok égetése célszerűen elhelyezett égőkkel, amelyek a füstgáz-áram útját megtörik.

### **I.6.2. Hőhasznosítás, füstgázhűtés**

A hulladékégetés füstgázai a tüztérből 900-1000 °C-on, vagy ennél nagyobb hőmérsékleten távoznak és azokat a tisztítóberendezések hőtűrő képessége miatt és a harmatponti korrózió elkerülésére 250-350 °C-ra le kell hűteni. A hűtéssel elvont hővel gőz vagy forró víz állítható elő. A hőhasznosítás általában kazánokban valósul meg. Itt a legkomolyabb problémát a savas gázok harmatponti hőmérséklete jelenti. A korrózió elkerülhető vagy csökkenthető, ha a füstgáz hőmérséklete ( $\text{SO}_x$ , HCl, stb. koncentrációtól függően) 140-180 °C fölött van. A füstgáz hűthető közvetlen és közvetett módszerrel. A közvetlen módszer esetében a füstgázt levegőbefúvással vagy vízbepermetezéssel (ún. kvencselés) hűtik, a közvetett módszerekben pedig hőcserélőket (reku-perátorokat, melegvíz és gőzkazánokat) alkalmaznak. A hulladékégetők kazánjai általában természetes, vagy kényszeráramlásúak, 3-5 huzamúak, leggyakrabban a függőleges huzamú vagy az L- megoldást alkalmazzák (I.6.10. ábra).



a.) Függőleges huzamú kazán b.) L- alakú kazán

**1.6.10. ábra: Tüztér után kapcsolt kazántípusok**  
(Árva, 1992)

### 1.6.3. Füstgáztisztítás

Környezetvédelmi szempontból a hulladékégetés egyik legjelentősebb problémája a kibocsátott füstgázok által okozott légszennyezés és annak a megengedett érték alá csökkentése. A hulladékégetés távozó füstgázainak szennyezőanyag tartalma (mennyisége, minősége) az elégetett hulladék anyagi tulajdonságaitól, az égetőberendezés szerkezeti kialakításától, valamint az üzemeltetési paramétereiktől függően változik és ebből adódóan koncentrációja széles tartományban ingadozik.

#### **A kommunális hulladék átlagos összetétele és jellemzői**

Tömeg:	0,3 kg/(nap, lakos)
Térfogattömeg:	157 kg/m <sup>3</sup>
Nedvességtartalom:	43,8 %
Kéntartalom:	1-5 kg/t
Hamutartalom:	14,2 %
Fűtőérték:	6490 kJ/kg

#### **Kommunális hulladékégetők füstgázainak átlagos szennyezőanyag koncentrációja**

Szilárd anyag:	2-15 g/m <sup>3</sup>
SO <sub>2</sub> :	1000–3000 mg/m <sup>3</sup>
HCl:	2000–8000 mg/m <sup>3</sup>
HF:	20–100 mg/m <sup>3</sup>
NO <sub>x</sub> :	500–1500 mg/m <sup>3</sup>
CO:	500–1000 mg/m <sup>3</sup>

A füstgázokban található egyéb jelentősebb szennyezők lehetnek a különböző nehézfémek (higany, kadmium, ólom stb.), valamint a szerves szénvegyületek (főként policiklusos aromások, dioxin (PCDD) illetve furán (PCDF) vegyületek).

A füstgáztisztítási technológiák alapvetően három eljárási csoportba sorolhatók:

- száraz füstgáztisztítás;
- félszáraz füstgáztisztítás;
- nedves füstgáztisztítás.

A szigorú határértékek betartása valamelyik alapvető technológiával már biztonságosan nem valósítható meg, így egyre inkább a fent leírtak kombinációit alkalmazzák.

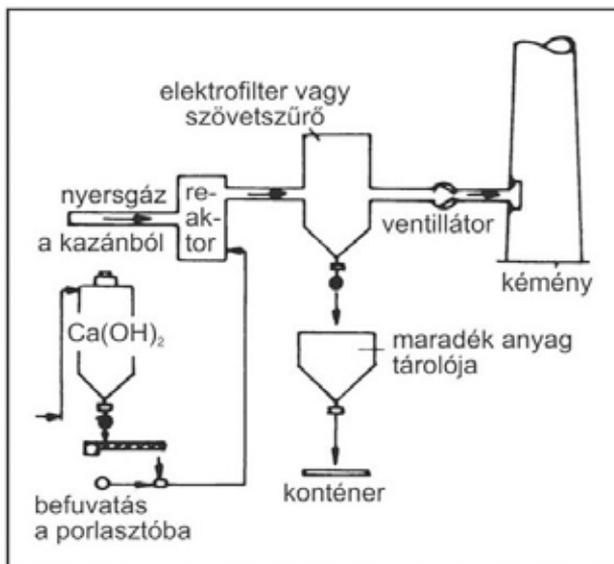
### **Száraz szorpciós eljárás**

A 300-320 °C-ra lehűtött nyers füstgáz a kondicionáló reaktorba lép, amelyben a beporlasztott víz elgőzölögtetése következtében 130-230 °C-ra lehűl, miközben a reaktorba mészhidrátot (Ca(OH)<sub>2</sub>) is adagolnak a savas gázok semlegesítésére. A füstgázban lévő port, a maradék mészhidrátot és a semlegesített melléktermékeit jó hatásfokkal (99,95 %) zsákos porleválasztóval választják le. Alkalmazhatnak ciklont és elektrosztatikus porleválasztót is. A tisztított füstgáz a kéményen át távozik (l.6.11. ábra).

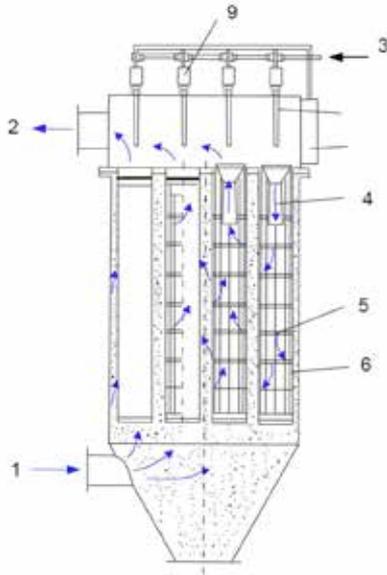
### **Zsákos porleválasztók**

Szűrővel 0,1 – 0,01 µm szemcséket akár 99 %-ot is meghaladó hatásfokkal lehet leválasztani. A nagy portartalmú gázok szennyeződéseinek leválasztására leginkább a szövetszűrők alkalmasak, mivel ezek tisztítása oldható meg a legkönnyebben. A szövetszűrőket nyomó és szívóüzemben is lehet üzemeltetni. A szűrési folyamat során a leválasztandó szilárd anyag a szűrőközegeen visszamarad, amely a szűrőegység ellenállásának növekedését eredményezi. A szűrőberendezésen létrejövő nyomásesés egyrészt a tiszta szűrőréteg ellenállásából, másrészt a szűrőrétegre rakódó porréteg ellenállásából tevődik össze.

A szűrő tisztítása mechanikus és pneumatikus módszerrel történhet. A tisztítási folyamat alatt a gáz hozzávezetését meg kell szüntetni, vagy kamrákra osztott berendezésnél másik kamrába terelni (l.6.12. ábra).



**l.6.11. ábra: Száraz szorpciós eljárás folyamata**  
(Barótfi, 2000)

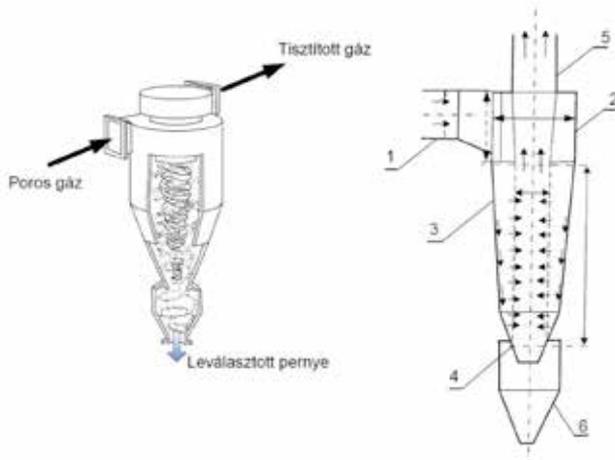


1. szennyezett gáz, 2. tisztított gáz, 3. sűrített levegő, 4. levegőfúvóka, 5. időprogramadó, 6. Venturi-cső, 7. szűrőtömlő, 8. mehevítő kosár, 9. mágnes szelep

**I.6.12. ábra: Nagynyomású levegősugárral működő porleválasztó szűrő**  
(Csőke, 2011)

### **Porleválasztó ciklon**

A centrifugális erő elve alapján működő legelterjedtebb mechanikus porleválasztó berendezések, amelyekben mozgó alkatrész nélkül létrehozott centrifugális erő idézi elő a porszemcséknek a gázáramból való leválasztását. A ciklonok általában 10 µm-nél nagyobb méretű szilárd anyagok leválasztására alkalmazhatók jó hatásfokkal. A ciklon fő részei a I.6.13. ábrán láthatók.



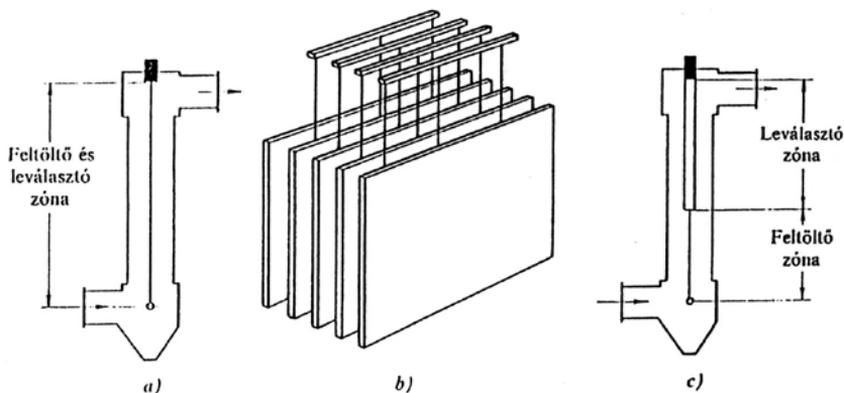
1. gázbevezető csomk, 2. hengeres rész, 3. kúpos rész, 4. porkivezető nyílás, 5. gázkivezető, 6. portartály a por összegyűjtésre

**I.6.13. ábra: Porleválasztó ciklon működési elve és részei**  
(Csőke, 2011)

A körmozgást a ciklontestbe érintőlegesen bevezetett gázáram idézi elő. A centrifugális erő határa a porszemcsék a leválasztó tér felülete, a hengeres ciklon fala felé vándorolnak, ahol lefékeződve kiválnak a gázáramból. A kivált por a nehézségi erő hatására a ciklon alsó részébe, majd onnan a portartályba jut. A ciklon átmérőjének csökkentésével a határszemcse átmérője is csökken, ezért ugyanolyan gázmennyiség több kisebb ciklonba történő bevezetésével jobb hatásfokú leválasztás érhető el. Több kisebb átmérőjű összeépített ciklont multiciklonnak nevezik.

### **Elektrosztatikus porleválasztó**

A füstgázt elektromos erőterén keresztül vezetve a porrészecskék feltöltődnek, az ellenkező töltésű elektród felé vándorolnak, annak felületén lerakódnak, ahonnan a port bizonyos időközönként a porgyűjtőbe eltávolítjuk. Ha az elektródák közötti potenciálkülönbség elegendően nagy, a szóró-elektroda közvetlen közelében a villamos térerő olyan mértékű lesz, hogy az ott lévő gázmolekulák ionizálódnak, vagyis pozitív és negatív ionok, szabad elektronok keletkeznek és a stabil (semleges) molekulákkal együtt lesznek jelen. A szóró-elektroda közelében nagymértékű potenciálesés van, amely megfelelően nagy ionizációs feszültség esetén koronakisülést idéz elő. A koronakisülésnél a gázban lévő szabad elektronok a gázmolekulákkal ütközve további elektronok képződését idézik elő. A negatív töltések a földelt leválasztó elektróda felé áramlanak, ezáltal a teljes leválasztóteret villamos töltések árasztják el. A porral szennyezett gázzal a koronaterbe jutó porszemcsék a pozitív és negatív töltésű ionokkal ütköznek és felvehetik a töltésüket. Így a szóró-elektrodával azonos töltésű negatív részecskék a leválasztó-elektroda felé vándorolnak, a pozitív töltésűek pedig a szóró-elektrodán válnak le, és ott veszítik el a töltésüket (l.6.14. ábra).



**I.6.14. ábra: Elektrosztatikus leválasztók szerkezeti megoldásai (Mózer, Pálmay, 1999)**

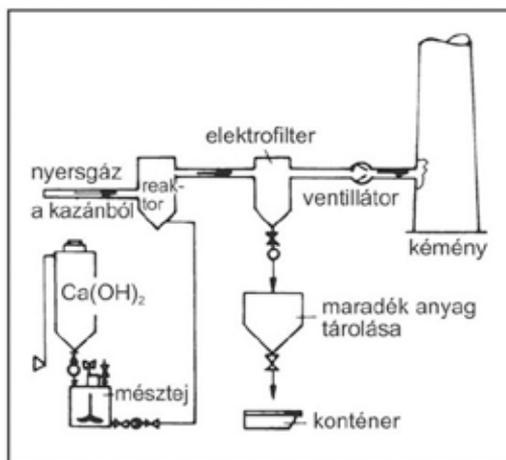
A szóró-elektrodák kis keresztmetszetű huzalok, a leválasztóelektród cső vagy lemez alakú. Az elektródákat a rájuk leváló portól időszakosan le kell tisztítani. A szárazon működő leválasztók elektródáit úgy tisztítják, hogy a levált porréteget az elektródák ütemes kopogtatásával fellazítják és az porfüggöny formájában hullik a gyűjtőgaratba.

Előnyük, hogy 0,1  $\mu\text{m}$ -nél kisebb szemcseméretű részecskék, mégpedig nem csak porok, hanem sav- és kátrányos ködök leválasztására is alkalmasak. A száraz állapotban leválasztott porok a folyamatban újra felhasználhatók. Ellenállásuk csekély, karbantartási igényük kicsi. Normál kivitelben 350 °C-ig, különleges esetekben 800 °C gáz hőmérsékletig használhatók. Hátrányként a nagy beruházási költséget és helyigényt említhetjük.



### Félszáráz füstgáztisztítás

A félszáráz eljárás annyiban különbözik a száraztól, hogy az adalékanyag nem csak mészhidrát lehet, hanem más bázikus anyag is, mint pl. dolomit, nátronlúg, szóda stb. A permetező rendszerű abszorpciós reaktorban bázikus szuszpenzió befecskendezésével biztosítják a szükséges reakciófelületet. A reaktorban elpárolgó vizes fázis és a savas szennyezőanyag a kristályosodó abszorbenssel reakcióba lépnek. Az előzőhöz hasonlóan ez az eljárás is a víz harmatpont feletti hőmérsékleti tartományában működik és maradékanyagként száraz por keletkezik. A savas gázok kiválasztásának a hatásfoka valamivel jobb, az adalékanyag sztöchiometrikus mennyiségi faktora lényegében megegyezik a száraz eljárásával. Az üzemeltetési és a beruházási költségeket tekintve a lúgos oldatok üzemköltsége nagyobb, viszont a reaktor mérete kisebb és beruházási költsége kevesebb, mivel a jól porlasztott oldat párolgási ideje kevesebb, mint 1 másodperc. A szuszpenziók alapanyaga olcsó, viszont a szemcsék kiszáradása hosszú tartózkodási időt tesz szükségessé, anyagtól és szemcsemérettől függően 15-25 másodpercet. Ezért a reaktor mérete igen nagy lesz, akár több száz köbméteres is lehet. A reakcióterméket alkalmas porleválasztóban választják le (l.6.15. ábra).



I.6.15. ábra: Félszáráz füstgáztisztítás folyamata (Barótfi, 2000)

### Nedves eljárás

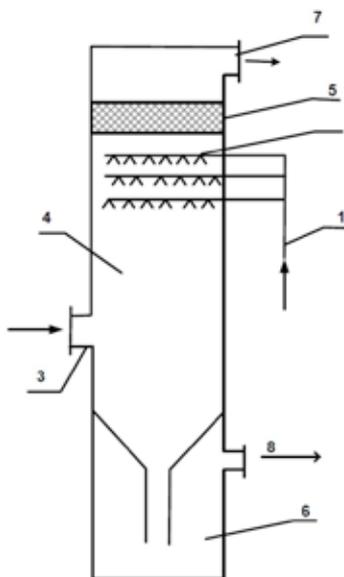
A nedves füstgáztisztítás fejlődése mind a technológia, mind az egyes műveleteket megvalósító berendezések tekintetében felsorolhatatlan sok változatot eredményezett. A jelenlegi, jól bevált, gyakran alkalmazott technológia műveletei: vízbeporlasztással kombinált hűtés és savas mosás, ami a belépő forró, nyers gázt lehűti az adiabatikus telítési hőmérsékletre és a 3-4 pH körüli savas mosóvíz kimossa a só- és a fulvosav egy részét, továbbá az 1-5 mikron feletti szemcseméretű porokat, nehézfémeket. A Venturi-rendszerű hűtő-mosóból a gáz a savas abszorberbe, majd a 8-9 pH-n dolgozó lúgos mosón és a csepplévasztó fokozaton át a kéménybe távozik. E kétlépcsős mosásra azért van szükség, mert a kén-dioxidot csak 4,5 pH-nál magasabb pH-jú mosóvízzel lehet leválasztani, de a jó leválasztási hatásfok csak a lúgos tartományban érhető el. A semlegesítő anyag mindkét fokozatban nátronlúg (NaOH) vagy – ritkán – szóda ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ). A nedves eljárás a savas gázokat nagyon jó, a szilárd szemcséket gyengébb hatásfokkal választja le. Hátránya, hogy a szennyvíz tisztítása (esetleg bepárlása) újabb műveleteket igényel.

A nedves mosókat általában 10  $\mu\text{m}$ -nél kisebb porszemcsék leválasztására alkalmazzák, ha a szennyezett gáz csak szilárd szennyeződést tartalmaz, akkor 2-5  $\mu\text{m}$ -nél kisebb méretű porok leválasztá-

sához indokolt. A nedves mosók működési mechanizmusa miatt a gáz és a mosófolyadék intenzív érintkeztetését kell biztosítani, ezért a berendezés olyan belső kialakítására kell törekedni, hogy a porszemcsék és a folyadék találkozási valószínűsége nagy legyen, lehetőség szerint minden porszemcsének lehetősége legyen a vízcsepphez jutni. Gázkomponensek leválasztásánál bekövetkező diffúzió esetén az anyagátadás nagy érintkezési felület esetén intenzívebb, azaz ebben az esetben is nagy érintkező felületet kell biztosítani.

Az intenzív érintkeztetés során a tisztítandó gázba a nedvesség bepárolog illetve a gáz a cseppeket is magával ragadja, ezért a nedves mosók kiegészítője a cseppleválasztó. A mosófolyadékkal távozó szilárd részek és/vagy leválasztott gázkomponensek a nedves mosó után elhelyezett folyadéktisztító rendszerben választathatók ismét szét.

A nedves mosók egyik leggyakoribb berendezései a permetező mosók, melyek egyidejűleg alkalmasak gáz és szilárd anyagok leválasztására. A hatásos érintkeztetést a gáz egyenletes eloszlásával és a folyadék cseppekre bontásával valósítják meg. A folyadékcseppek létrehozására különböző kialakítású porlasztókat használnak (I.6.16. ábra).

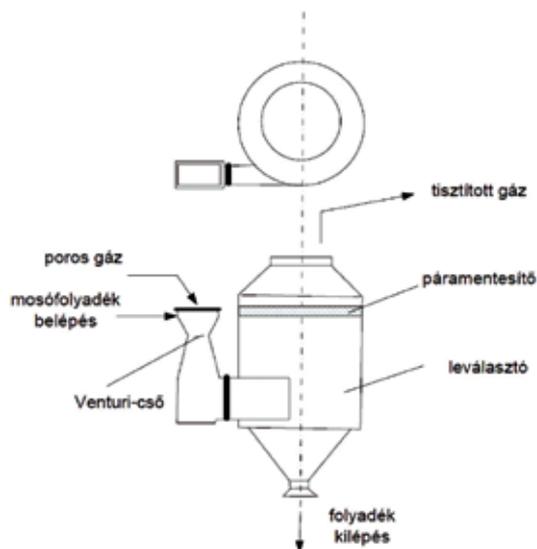


1. folyadék bevezetés, 2. cseppképző rész, 3. gáz bevezetés, 4. gáz-folyadék érintkeztető, 5. cseppfogó, 6. folyadék-gyűjtő, 7. gáz kilépés, 8. folyadék kilépés

**I.6.16. ábra: A permetező mosó felépítése (Csőke, 2011)**

A nedves leválasztók másik jellegzetes kialakítása a Venturi-mosó. A Venturi-mosókban a leválasztandó porok a mosófolyadékkal való ütközése a legfontosabb tényező. A folyadékot a Venturi-szakasz torokrésszébe táplálják vagy porlasztják be. A gázsebesség a torokban a legnagyobb, ahol kinetikai energiája hatására a mosófolyadék finom cseppekre oszlik. A készülékben a gáz és a cseppek örvénylésben vannak, amely kedvez a két fázis érintkezésének, ami nagyon jó leválasztási hatásfokot eredményez. Abszorpciós műveletre történő alkalmazásának korlátja az, hogy a nagy sebességek miatt rövid a tartózkodási idő, ezért inkább kémiai reakcióval kísért abszorpciónál alkalmazzák (I.6.17. ábra).

Venturi-mosóknál igen jó porleválasztási hatásfok érhető el még 1 µm-nél kisebb méretű szennyeződések esetén is. A leválasztás hatásossága a mosófolyadék-vivőgáz arányának megváltoztatásával és a toroksebesség növelésével befolyásolható.



**I.6.17. ábra: Venturi-mosó elvi működési vázlat**  
(Csóke, 2011)

#### I.6.4. Szilárd égetési maradék kezelése

A szilárd égetési maradék (salak és pernye) – az anyagi tulajdonságaik miatt – kizárólag a környezetet nem károsító módon helyezhető el. A maradékok mennyisége és összetétele a hulladék jellemzőitől és a tüzelőberendezés üzem módjától függ.

Az égető után az elégetlen maradékok általában vízágyba esnek és megszilárdulnak, melyeket salaknak neveznek. Ezek összetétele nagyon inhomogén, található bennük: ásványi anyag (kő, üveg, kerámia stb.), fém (vas, alumínium, réz stb.). A salak szemcseeloszlása elsősorban a hulladék darabosságától, valamint a tüzelőberendezés szabályozásától függ.

A füstgázból leválasztott pernye az összes égetési maradék 5-10 %-át jelenti, azonban lényegesen szélsőségesebb tulajdonságokkal rendelkezhet, mint a salak. A pernye gáz, gőz, nedvesség megkötő képessége miatt ként, fluoridokat, kloridokat és nehézfémeket is tartalmazhat, ezért lerakására nagy gondot kell fordítani. A kommunális hulladékégetők pernyéje veszélyes hulladéknak minősül.

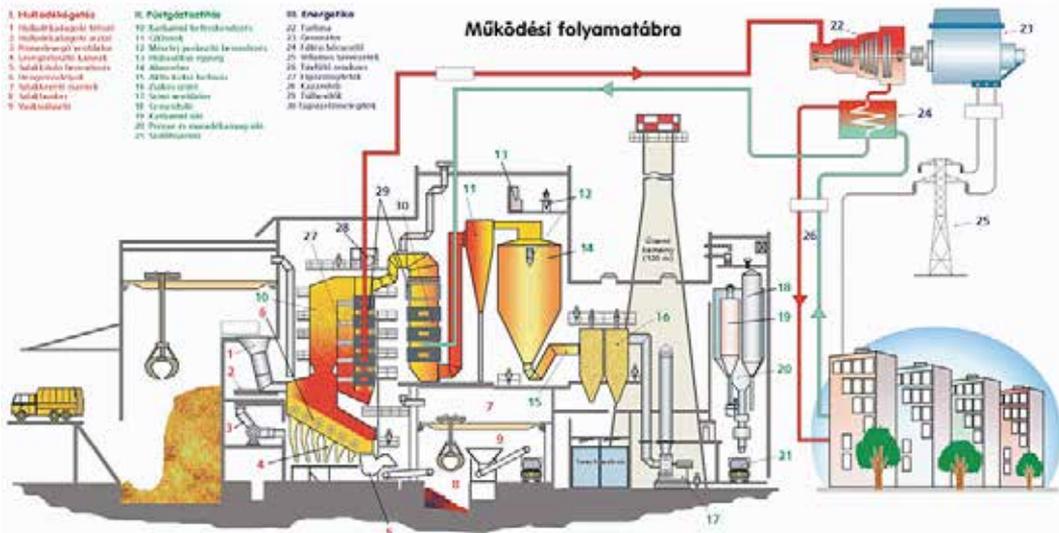
##### **Hasznosítás**

A települési hulladék salakját pl. az útépitésben hasznosítják. Ilyen esetben a salakot megfelelően elő kell készíteni. Az előkészítés aprításból, mágneses vaskiválasztásból, és rostálásból áll. A salakot különböző méretű frakciókra választják szét. Az égetésből visszamaradó salak egyéb alkotóinak pl. üveg és a vastól különböző fémek visszanyerésére kifejlesztett eljárások hatékonysága is egyre javul.

#### I.6.5. Hulladékégetés hazai példái

##### **I.6.5.1. Fővárosi Hulladékhasznosító Mű**

Magyarország egyetlen kommunális hulladéktüzelésű erőműve, mely termikusan ártalmatlanítja a Budapesten keletkező települési szilárd hulladék mintegy 60 %-át, ami évente 420 ezer tonna. Ezzel 13 ezer lakás fűtéséhez szükséges gőzt és 45 ezer lakás éves villamos energia mennyiségét állítja elő. A I.6.18. ábra mutatja a Hasznosító Mű technológiai lépéseit.



**1.6.18. ábra: A technológia bemutatása** ([http://www.fkf.hu/portal/page/portal/fkf/HUHA/hulladek\\_haszn\\_mu\\_mukodese/A%20technol%C3%B3gia%20bemutat%C3%A1sa](http://www.fkf.hu/portal/page/portal/fkf/HUHA/hulladek_haszn_mu_mukodese/A%20technol%C3%B3gia%20bemutat%C3%A1sa))

Az alkalmazott technológiában a következő lépések követik egymást. A hulladékbeszállító járműveket a teherportán kialakított hídmérleggel mérlegelik és a beszállított hulladékmennyiség regisztrálásra kerül. A hídmérleget a Budapesti Mérésügyi és Műszaki Biztonsági Hatóság hitelesítette és korszerű elektronikus adatfeldolgozással rendelkezik. A mérlegelést követően a hulladékgyűjtő járművek a hulladékot a zárt terű hulladékbunkerbe ürítik.

A 10 000 m<sup>3</sup>-es hulladékbunker-térben 2 db 10 tonnás polipmarkolós hídaru homogenizálja a hulladékot és a kazánok garatjába adagolja. A kazánok az égéslevegőt a bunkertérből szívják el, ez a megoldás a bunkerben az üritéskor keletkező por és a bűzös bomlási gázok kiáramlását megakadályozza. Az esetleges bunkertüzek megakadályozására, illetve a gyors oltásra 3 db vízágyú van a bunkertérben. A bunkertér a vezénlyőből kamerás megfigyelőrendszeren keresztül ellenőrizhető.

A garatban a hulladék gravitációsan jut le az adagoló asztalra, ahonnan adagolódugattyú nyomja be a hulladékot a tüztérbe. Itt a hulladékok tüzelése egy speciális, 30 fokos lejtésű, hat hengerből álló rostélyrendszeren történik. Az egyes rostélyhengerek fordulatszámát külön-külön fokozatmentesen szabályozható. A bunkertérből elszívott és gőzkaloriferen kb. 140 °C-ra előmelegített primer levegőt külön ventilátor nyomja át a rostélyhengereken keresztül a tüztérbe. Az egyes rostélyhengerekhez a tüzeléstechnikailag szükséges levegőmennyiséget külön-külön lehet szabályozni.

A tüztér felső részében kialakított szűkületben két oldalról az égéshez szükséges további levegőt, az ún. szekunder levegőt fűvatják be. A nagysebességű szekunder levegősugarak erőteljes turbulenciát hoznak létre és ezáltal sikerül biztosítani a füstgázban még fellelhető éghető gázok, elsősorban a szén-monoxid tökéletes elégetését.

A tüztérben a rostélyon a hulladék 1000-1100 °C hőmérsékleten tökéletesen kiég, és az eredeti tömeg kb. 23 %-át kitevő mennyiségű salak az utolsó hengerrostélyról vízfürdőbe hullik, ahol lehűl és granulálódik. A vízfürdőből a salakot egy hidraulikus, dugattyús rendszerű kitoló berendezés a salakbunkerbe juttatja. A salakeltávolító berendezés zárt, szennyvíz nem távozik a berendezésből. A salakból a salakbunker-térben kialakított salakkezelő rendszer és elektromágnesek segítségével a hulladék vas leválasztásra és újrakohósítás céljából értékesítésre kerül. A vasmentesített salak hulladéklerakón takaróanyagként kerül hasznosításra.

A kazán tűzterének és első huzamának megfelelő falazatkialakításával biztosítható, hogy – átlagos vagy annál magasabb hulladék fűtőérték mellett – a füstgáz hőmérséklete legkevesebb 2 másodpercig 850 °C fölött tartható legyen. Ez a dioxinok és furánok keletkezésének megakadályozására szolgál. Amennyiben alacsonyabb hulladék-fűtőérték mellett ez nem lenne lehetséges, úgy a tűztérben 2 db, egyenként 260 m<sup>3</sup>/h teljesítményű stabilizáló földgázégő és az első huzamban 2 db, egyenként 1600 m<sup>3</sup>/h teljesítményű földgázégő szükség szerinti működtetése biztosítja az előírt minimális füstgázhőmérsékletet. A tüzelés szabályozása teljesen automatizáltan, számítógépes folyamatirányítással történik. A kazánok indulásakor, valamint minden olyan üzemállapotban, amikor a tűztérben az előírt 850 °C nem biztosítható, automatikus reteszelés gondoskodik arról, hogy ne történjen hulladékbeadagolás a tűztérbe.

Az első huzam felső részén kialakított fúvókákon keresztül karbamid vizes oldatát kell befecskendezni a tűztérbe a nitrogén-oxidoknak redukció útján történő csökkentése érdekében. Ez a megoldás az általánosan elterjedt, ún. SNCR (szelektív nem katalitikus redukciós) denox eljárás. A befecskendezett karbamid mennyisége a tisztított füstgázban mért NO<sub>x</sub>-koncentrációtól függ.

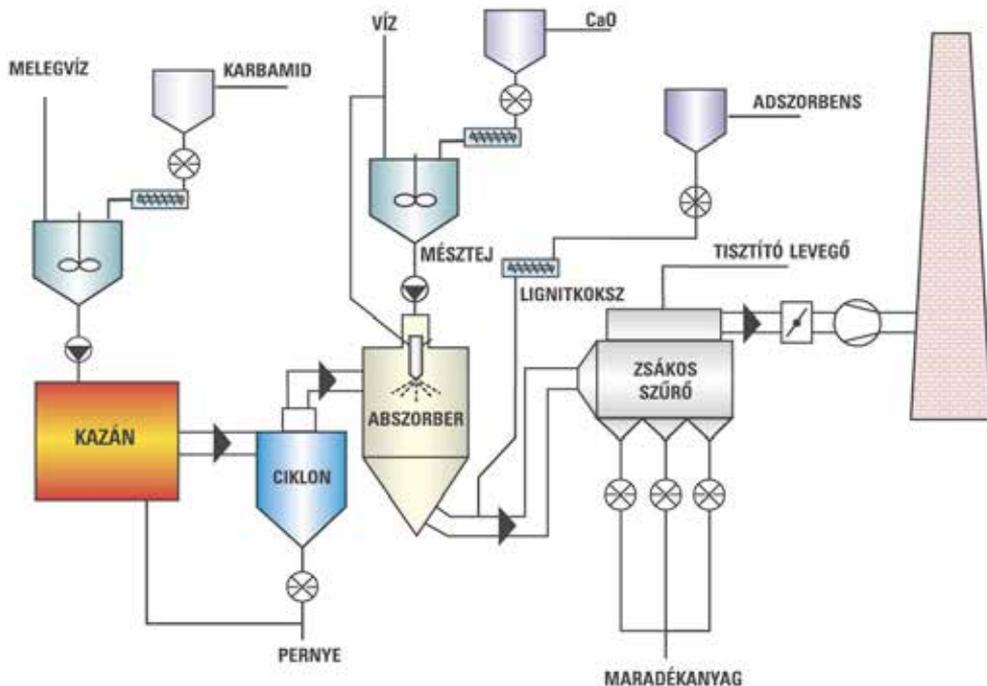
A füstgáz a kazánból 200-220 °C hőmérsékleten áramlik át a füstgáztisztító rendszerbe. A fűszáraz, szennyvízmentes füstgáztisztító rendszer a füstgáz útját követve az alábbi főbb részegységekből áll:

- kettős ciklon a pernye elő-leválasztására (hatásfoka kb. 90 %),
- mésztej-befecskendezésű abszorber a savas gázok közömbösítésére,
- aktív lignitkoks-adagoló rendszer a dioxinok, furánok és a gőzfázisú higany adszorpciók megkötésére,
- zsákos szűrő a maradék pernye, reakció-sók, többlet abszorbens és adszorbens leválasztására,
- füstgáz ventilátor a füstgáz kéménybe történő továbbítására és egyben a tűztér-huzat biztosítására.

Az abszorberben befecskendezésre kerülő mésztej mennyiségét számítógépes rendszer szabályozza a tisztított füstgázban mért sósav- és kén-dioxid-koncentrációnak megfelelően. A mésztej előállítás helyben, a por formában beszállított égetett mészt oltásával történik. Az abszorberben a mésztej mellett még külön víz is befecskendezésre kerül a hőmérséklet szabályozására.

A zsákos szűrőkben a zsákok külső felületén kialakuló porréteg szabályozható időütemezésű sűrített levegő befúvással távolítható el (l.6.19. ábra).

A kazánok huzamai alatti tölcésekben összegyűlő kazánpernye és a ciklonokban leválasztott pernye közösen mechanikus, majd pneumatikus úton jut a pernyesilóba. A zsákos szűrő tölcéseiben összegyűlő szilárd maradékanyag a pernyéhez hasonló módon kerül egy külön maradékanyag-silóba. A maradékanyag-kezelő rendszer lehetővé teszi a silókból a pernyének és a füstgáztisztítási maradékanyagoknak külön-külön, vagy együttesen történő kitarolását, illetve kezelését. A pernye és a zsákos szűrő maradékanyag szárazon és külön-külön, illetve keverten tölthető megfelelő konténerekbe, illetve tartályos gépjárművekbe. A száraz kitaroláson túlmenően lehetőség van víz és cement hozzáadásával betonszerű, szilárduló maradékanyag előállítására is. A maradékanyag kitarolás és a kezelés módja az elhelyezési lehetőség függvényében kerül meghatározásra. Jelenleg a pernye és a füstgáztisztítási maradék száraz por formájában, zárt konténerekben kerül elszállításra és megfelelő hatósági engedélyekkel rendelkező telephelyeken kerül kezelésre és ártalmatlanításra.



**I.6.19. ábra: A füstgáztisztítás folyamata**  
(Fővárosi Hulladékhasznosító Mű)

Minden egyes kazán teljes körű emisszió-mérő monitoring rendszerrel rendelkezik. A 3/2002. (II.22.) KöM-rendeletben előírt valamennyi folyamatosan mérendő szennyező komponens mérési adata regisztrálásra, majd számítógépes feldolgozásra kerül.

A hulladék elégetése segítségével termelt gőz 2 db turbinában expandáltatva villamosenergia-termelés, illetve távhőszolgáltatás formájában hasznosul. A nagyobbik, elvételes-kondenzációs turbina-generátor egység névleges teljesítménye 24 MW, a kisebbik, ellennyomású gépegység villamos teljesítménye 3 MW. A termelt villamosenergia-mennyiségből az önfogyasztáson túli hányad az országos hálózatba jut. A 24 MW-os turbina elvételén keresztül, ill. a 3 MW-os turbina ellennyomású csomópontján keresztül távozó gőz hőcserélő közbeiktatásával a káposztásmegyeri lakótelep fűtésére hasznosul, az Újpesti Hőerőművel történő kooperációban. A 24 MW-os turbinából távozó gőz vákuum alatt csöves kondenzátorban csapódik le, míg a hűtővíz 4 blokkból álló nedves hűtőtoronyban hűl vissza.

A vízelőkészítés hagyományos, teljes sótalanítási rendszerű, mely anion- és kationcserélő blokkokból, valamint ún. kevertágyas blokkokból áll. Hűtővízként karbonát-mentesített víz szolgál. A pótvíz a hálózati ivóvízrendszerből származik. A vízelőkészítő rendszerből külön semlegesítő medencén keresztül, megfelelő pH-beállítást követően távozik a szennyvíz a városi csatornahálózatba.

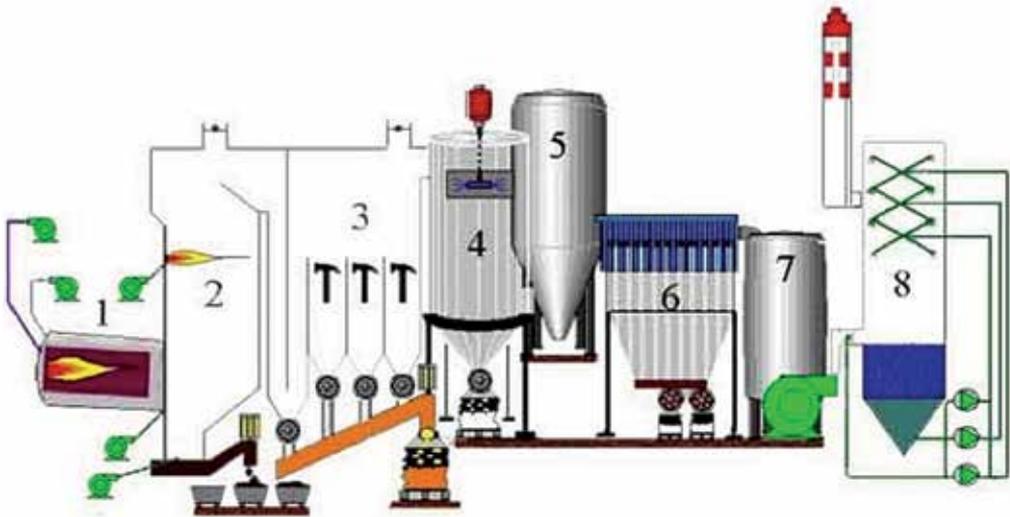
#### **I.6.5.2. SARPI Dorog Kft.**

A SARPI Dorog Kft. az ország egyik legjelentősebb környezetvédelmi szolgáltatója, aki a veszélyes hulladékokat szakszerűen, a leghigorúbban ellenőrzött körülmények között ártalmatlanítja.

### **Az égetőműben alkalmazott technológia bemutatása**

A technológia folyamatára (I.6.20. ábra) 8 egységre osztva ábrázolja a termikus ártalmatlanítás folyamatát, melyek a következők:

1. forgókemence,
2. utóégető kamra,
3. hőhasznosító kazán,
4. abszorber,
5. mészporos és aktív szén reaktor,
6. zsákos porleválasztó,
7. katalitikus dioxinmentesítő,
8. mosótorny.



**I.6.20. ábra. A SARPI Dorog Kft.-nél alkalmazott technológiai folyamatára**  
(<http://www.sarpi.hu/hu/uzemunk/folyamat/>)

A beadagolt hulladék elégetése a forgó csőkemencében (1200-1300 °C-on), illetve az utóégető kamrában (1100 °C) történik. A forgókemence – melynek térfogata 108 m<sup>3</sup> – óránként 6-7 fordulatot tesz meg. A forgó csőkemence feltöltése a homlokfalon kialakított feladónyíláson, csúszdán, valamint lándzsákon keresztül történik.

A szilárd hulladékok beadagolása kétféle módon történhet. Az aprítható szilárd hulladékot és a hordós hulladékok nagy részét darálás után egy automatikus adagoló berendezés segítségével juttatják az égető berendezésbe. A nem aprítható hulladékot tartalmazó hordók kettős zsilipen keresztül jutnak be a forgókemencébe.

A folyékony hulladékok kétféle módon juthatnak a forgó kemencébe: levegővel vagy gőzzel történő beporlasztással. A beadagolásra kerülő hulladék mennyiségét a forgókemence hőterhelhetősége, illetve az utóégető kamra hőmérséklete határozza meg. Amennyiben a forgó csőkemence hőmérséklete 900 °C alá csökken, a hulladék adagolása automatikusan megszűnik.

A forgókemence után az utóégető kamra található, amely a nem reagált anyagok elégetésére szolgál. Az elégetlen gázok azon folyamatokból származnak, melyek számára a forgó csökemencében való tartózkodási idő nem volt elegendő a tökéletes égéshez.

A forgókemencéből kilépő gázoknak minimum 2 másodpercen keresztül kell áramolnia az utóégető kamrában a tökéletes égéshez. A dorogi égetőműben ez teljes mértékben megvalósul, mivel majdnem 6 másodpercen keresztül áramlik a gáz az utóégető kamrában.

A következő egység a hőhasznosító kazán, amely a füstgáz hőtartalmát gőz előállításra használja. A gőz egy része a technológiában kerül hasznosításra, a felesleges gőzmennyiség pedig egy turbinagenerátor egységet (1 MW) hajt meg, ami elektromos áramot termel. A termelt villamos energia fedezi az üzem villamos energia fogyasztás nagy részét.

A hőhasznosító kazánból kilépő füstgázok kombinált rendszerű ötlépcsős füstgáztisztító rendszerbe kerülnek. A füstgáztisztító rendszer első eleme az abszorber, ahol egy mésztejes beporlasztást követően abszorpció játszódik le. Az abszorpció során a füstgáz savas komponensei megkötődnek, illetve a reakció során keletkező só – a füstgáz hőtartalmának hatására – szárazra párolódik, amely az abszorber alján BIG-BAG zsákokban kerül eltávolításra.

A füstgáztisztító rendszer második eleme a mészporos és aktívszén reaktor, melyben száraz mészhidrátot és aktív szenet porlasztanak be a füstgázáramba, a füstgáztisztítási hatásfok javítására. A 200 m<sup>3</sup> térfogatú reaktorban száraz adszorpció füstgáztisztítási folyamat megy végbe, amely során megkötődik a dioxinok és furánok jelentős része, valamint a toxikus nehézfémek is.

A füstgáztisztító rendszer harmadik eleme a zsákos porleválasztó, amelyben a füstgáz szilárd portartalma kerül leválasztásra. A porleválasztóban összegyűlt por a porsilóban kerül gyűjtésre, ahonnan a filter por ürítése BIG-BAG zsákokba, vagy tartályautóba történhet. A porleválasztóból alacsony porkoncentrációval jut a füstgáz a rendszer következő elemébe, a katalitikus dioxinmentesítőbe.

A katalitikus dioxinmentesítőben lebontásra kerül a füstgázban még jelenlévő maradék dioxin, illetve furán származék. A katalizátor két részből áll, egy szivacsos szerkezetű titán-oxidból és az erre aktív réteggént felhordott vanádium-pentoxidból. A katalizátor aktív felülete 19 000 m<sup>2</sup>.

Ezen egység után található egy nagy teljesítményű ventilátor, amelynek segítségével biztosított a füstgáz terjedésének iránya az egész rendszerben.

A füstgáztisztító rendszer ötödik – egyben utolsó – eleme az ellenáramú nedves gázmosó torony. A mosótoronyban alkalmazott mosófolyadék ebben az egységben a meszes víz, melynek hatására megkötődik a még benne található sósav, hidrogén-fluorid, kén-dioxid és maradék por tartalom, emellett a füstgáz körülbelül 60 °C hőmérsékletűre hűl.

A megtisztított füstgáz a 70 méter magas kéményen keresztül távozik a rendszerből a légtérbe, a jelentős vízgőz tartalma végett fehér gőzcsóva formájában. A kéményen elhelyezett mérőműszer segítségével folyamatosan mérik a kibocsátott füstgázban jelenlévő és a jogszabályban előírt komponensek koncentrációit.

Az égetési technológia folyamatos ellenőrzését a szakembereken kívül egy szupervíziós rendszer végzi. Az ártalmatlanítási technológiát vezérlő automatika a legkisebb rendellenesség esetén is azonnal – emberi beavatkozás nélkül – leállítja a folyamatokat.

A folyamat során háromféle maradékanyag keletkezik. Az első, a forgókemencéből kikerülő salak, melynek vastartalma mágnesszalag segítségével kiválasztásra, majd hasznosításra kerül. A salakot, amely tovább már nem hasznosítható, veszélyes hulladéklerakóba szállítják.

A második maradékanyag – a zsákos porleválasztó egység után összegyűjtött – filter por, amelyet szolidifikálás után veszélyes hulladéklerakóba szállítanak végső ártalmatlanítás céljából.

A harmadik maradékanyag a mosótoronyban keletkező mosóiszap. Az itt keletkező iszapot vákuum szalagszűrőn szűrik, a szűrletvíz döntő hányada visszakerül a mosóba, míg egy része az üzemi vízzel együtt az abszorber előtartályába kerül. A kiszűrt, főleg gipszet tartalmazó iszapot konténerben gyűjtik, majd a forgókemencébe visszaforgatják.



### **A beérkező hulladékok laboratóriumi vizsgálata**

Az égetőmű. munkatársai a hulladékátvétel előtt mintát vesznek a beérkező hulladékból, amit a Kft. laboratóriumában az alábbi vizsgálatoknak vetnek alá:

- pH és lobbanáspont meghatározása,
- elemösszetétel vizsgálata ED-XRF készülékkel (halogén és nehézfém-tartalom meghatározása),
- égéshő meghatározása kaloriméterekkel,
- összeférhetőség megállapítása.

A fenti vizsgálatok célja a hulladékok biztonságos tárolásának és együtt tárolásának biztosítása. Emellett fontos információkkal szolgálnak a megfelelő ártalmatlanításhoz, a hulladékégetési menü összeállításához.

A fenti vizsgálatok mellett a hulladékok halogéntartalmát vizsgálhatják még ionkromatográffal, illetve a toxikus fémek esetében lehetőség van ICP-OES-sel történő mérésre is.

### **I.6.6. Pirolízis**

A hőbontás (pirolízis) a szerves anyagú hulladék megfelelően kialakított reaktorban, hő hatására, oxigén-szegény vagy oxigénmentes közegben – esetleg inert gáz (pl. nitrogén) bevezetés közben –, szabályozott körülmények között bekövetkező kémiai lebontása. Ennek következtében a hulladék kisebb molekulatömegű, egyszerűbb, de stabilabb vegyületekre bomlik le.

A hőbontás során a szerves hulladékból:

- pirolízisgáz;
- folyékony termék (olaj, kátrány, szerves savakat tartalmazó bomlási víz);
- szilárd végtermék (piroliziskoksz) keletkeznek.

Ezek összetétele, aránya és mennyisége a kezelt hulladék összetételétől, a reaktor üzemi viszonyaitól és szerkezeti megoldásától függ. A végtermék elsősorban energiahordozóként (fűtőgáz, tüzelőolaj, koksz), ritkábban vegyipari másodnyersanyagként (pl. a gázterméket szintézisgázzá konvertálva metanol előállításához) és esetenként egyéb célokra (talajjavítás szilárd, szénben dús maradékkal; fakonzerválás vizes maradékkal; granulált salakolvadék építőipari adalékanyagként stb.) hasznosítható.

A hőbontás során döntőek a kémiai átalakulás reakció feltételei. Ide tartoznak elsősorban a hőmérséklet, a felfűtési idő és a reakcióidő, továbbá a szemcse-, ill. darabnagyság és az átkeveredés mértéke, hatékonysága. A végtermék összetételének és részarányának alapvető meghatározója a hőmérséklet. A hőátadástól függ a felfűtési sebesség, amely szintén hat a termékek összetételére.

A pirolitikus eljárások széles hőmérséklet-tartományban működnek:

- alacsony hőmérsékletű pirolízis: 450-700 °C;
- magas hőmérsékletű pirolízis: 700-1100 °C;
- elgázosítás: 800-1100 °C;
- olvadt salakos elgázosítás: 1500-1700 °C.

A reaktorok a fűtési mód szerint lehetnek:

- közvetett (reaktorfalon keresztül, ill. cirkulációs közeg segítségével) és
- közvetlen fűtési megoldásúak.

A közvetlen fűtésű reaktorokban a pirolízis és a hőenergiát szolgáltató parciális égés közös térben megy végbe. A reaktorfalon keresztüli hőközlés egyrészt rossz hatásfokú, másrészt az ilyen reaktorok érzékenyek a tűzálló falazat minőségére, viszont egyszerű üzemeltetésűek és jól szabályozhatók. A cirkulációs közegű hőátadás jó hatásfokú, ellenben bonyolultabb az üzemeltetése.

A legjobb hőátadási viszonyok a közvetlen fűtési módszerrel érhetők el, viszont ilyenkor megnő a gáztermékek szén-dioxid-, víz- és nitrogén-oxid-tartalma és körülményesebb a folyamatszabályo-

zás is. A reaktorban feldolgozott anyag és a pirolízisgázok egymáshoz viszonyított áramlási irányja szerint megkülönböztetünk egyen-, ellen- és keresztáramú eljárásokat. Az áramlási irány lényeges a gáztisztítás bonyolultsága szempontjából.

A szilárd maradékok a vízfürdős leválasztást követően különbözőképpen dolgozhatók fel (szervetlen maradékok elkülönítése után aktívszén előállítás, közvetlen elégetése stb.).

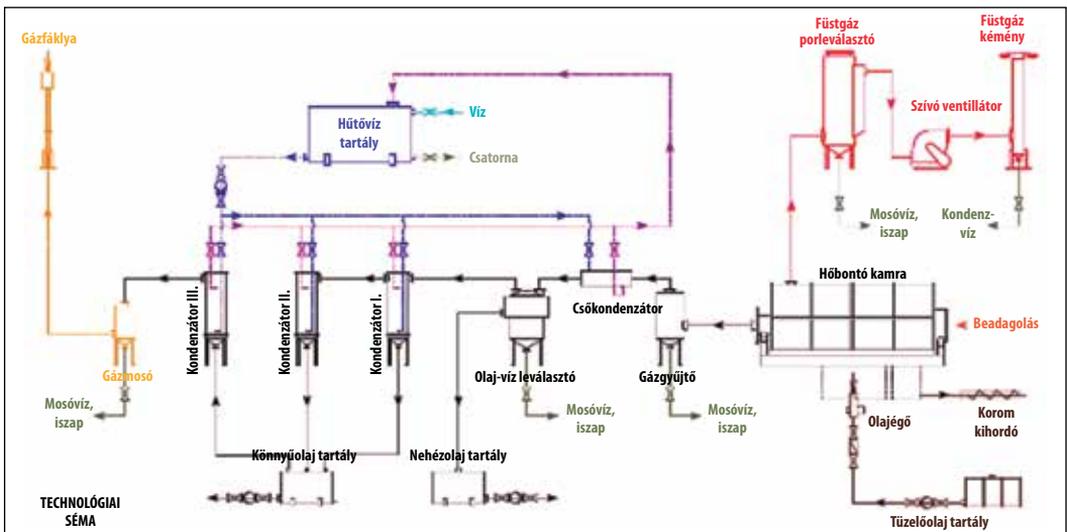
A gáz- és gőzállapotú termékek leválasztására és tisztítására a legkülönbözőbb gáztisztítási és gáz-gőz szétválasztási módszereket és kombinációikat (pl. ciklonokat, elektrofiltereket, gázmosókat, utóégető kamrákat, krakkoló reaktorokat) alkalmazzák.

A pirolízis fizikai és kémiai részfolyamatok összessége. A hőbontási eljárások nagyon bonyolultak, ugyanakkor nagyon gazdaságosak: legnagyobb előnyük az, hogy termékeik jól értékesíthető alifás és aromás szénhidrogének, továbbá légszennyező hatásuk lényegesen kisebb, mint a hulladékégetésé.

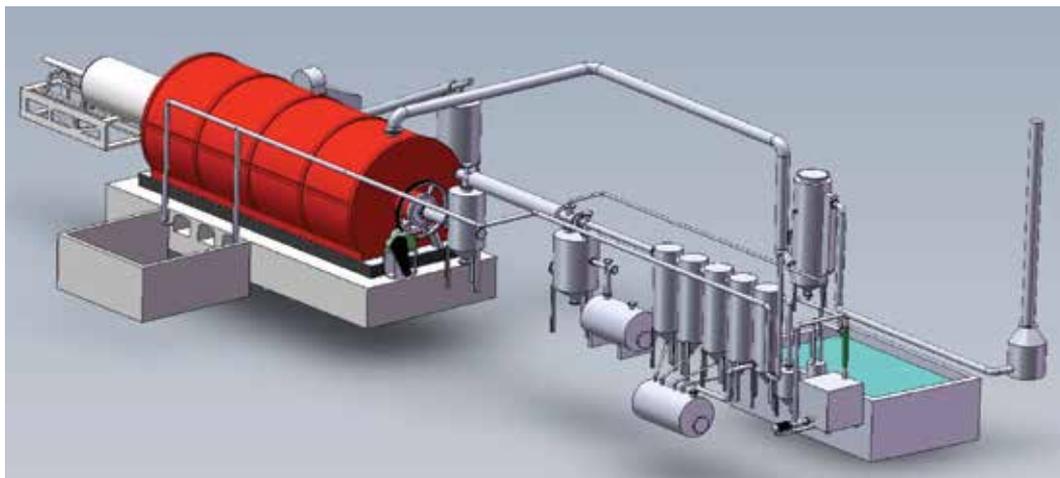
**Hátrányai:**

- fokozott anyagelőkészítést igényel;
- a gáztisztítás összetettebb, komplikáltabb, mint az égetésnél keletkező füstgáz tisztítása;
- mosóvize erősen szennyezett, komplex módon kell tisztítani;
- viszonylag nagy a lehetősége a nehezen bomló, nem tökéletes égéstermékek képződésének, ezért az energetikailag hasznosítható gázt csak nagyon magas hőmérsékleten lehet égetni.

A kis és közepes hőmérsékletű eljárásokat egy-egy termékcsoporthoz (pl. műanyag-, gumihulladék, termelési hulladék) feldolgozására fejlesztették ki nyersanyag visszanyerés céljából (I.6.21 és I.6.22. ábra). A nagy hőmérsékletű technológiák elsősorban kommunális hulladék feldolgozására alkalmasak, a végtermékek energiatermelésre használhatók fel.



**I.6.21. ábra: Kis hőmérsékletű pirolízis technológia folyamatábrája**  
(Environ-Energie Kft.)



**1.6.22. ábra: Kis hőmérsékletű pirolízis technológia térbeli nézete** (Environ-Energie Kft.)

A pirolízis a hulladékok feldolgozásának első szakasza. Amennyiben olyan nyersanyag visszanyerése a cél, amit kémiai technológiával tovább alakítanak végtermékké, akkor teljes egészében vegyipari műveletsornak minősíthető és a hulladék reciklálás fogalomkörébe sorolható. Ha a végtermékek energiatermelésben hasznosulnak, akkor a végtermékek (olaj, éghető gáz) a folyamat befejező fázisában teljes oxidációs műveletbe kerülnek, azaz elégnak.

#### **1.6.6.1. Pirolízis jellemző vegyi folyamatai**

- Kis hőmérsékletű hőbontás tartománya 450-600 °C. A végtermék olaj, kátrány és nagy széntartalmú szilárd maradék. A gázképződés csekély mértékű.
- A közepes hőmérsékletű pirolízisből 600-800 °C között az olaj, a kátrány, valamint a szilárd maradék részaránya erősen csökken, a gáznemű termékek hányada nő. Aromás szénhidrogének, benzolszármazékok keletkeznek, a termikus krakkolódnási folyamat erősödik.
- Nagy hőmérsékletű hőbontás 800 °C fölött. 800 °C és 1200 °C között a termikus krakkolódnás során rövid láncú szénhidrogének képződnek (főleg metán), a jelentős mértékű hidrogén felszabadulásának következménye a vízgáz termelődése, a szilárd végtermék grafit.
- 1200 °C és 1700 °C között, ha a szilárd hulladékban szervesanyagok is voltak, akkor azok meglágyulnak, összeolvadnak, szilikátos végtermékek képződnek, a fém-oxidok redukálódnak.

#### **Parciális pirolízis**

A parciális pirolízis átmenetet képvisel a teljes oxidáció és a pirolízis között. Annymiban különbözik a pirolízistől, hogy a hőbontás nem oxigénmentes, hanem oxigénszegény térben történik, de nem is teljes oxidáció zajlik le, mivel a füstgáz jelentős arányban (esetenként 50 %-nál több) éghető „pirolízisgázt” tartalmaz. Lehetne parciális oxidációnak is nevezni, de a szakirodalomban a parciális pirolízis elnevezés terjedt el, sőt, a hulladékégetési szakmában röviden – bár nem helyesen – egyszerűen pirolízisként is említik. Lényege az, hogy a reakcióteret nem külső hőforrás segítségével, a reaktor falán átvezetett vagy a reaktortérben sugárzó hővel közvetlenül hevítik, hanem közvetlenül a hulladék égésmelegével, azáltal, hogy a hulladék szervesanyag-tartalmának egy részét, az alacsony hőmérsékleten „illanó” komponenseket a sztöchiometrikus oxigénigénynél kevesebb oxigénnel égetik. Ezáltal az endoterm pirolízis hőenergia-igényét a hulladék részleges elégetéséből származó égéshő fedezi. Ezen a hőfokon a hulladék egy része elég, más

része csak elgázosodik, illetve izzó szénként marad az égéstérben, végül szintén megmarad a nem éghető rész, a salak. A füstgázok az első, az ún. pirolízis kamrából tovább áramlanak a második (vagy a harmadik) égéstérbe. A parciális pirolízis befejező művelete a kémiaiag nagyon stabil pirolízisgázokból és a füstgázokból álló gázelegy oxidációja.

A parciális pirolitikus égetésnél a tűzvezetés, az égés intenzitása, a tüztér hőmérséklete az égéslevegő (az oxigénbevitel) szabályozásával és esetenként rövid vízbefecskendezéssel annyira kézben tartható, hogy az első égéstér (a pirolíziskamra) hőmérséklete a beállított értéktől  $\pm 10$  °C-nál nagyobb mértékben nem tér el, még az óránként háromra lecsökkentett adagolás esetén sem. A pirolízis-kamrába az alacsony, 800-900 °C hőmérsékletű, tökéletlen égéshez nagyon pontosan szabályozott, kevés égéslevegőt kell csak bevezetni, ezért a tüztérben nagyon gyenge a gázáramlás, esetenként lamináris is lelassul. Ennek következtében a gázáram alig ragad magával port. Az alacsony láng- és tüztérhőmérsékleten a nehézfémek egyáltalán nem, vagy csak nagyon korlátozottan párolognak el és lépnek be a füstgázáramba, valamint a kevés elragadott pernye nem lágyul meg, nem lesz ragadós, így nem tapad fel a falazatra.

A második égéstérben (a pirolízis-reaktorban) nagyon intenzív körülmények között, rövid, legfeljebb 0,5 másodperces tartózkodási idő alatt megy végbe az éghető gázok oxidációja, a rendszerint kör keresztmetszetű égéstérbe tangenciálisan, nagy sebességgel befúvott szekunder levegő hatására. Az oxidáció – póttüzelés nélkül – a gázhőmérséklet pillanatszerű reakcióban 200-300 °C-kal megemeli. Erre szükség is van, mert a stabil vegyületekből képződött pirolízisgáz jó hatásfokú elégetésére legalább 1050 °C lánghőmérséklet szükséges.

Egyes hulladékoknál a nagyon intenzív égetési körülmények sem biztosítják a kitűzött égetési és lebontási hatásfokot, ezért szükség van a harmadik égéstérre, az utóégető kamrára. Ebben a hagyományosan kiképzett égéstérben 1100 °C fölött 2 másodpercig tartózkodik a füstgáz.

A parciális pirolízis fő problémája a salak 3 % TOC alatti kiégetése, ugyanis a szerves anyagok elgázosítása után mindig marad a pirolíziskamrában izzó koks, ami csak légfesleggel égethető el. A szakaszos üzemű égetőknél az a megoldás, hogy a túlméretezett első égéstérben 12-16 óráig tart a pirolitikus égetés, majd az adagolás beszüntetése után 4-6 órás teljes oxidációval történik a karbonégetés. Ebben az égetési szakaszban a füstgáz a szén-dioxidon kívül más szennyező anyagot már nem tartalmaz, mennyisége nagyon lecsökken, és a tüztér meglehetősen lehűl. A folytonos üzemű pirolitikus égetőknél speciális megoldásokkal érik el a salakkiégetési zónában a légfesleggel történő karbonégetést, mint pl. negyedik (salakkiégető) kamrában, vagy ellenáramú forgódobos kemencében, de van olyan forgódobos kemence is, ahol a dob hossz tengelye mentén zónásítva van az égés-levegő befúvása.

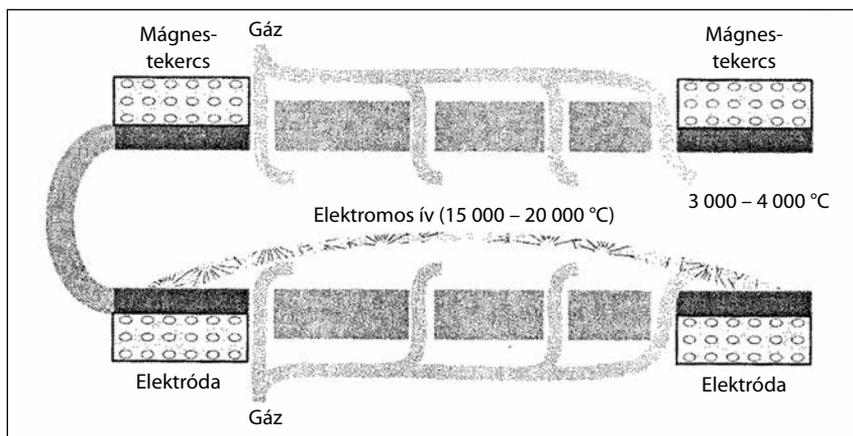
### **I.6.7. Elgázosítás**

Kevés levegővel,  $\lambda < 1$  légfesleggel részleges oxidáció történik. A folyamat során tisztítandó nyers gáz és megolvadt szervesanyag maradvány keletkezik. Hatóanyagként vízgőzt, oxigént vagy szén-dioxidot tartalmazó gázosító közeget alkalmaznak. Elgázosításkor a hulladék éghetőanyag-tartalmának lehetőség szerint teljes mennyiségét éghető, energetikailag hasznosítható gázzá alakítják át, és a visszamaradó termék csekély mennyiségű koks, illetve a teljes elgázosításkor olvadt salak. Ide sorolható a „hidrogénezés” néven ismert különleges eljárás is, melynek során a hulladék szervesanyag-tartalmát CO jelenlétében, vizes közegben, nagy nyomáson (70-450 bar és alacsony hőmérsékleten (250-450 °C) túlnyomó részben olajj és kátránnyá, továbbá viszonylag kis mennyiségben gáznemű és szilárd végtermékké alakítják át.

### **I.6.8. Plazmasugaras égetés**

A plazmasugaral történő hőbontásra magas hőmérsékletre hevített gázt vagy gázelegyet használnak. A hőbontás lehet pirolitikus, amikor a hulladék alkotóelemeire ( $N_2$ , CO, HCl stb.) esik szét, de

lehet oxidációs is, hasonlóan az égetéshez. A plazmát plazmagenerátorral két elektród között létrejött villamos íven átbocsátott gáz vagy gázelegy magas hőmérsékletre történő felhevítésével hozták létre. A 1.6.23. ábra egy belső elektródás plazmagenerátor vázlatos szerkezetét mutatja be.



**1.6.23. ábra: Plazmagenerátor vázlata** (Lábody, 2003)

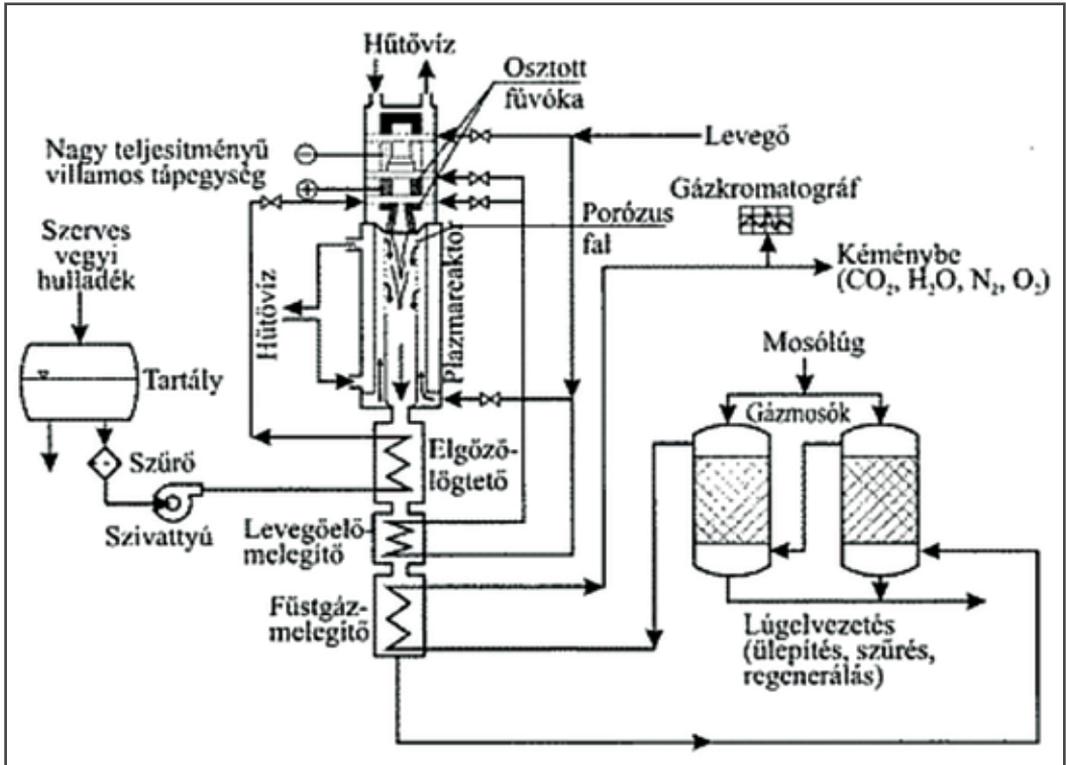
Az ionizált atomokat és elektronokat is tartalmazó gázokat plazmának nevezzük. A plazma állapot – szokásos negyedik halmazállapotnak is nevezni – jellemző sajátossága, hogy csak magas hőmérsékleten tartható fenn. Ha egy gázt hevítünk, akkor 2000 °C körül megindul a gáz molekuláinak disszociációja, azaz atomokra szétesése. 3000 °C felett a gázatomok egy része elektront veszít és ionná válik, ezáltal létrejön a plazma állapot, amely a bomlás eredményeként szabad elektronok, pozitív és negatív ionok, valamint semleges atomok keveréke.

A plazmagenerátor két elektródja között húzott nagyfeszültségű (1000 V felett), esetleg több ezer A áramerősségű villamos ív elektromos energiája 15 000-20 000 °C-os hővé alakul át és a plazmaképző gázt, a célnak megfelelő 3000-10 000 °C-ra hevíti. Így például a nehezen bomló, ezért magas hőmérsékleten viszonylag lassan égő, stabil klórozott vegyületek, mint a poliklórozott bifenilek (PCB) bontására 5000-8000 °C-os hőmérsékletű levegőplazma lángot használnak, könnyen lebomló hulladékok pirolizálására elegendő az alacsonyabb, 3000-5000 °C-os plazma is.

A plazmaképző gázok lehetnek:

- semlegesek – pl. argon, nitrogén, szén-dioxid, hélium stb. – pirolitikus bontásra;
- oxidáló gázok – oxigén, levegő – a lehűtő, rekombinációs szakaszban oxidációs jellegű égetésre;
- redukáló gázok, pl. hidrogén, szén-monoxid stb.; ilyen gázokat használnak a metallurgiai iparban a fémek érceiből történő kinyeréséhez, illetve a fémhulladékok (főleg a metallurgiai szállóporok) megolvasztásához.

Ha a gázok lehűlnek, akkor ismét visszatérnek atomos, majd molekuláris állapotukba, azaz rekombinálódnak. Ezek azonban kiindulási vegyületeiktől eltérő, teljesen más molekulájú gázok is lehetnek. A pirolitikus bontás után képződhetnek éghető gázok, mint a szén-monoxid, metán, propán stb. Oxidatív lehűlés során szénmonoxid, vízgőz, nitrogén, sósav, oxigén, kén-monoxid stb. keletkezhet. A módszer előnye, hogy a gáz térfogata, a hagyományos égetőkben keletkező gáz térfogatának csak kb. 30-40 %-a. A gáz gyakorlatilag nem tartalmaz dioxinokat, furánokat és nitrogén-oxid tartalma is kicsi. A lebontási hatások jobb, mint: LH = 99,999996 %, de elérheti a 9 kilences értéket is! Egy folyékony halogénezett hulladék plazmasugaras mű technológiája látható a 1.6.24. ábrán.

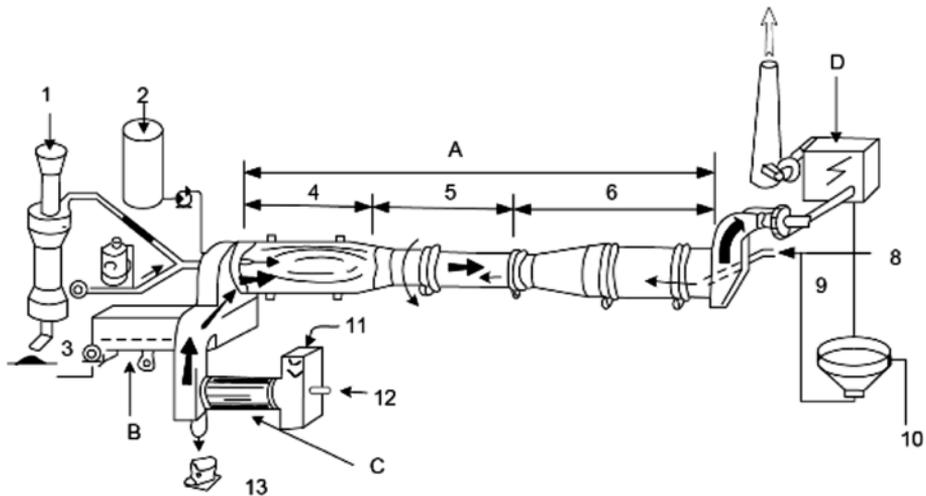


I.6.24. ábra: Plazmasugaras mű blokkvázlata (Lábody, 2003)

### I.6.9. Égetés nagyhőfokú ipari technológiákban (együttégetés)

A nagy energiaigényű technológiák során lehetőség van a fosszilis tüzelőanyag egy részének égethető hulladékkal történő helyettesítésére, ami jóval olcsóbbá teszi az üzemeltetést. A gyakorlatban leginkább az ipari energiatermelő kazánokban és a cementgyári klinkerkemencékben történik a hulladék együttégetése. A cementipar elsősorban gumiabroncsot éget, de ma már elterjedt a hulladékokból előállított másodtüzelőanyag égetése is (I.6.25. ábra).

A hulladékról szóló 2012. évi CLXXXV. törvény szerint hulladék-együttégetés akkor engedélyezhető, ha az égetés vagy együttégetés elektromos-, illetve hőenergia termelésre irányul vagy cement-, tégl-, illetve építőipari cserép- és kerámiagyártásra. Hulladékégető műben, vagy hulladék-együttégető műben égetni vagy együttégetni csak olyan hulladékot lehet, amely anyagában nem hasznosítható. Veszélyes hulladék kizárólag veszélyes-hulladékégető műben égethető.



- A – klinkerkemence; B – klinkerhűtő; C – pirolízis előtétkemence; D – elektrofilter
1. primer tüzelőanyag; 2. szekunder tüzelőanyag (folyékony hulladék); 3. klinkereltávolítás; 4. zsugorító zóna;  
 5. kalcináló zóna; 6. szárító zóna; 7. füstgáz kilépés; 8. nyersiszap; 9. leválasztott por;  
 10. víz; 11. szilárd hulladék; 12. pasztaszerű hulladék; 13. salak eltávolítás

**I.6.25. ábra: Hulladék együttégetés klinkerkemencében (Árva, 1992)**

## I.7. Hulladékok lerakása

(Hartman Mátyás, Simándi Péter)

A hulladékok elhelyezése a hulladékkezelés végső művelete, mely során a jelen gazdasági–technológiai viszonyok között tovább nem hasznosítható anyagokat talajon vagy talajban tároljuk. 2011-es adatok alapján hazánkban a lerakás aránya 46,1 %, ami meglehetősen magas. A települési hulladék kezelésében a helyzet még rosszabb, 2012-ben közel 65,4 %-os a lerakási arány (OHT 2014). Jelenleg hazánkban 70, a környezetvédelmi előírásoknak megfelelő lerakó üzemel.

Magyarországon a települési hulladék lerakásából keletkezik az ágazat által kibocsátott üveg-házhatású gáz mennyiségének 80,1 %-a.

### **A hulladéklerakók környezeti hatásai**

Egy korszerűen kialakított hulladéklerakó környezeti hatásait tekintve három fázist különíthetünk el, így a tervezés-engedélyezés és kivitelezés fázisa, az aktív töltés (működő lerakó) fázisa, valamint a lezárt (rekultivált) lerakó fázisa.

Egy működő hulladéklerakó a következő úton terhelheti a környezetét:

- a forgalom (szállítás) okozta levegőszennyezés;
- kiporzás, szélkihordás;
- kilépő csurgalékvíz;
- zajterhelés;
- felszíni vízfolyás;
- felszabaduló gázok, szagok;
- madarak, rovarok, férgek jelenléte;
- tájképkárosítás.

A lezárt lerakó is hat a környezetére a kilépő csurgalékvíz, a felszabaduló gázok és a szennyezett növényzet útján, ezért előírják mintegy 30 évig a folyamatos vizsgálatát.

### **I.7.1. A hulladéklerakóban lejátszódó folyamatok**

A lerakóba kerülő hulladék többnyire rendkívül heterogén, ami fizikai és kémiai értelemben is igaz (méret, alak, tömeg, térfogatsűrűség, összetétel, nedvességtartalom, reakcióképesség, stb.), és ez a heterogén anyag a kiindulópontja annak a hosszú homogenizálódási folyamatnak, amelynek során az anyag mechanikai, fizikai-kémiai és biokémiai átalakulásokon megy keresztül.

#### **I.7.1.1. Mechanikai folyamatok**

A mechanikai folyamatok alatt a hulladék mechanikai igénybevételét (elhajlás, törés, aprózódás, nyírás, tömörödés, stb.), illetve az ezek hatására bekövetkezett konszolidációt, süllyedéseket, illetve felszínmozgásokat értjük. A hulladék konszolidációja nem csak a mechanikai terhelés (önsúly) hatására bekövetkező tömörödés, hanem a különböző alkotórészek kémiai-biológiai lebomlásával rendszerint együttjáró térfogatcsökkenés eredménye is. A süllyedések üteme az idő előrehaladtával lassul. A kezdeti szakaszban az önsúly hatására bekövetkező süllyedések dominálnak (elsődleges konszolidáció), mértéke általában 5-30 %-a a feltöltési vastagságnak, és a süllyedések zöme a feltöltés utáni első évben lejátszódik.

Az elsődleges konszolidációt követi a másodlagos konszolidáció szakasza, ami egy időben hosszasan elnyúl, a hulladékban lejátszódó folyamatoktól is jelentősen függő folyamat. A lerakóban bekövetkező deformációkat figyelembe kell venni mind a zárószigetelő rendszer, mind a gázgyűjtő rendszer mechanikai méretezésénél, kialakításánál.



## Mechanikai paraméterek

### A hulladék sűrűsége

- Aktuális hulladék sűrűség: térfogategységre jutó hulladék tömege.
- Effektív hulladék sűrűség: az egységnyi térfogatra számított hulladék és fedőanyag együttes tömege.

A települési hulladék sűrűség tág határok között változik a hulladék összetétele, nedvességtartalma, a lebomlás foka, a napi takarás vastagsága, a tömörödés mértéke, a lerakó mélysége stb. függvényében (I.7.1. táblázat).

Hulladék komponens	Sűrűség tömörítés nélkül kg/m <sup>3</sup>	Víztartalom %	A tömörített és tömörítetlen hulladék hányadosa	
			Normál tömörítés	Intenzív tömörítés
Konyhai hulladék	128-480	50-80	2,9	3,0
Papír, karton	32-128	4-10	4,5	6,2
Műanyagok	32-128	1-4	6,7	10
Textil	32-96	6-15	5,6	6,7
Gumi, bőr	96-256	1-12	3,3	3,3
Kerti hulladék	64-224	30-80	4,0	5,0
Fa	128-320	15-40	3,3	3,3
Üveg	160-480	1-4	1,7	2,5
Fém	48-1120	2-6	4,3	5,3
Hamu, salak, por	320-960	6-12	1,2	1,3

I.7.1. táblázat: Néhány hulladék típus fizikai paramétere (Szabó, 1995)

A jól üzemelő lerakó esetében a rétegvastagság kb. 0,5-0,7 m, így a tömörítés során átlagosan 500-600 kg/m<sup>3</sup>-es térfogattömeg érték érhető el. Nagyobb rétegvastagság esetén az elérhető sűrűség értéke csökken. A nyers hulladék sűrűsége általában 150-300 kg/m<sup>3</sup> között változik, könnyű kompaktáció esetében 350-500 kg/m<sup>3</sup>-es értékkel számolhatunk, nehéz kompaktációval 800-1000 kg/m<sup>3</sup>, egyes speciális eljárásokkal 1000 kg/m<sup>3</sup>-től nagyobb érték is elérhető.

### A sűrűségtől szorosan függő paraméterek:

- e-hézagtényező: a jól tömörített hulladék esetében 1, tömörítés hiányában maximum 15.
- nedvességtartalom (egységnyi térfogatra jutó víztartalom %-ban kifejezve): laza hulladékoknál 10-15 %, jól tömörített hulladék esetében 40 %.
- vízvisszatartó képesség: az a maximális nedvességtartalom, amely a hulladékban még gravitációs átszivárgás nélkül kötődhet.
- adszorpciós kapacitás: a vízvisszatartó képesség és a nedvességtartalom különbsége. A települési szilárd hulladék akár 140 l/m<sup>3</sup> mennyiségű vizet is képes megkötni, kb. 600-800 kg/m<sup>3</sup> sűrűség értéknél éri el a maximális értéket.

### A hulladék „szemcse-eloszlása”

A hulladékra jellemző szemcse-eloszlás igen fontos paraméter, mivel a fajlagos felület meghatározásában elsődleges szerepe van. Kiemelendő fontosságúak számunkra azok a tartományok, amelyek nagyobb százalékban vannak jelen a hulladék anyagában, ilyen például a 16 mm-től kisebb hamu frakció, amely a hulladék kimosódási folyamatait, konszolidációját, és vízháztartását nagyban befolyásolja, valamint a nagyobb méretű papír frakció és a konyhai hulladék összes mérettartománya, mivel ezek a víztározásban és az elsődleges konszolidáció során igen fontos szerephez jutnak.

### *Szilárdsági paraméterek*

A hulladék konszolidációjának foka (sűrűsége) közvetlenül befolyásolja a hidraulikus és mechanikai paramétereket, beleértve pl. a nyírószilárdságot és az összenyomódási paramétereket is.

- belső súrlódási szög ( $\varphi$ ): 25-26°
- kohézió ( $c'_{\max}$ ): 30 kPa

### *A hulladék terhelhetősége*

A hulladék teherviselő képessége rendezett elhelyezés esetén sem jelentős. Értéke 25-100 kPa között mozog, méretezés alkalmával általában maximum 25-40 kPa érték az ajánlott.

### *Rézsűállékonyság*

Rézsűs feltöltés esetében kulcskérdés a rézsűállékonyság. A hulladék alacsony térfogatsúlya száraz lerakó esetében megengedné a viszonylag magas 60°-os rézsűszög kialakítását, ám a méretezés során kedvezőtlen eseményekkel számolva (magas pórusvíz nyomás, gázképződés stb.) és a kohézió változása miatt megkövetelt a minimálisan 1:3-as biztonsági tényező alkalmazása, így az általánosan elfogadott a maximum 30°-os rézsűszög kialakítása.

## **1.7.1.2. Fizikai-kémiai folyamatok**

### *Kimosódás, kilúgzás*

A hulladéklerakóban lejátszódó kimosódási folyamatokat fizikai és kémiai szempontból is csoportosíthatjuk, de ezek szorosan összefüggnek egymással. A víz mozgásának hatására bekövetkező szennyezőanyag-vándorlás mellett kémiai reakciók is lejátszódnak. A két folyamat egyensúlyában a víz dinamikai és kémiai jellemzői a mozgatók.

A fizikai értelemben vett kimosódás egyik speciális esete az erózió, amely lehet:

- külső (felszíni) erózió: a szállító közeg a felszínről lefutó csapadékvíz,
- belső erózió: a hulladék belső szerkezetében jelentkező pórustér növelő hatású, lineáris erózió,
- kontakt erózió: a két eltérő szennyezőanyag-összetétel határán kiinduló eróziós folyamat.

Kimosódáskor csak a hulladéknak egy bizonyos szennyezőanyag-méret alatti szemcséi mozdulnak el az áramló víz hatására, amely az erózióhoz hasonlóan lehet:

- külső kimosódás,
- belső kimosódás,
- kontakt kimosódás.

Kémiai értelemben a kimosódás (kilúgzás) a porózus hulladékban az anyagtranszportot tekintve az egyik legfontosabb folyamat. Ez azt jelenti, hogy a szerves és szervetlen vegyületek a hulladék-összetételből az átszivárgó víz hatására kioldódnak és az állandó vízszintig jutnak. A szennyező anyagok vándorlása elsősorban az oldhatóság függvénye, de az anyagvándorlást más termodinamikai tényezők (pl. adszorpciók együttható), valamint a diffundáló részecske töltése is befolyásolja.

### *Adszorpció*

Adszorpciónak nevezzük, amikor valamilyen anyagszemcsék felszínén a kémiai anyagok megkötődnek. Ennek következményeként a csurgalékvíz szennyezőanyag-koncentrációja hígul. Ezzel elmentésben az adszorpció-ioncsere jelenségeknél az ioncsere során a csurgalékvíz összetétele változik. Az adszorpció mértéke az adszorbens fizikai és kémiai tulajdonságaitól (fajlagos felület, felületi funkciók csoportok minősége, aktív centrumok száma és jellege), az adszorbeálóanyag sajátosságaitól (vízoldhatóság, polaritás, funkciók csoportok, ionos állapot), valamint a környezet pH-jától és egyéb kémiai tulajdonságoktól függ. Az adszorpció szempontjából kizárható anyagok (a felületi töltésviszonyaik, szemcseméret és szemcseszerkezet alapján) például az üveg, műanyagok, gumi, fémek egy része, kerámia stb.

### *Diffúzió és diszperzió*

A diffúzió és a diszperzió két olyan mechanizmus, amely során a keletkező csurgalékvíz szennyezőanyag-koncentrációja megváltozik. A diffúzió alkalmával a csurgalékvízben található ionok, mo-

lekulak transzportfolyamatokon keresztül új egyensúlyi folyamatot alakítanak ki. A diszperzió során különböző diszperz rendszerek alakulhatnak ki.

**Kiszűrődés**

A kiszűrődés során a lefelé mozgó csurgalékvíz egyes alkotói fizikai jelenségek folytán a hulladék-szerkezetben fennakadnak, visszamaradnak. A folyamat gravitációs vízmozgás révén állandósulhat mindaddig, amíg a pórusok beszűkülése, esetleg lezáródása miatt le nem lassul, illetve meg nem áll.

**Kicsapódás**

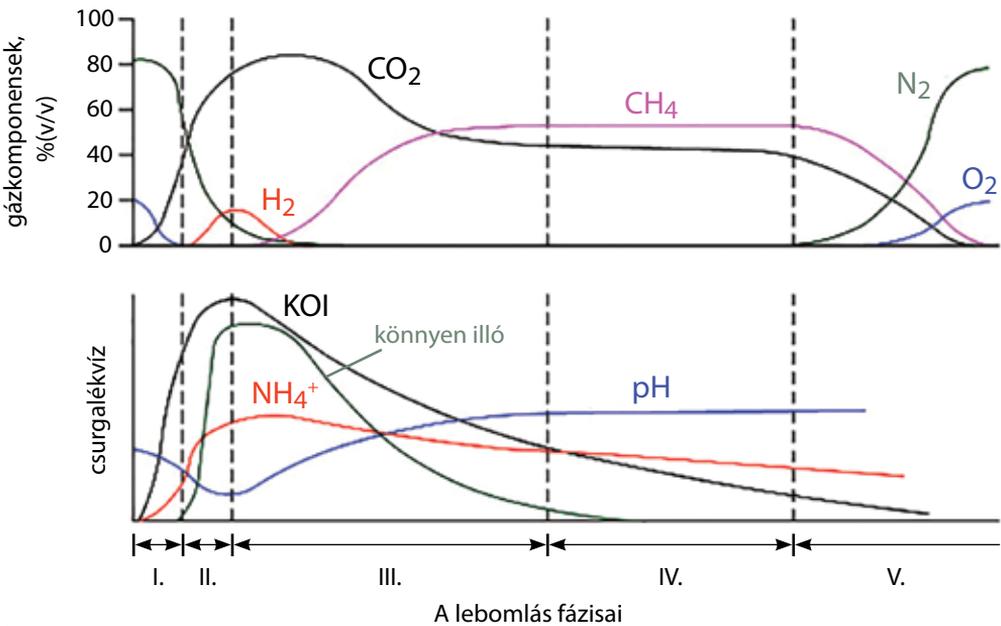
A kémiai kicsapódás olyan fázisváltozást vagy a meglévő fázisok közötti anyagcserét eredményező folyamat, amely során oldott kémiai komponensek kikristályosodnak az oldatból, mivel összkoncentrációjuk meghaladja az oldhatósági határt. A folyamat a pH-tól, redoxpotenciáltól, hőmérséklettől, ionkoncentrációtól függ.

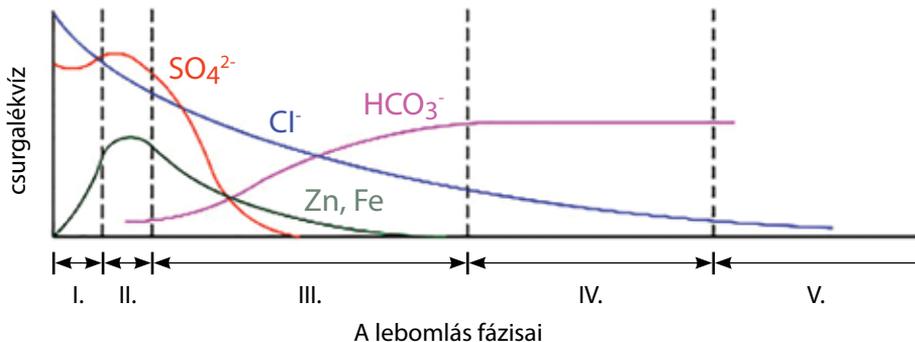
**1.7.1.3. Biokémiai folyamatok**

A deponált anyag a környezeti hatások és a hulladéktömeg konszolidációjának hatására átalakul. Az átalakulás egy dezintegrációs bomlási folyamat, amit befolyásol az atmoszféra (az oxigén jelenléte vagy hiánya), a depóniára hulló, illetve bejutó csapadék mennyisége, a hulladék nedveségtartalma, összetétele, homogenitása, a tárolótér magassága, a depónia kialakítása és a mikroorganizmusok tevékenysége. A külső hőmérséklet csak a felső rétegekre gyakorol hatást, mélyebben már a biokémiai reakciók által beállított hőmérséklet uralkodik.

A biokémiai folyamatok csak a hulladékban található szerves vegyületekben játszódnak le, a szervetlen vegyületek e tekintetben közömbösek. Habár a lerakásra kerülő szerves anyag mennyisége fokozatosan csökken, de még így is viszonylag magas, ezért mindenképpen szükséges a lerakókban végbemenő biokémiai folyamatokat tárgyalni. A szerves anyagok aerob vagy anaerob körülmények között mikroorganizmusok segítségével bomlanak le, ami meghatározza e folyamatok sebességét, hőmérsékletét is. Vannak könnyen bomló anyagok, pl. fehérjék, zsírok, szénhidrátok és nehezen lebomlók, mint pl. a cellulóz, a lignin, a viasz, a gyanta stb. A lerakóban az anaerob folyamatok dominálnak, így depóniagáz, bomlási maradék (biomassza) és csurgalékvíz keletkezik.

Laboratóriumi mérések és tapasztalatok alapján a lebomlási folyamatot öt jellegzetes fázisra osztják (1.7.1. ábra).





I.7.1. ábra: A depóniagáz és csurgalékvíz összetevőinek alakulása a lebomlási fázisban  
(Christensen-Kjeldsen, 1989)

### Az aerob lebomlás (I. fázis)

Az I. fázis egy rövid abiotikus szakasz, amikor a rendelkezésre álló oxigén (levegő) mellett a hulladékban jelenlevő, vagy kívülről származó mikroorganizmusok a szerves anyag aerob lebontását végzik. A folyamathoz szükséges oxigén részben a hulladékban található levegőből, részben a felszínközeli rétegeknél az atmoszférából bediffundáló oxigénből származik. Az aerob fermentáció eredménye a szén-dioxid, az ammónia és a víz, illetve az egyéb alkotórészek oxidációs termékei. A folyamat fontos tényezője a nedvesség, ami a mikroorganizmusok számára 60 %-nál optimális. A nedvesség egyaránt származhat magából a hulladékból, vagy a depóniába bejutó csapadékból történő utánpótlódásból. A folyamat exoterm, és a lezárást követő néhány nap ill. hét alatt a hőmérséklet elérheti a 60-70 °C-ot is. A nagy hőmérséklet gyakran öngyulladásához is vezethet. A depónia átlagos belső hőmérséklete ebben a fázisban 40-60 °C.

### Az anaerob lebomlás fázisai (II-V)

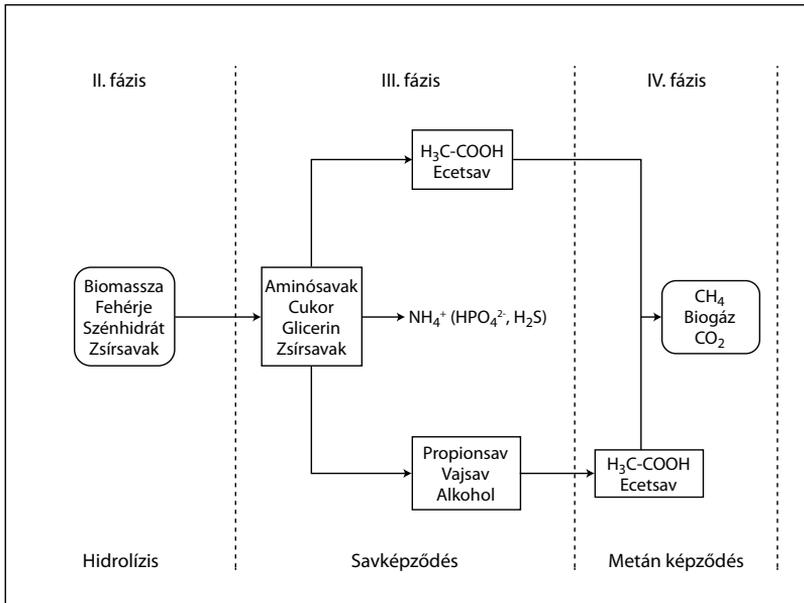
Az anaerob lebomlás kezdeti szakaszában (II. fázis a I.7.2. ábra) illékony zsírsavak, szén-dioxid és hidrogén keletkezik az erjesztő és acetogén baktériumok hatására. A savas kémhatású csurgalékvíz nagy koncentrációban tartalmazhat zsírsavakat, kalciumot, vasat, nehézfémeket és ammóniát.

A gáz nitrogéntartalma csökken a szén-dioxid- és hidrogénképződés következtében. A redoxipotenciál csökkenésével a kezdeti magas szulfát tartalom lassan lecsökken. A keletkező szulfid kicsapja a vasat, mangánt és a nehézfém elemeket, amelyek eddig oldott állapotban voltak.

A III., ún. második közbülső anaerob fázis a metanogén baktériumok lassú növekedésével kezdődik. A metánkoncentráció nő, mialatt a hidrogén, a szén-dioxid és a zsírsavak koncentrációja csökken. Tovább csökken a szulfátkoncentráció a folytatódó szulfátredukció révén. A zsírsavak átalakulása a pH és alkalitás (lúgosság) növekedésével jár, ami a kalcium, a vas, a mangán és a nehézfémek oldhatóságának a csökkenését vonja maga után, amelyek később valószínűleg szulfidokként csapódnak ki. Továbbra is szabadul fel ammónia, ami az anaerob környezetben nem alakul át.

A IV., ún. metán fázisban 50-60 % metántartalomnál stabilizálódik a gázképződés, ami a zsírsavak és a hidrogén alacsony szinten történő tartását eredményezi.

Az V. fázisban csak az ellenálló szerves szén marad az elhelyezett hulladékban. A metántermelés jelentősen visszaesik, koncentrációja olyan kicsi lesz, hogy nitrogén jelenik meg a gázokban a légköri diffúzió miatt. Aerob zónák és a metánképződéshez túl magas redox-potenciálú zónák jelennek meg a felső rétegekben.



**1.7.2. ábra: Biogázképződés, aktív anaerob szakasz a lerakóban** (Szabó, 1995)

A lerakóban zajló mikrobiológiai folyamatokat, valamint magát a biogáz képződését számos abiotikus tényező befolyásolja. Ezek ismerete szükséges ahhoz, hogy a biogáz képződést, a mikrobiológiai bontást szabályozni tudjuk.

- **Oxigén:** az anaerob baktériumok növekedése és a fenti folyamatok biztosítása megköveteli az oxigénmentes környezetet. Az oxigénnel szemben a metanogén baktériumoknak a legszűkebb a tűrőképessége.
- **Hidrogén:** a hidrogéntermelésben az erjesztő és acetogén baktériumok játszanak szerepet, az így kialakult hidrogén-nyomás meghatározó a biokémiai reakcióutak vonatkozásában. Alacsony hidrogén-nyomás mellett az erjesztőbaktériumok hidrogént, széndioxidot és ecetsavat állítanak elő, magas hidrogén-nyomás mellett szén-dioxid, etanol, vajsav és propionsav keletkezik. A metanogén és szulfát-redukáló baktériumok viszont emésztik a hidrogént.
- **pH:** a metanogén baktériumok viszonylag szűk (6-8) pH érték mellett képesek működni, míg az erjesztő- és acetogén baktériumok pH tűrőképessége ennél jóval szélesebb. A degradációs folyamatok során felhalmozódó köztitermékek (szabad savak) hatására a pH-érték savas irányba tolódik. Amennyiben a savképző szervezetek gyorsabban állítják elő a szerves savakat, mint ahogy azt a metanogén mikrobák átalakítják metánná, ez akár a metán képződés gátja is lehet.
- **Szulfáttartalom:** a szulfát jelenléte drasztikus csökkenést eredményez a metánképződésben, ennek az oka a reakciókinetikai alapelvekben keresendő.
- **Tápanyag:** az anaerob ökoszisztéma számára a szerves tápanyag mellett, egyes makro- (N, P) és mikroelemekre (S, Ca, Mg, Fe, K, Zn, Cu, Mo, Co, Sn) is szükség van. Általában a kommunális hulladékban mindezek megtalálhatóak, korlátlanul állnak rendelkezésre, ám az elégtelen homogenizáció tápanyag gátolt rendszereket hozhat létre. Az optimális KOI:N:P arány 100:0,44:0,08.
- **Hőmérséklet:** a mikrobiológiai folyamatok erősen hőmérsékletfüggők. A metanogén baktériumtörzsek egy része 35 °C körül, másik része 65 °C körül találja meg az optimumát. Biogáz termeléskor ismeretes a mezofil (optimális hőmérséklet: 30-35 °C) és a termofil (optimális hőmérséklet: 50-65 °C) eljárás. Ez utóbbi esetekben a folyamat gyorsabban, 10-20 %-kal termelékenyebben

zajlik le ugyanolyan szerves anyag lebontása esetén.

- Nedvességtartalom: a nedvességtartalom hatással van a metánképződés intenzitására, a gázképződés intenzitása 25-60 % nedvességtartományban exponenciálisan nő.
- Mérgező anyagok (inhibitorok): a mérgező anyagok a mikrobák aktivitását csökkentik, szaporodásukat gátolják vagy elpusztítják azokat. A metánképződésben szerepet játszó szervezetek nagyon érzékenyek a sejtmérgekre, csak rövid ideig viselik el jelenlétüket, amely koncentrációfüggő. Ilyen elemek, vegyületek a nehézfémek, alkáli- és alkáli földfémek, klórozott szénhidrogének, valamint maga az oxigén is.

A depóniában képződő gáz mennyiségét egyértelműen nehéz meghatározni, mivel az összes képződő mennyiségnek csak egy részét lehet kinyerni. A képződő gázmennyiség elméletileg, vagy laboratóriumi mérésekre alapozottan becsülhető. Abból a feltételezésből kiindulva, hogy 1 kg, biológiailag rendelkezésre álló, szerves szén teljes anaerob lebomlásából 1868 m<sup>3</sup> depóniagáz keletkezik, 100-200 kg TOC/t száraz (friss) hulladék (t/sz.a.) jellemző széntartalom mellett 187-375 m<sup>3</sup>/t/sz.a. gázpotenciál (összes gázprodukción). A depóniagáz összetételét és az egyes komponensek koncentrációjának jellemző értékeit a 1.7.2. táblázat mutatja.

Komponens	Koncentrációtartomány
metán	0-80 térf. %
szén-dioxid	0-80 térf. %
hidrogén	0-3 térf. %
oxigén	0-21 térf. %
nitrogén	0-78 ppm (térf.)
etilén	0-65 ppm (térf.)
acetaldehid	0-150 ppm (térf.)
aceton	0-100 ppm (térf.)
szénhidrogének (aromások nélkül)	0-50 ppm (vegyületenként)
hidrogén-szulfid	0-100 ppm (vegyületenként)
etilmerkaptán	0-120 ppm (vegyületenként)
toluol	0-15 ppm (vegyületenként)
xylol	0-15 ppm (vegyületenként)
etil-benzol	0-10 ppm (vegyületenként)
vinil-klorid	0-10 ppm (vegyületenként)
halogénvegyületek 0-80 térf. % (1,1-diklór-etán, metilén-klorid, tetraklór-metán, 1,1,2-triklór-etilén)	0-100 ppm (vegyületenként)

**1.7.2. táblázat: A depóniagáz összetétele és az egyes komponensek koncentrációjának jellemző értékei**  
(Bilitewski et al., 1990)

### 1.7.2. Gázmentesítés

A hulladéklerakók működtetése során alapvető elvárás a gázképződés és gázmentesítés folyamatos ellenőrzése, szabályozása, ezáltal elkerülhető a depóniagáz környezetbe való jutása (atmoszféra, talaj) (1.7.3. ábra).

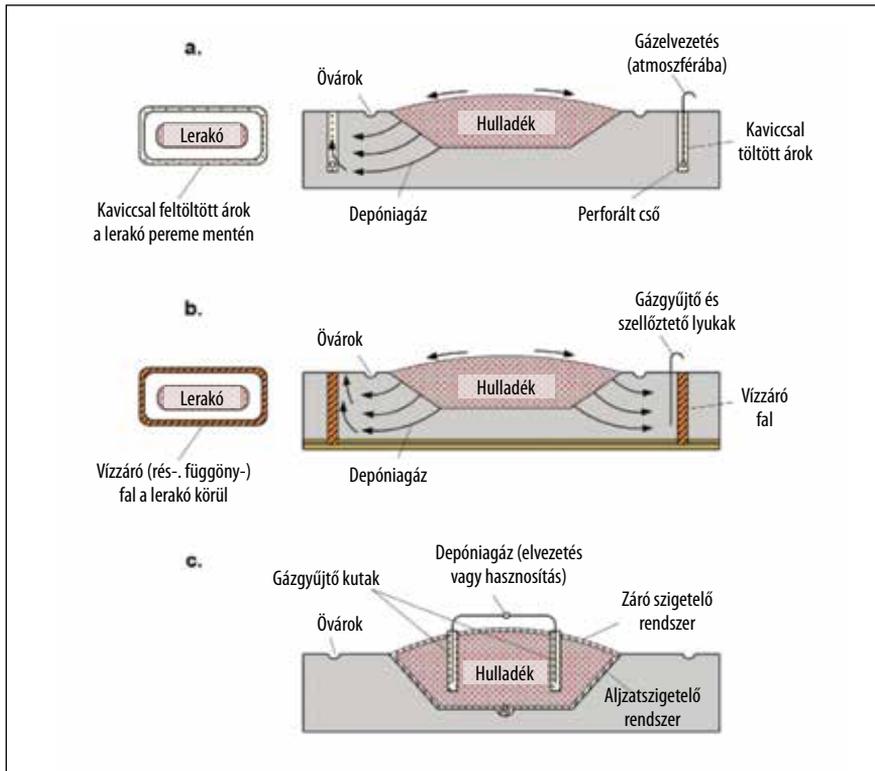
A keletkező gáz ellenőrzött gyűjtése, illetve elvezetése fontos, mert:

- gázkitörés léphet fel a lerakóban;
- gázszivárgás a vegetáció pusztulását idézheti elő, ezáltal a rekultivált felszínen jelentősen nő az erózió veszélye;
- toxikus hatása lehet;
- a tartós gázkibocsátás a környező lakók egészségét veszélyeztetheti;
- kellemetlen szaghatást okoz;
- a keletkező metán a levegővel keveredve robbanókeveréket alkot;
- a keletkezett gáz olcsó energiaforrás, ezért gyűjtése célszerű.

A gázellenőrző és mentesítő rendszer lehet aktív vagy passzív. Passzív rendszerben a lerakóban keletkező gáz nyomása biztosítja a gázáramlást, míg aktív rendszerben mesterséges vákuumot kell létrehozni a gáz elszívásához. A passzív módszer csak akkor használható hatékonyan, ha metán és szén-dioxid is nagy mennyiségben képződik. A nyomáskülönbség és a diffúzió a metánt a lerakóból a légterbe irányítja. Legkisebb mértékben a homokkal vagy kavicssal teli függőleges aknák, árkok vagy rétegek szállítják a metánt. Hatékony módszer a függőleges vagy a fedőréteg alá elhelyezett perforált csövek alkalmazása (1.7.4. ábra).



**1.7.3. ábra: Medence gázkutakkal**

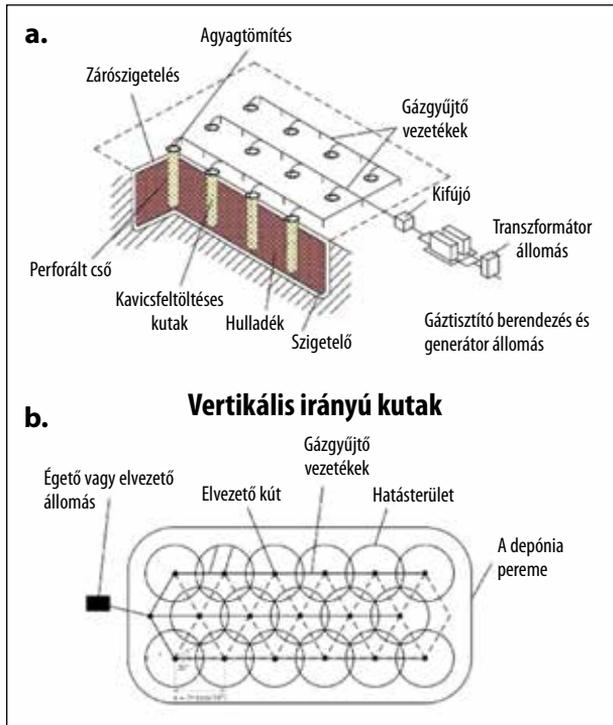


**a.** kavicsal töltött gyűjtőárók és perforált cső, **b.** a lerakó kerülete mentén kialakított védőárók, **c.** gázgyűjtő kutak  
 Megjegyzés: az **a.** és **b.** változat aljzatszigetelő nélküli; a **c.** változat szigetelt aljzattal rendelkező lerakóknál

**1.7.4. ábra: A passzív gáz ellenőrző-mentesítő rendszer vázlata** (Tchobanoglous et al., 1993.)

Környezetvédelmi szempontból leghatékonyabb az aktív rendszer. Az aktív rendszer a lerakó peremén és a lerakóban hálózatosan elhelyezett kutakból áll. A kutak lehetnek függőleges vagy vízszintes elhelyezésűek. Az egyes kutakat és csöveket egy fővezeték köti össze, amelynek a végén egy kompresszor van. Ezzel a kompresszorral hozzák létre a fővezetékben a vákuumot. A lerakó vastagságától és egyéb helyi adottságoktól függően a kutak távolsága 8-20 m. Az aktív rendszereknél peremi gázvezető árkokat is alkalmaznak. Ezt közvetlenül a lerakó körül alakítják ki kb. 8 m, vagy annál kisebb mélységgel (1.7.5. ábra).





a. rendszer-vázlat, b. kútelrendezés és hatásterület

**1.7.5. ábra: Aktív gázgyűjtő rendszer függőleges kutakkal** (Tchobanoglous et al., 1993.)

### 1.7.3. A lerakó vízháztartása

A hulladéklerakó vízháztartásának ismerete rendkívül lényeges, segítségével tudjuk meghatározni a várható csurgalékvíz mennyiségét, amely a hulladék heterogén anyagösszetétele, a szemcseméret és szerkezet következtében lényegesen összetettebb feladat, mint egy természetes földtani szituációban. A beszivárgó csapadékvíz mennyisége mellett a vízháztartást pozitívan befolyásolja még a hulladék saját nedvességtartalma, valamint a biokémiai reakciók során keletkezett víz. Ezzel ellentétes folyamat, azaz csökkenti a hulladéklerakóban lévő víz mennyiségét a párolgás, az anaerob lebontási folyamatok. Amennyiben nem számolunk az alulról és felülről befolyó vízzel, úgy egy működő lerakó esetében a vízmérleg egyenlet a következő:

$$V_h + V_{cs} + V_k = E + L + K + T + CS$$

$V_h$ : - beszállított hulladék víztartalma (konszolidáció hatására keletkezett víz)

$V_{cs}$ : - beszivárgó csapadékvíz

$V_k$ : - biokémiai folyamatok során keletkezett vízmennyiség

E: - evaporáció (párolgás)

K: - késleltetés (rövidebb ideig a kapillárisokban raktározott víz)

L: - felszíni lefolyás

T: - tárolás (kötött vízként)

CS: - elfolyó csurgalékvíz

A hulladéklerakóban tározódó víz mennyisége függ a hulladék lerakásának a magasságától, a hulladék tömörségétől, a pórusmérettől és pórusméret eloszlástól, a kezdeti víztartalomtól, a hulladék összetételétől, valamint a bomlási állapottól.

### **Csurgalékvíz**

A csurgalékvíz talán a legfőbb potenciális környezeti ártalom a kommunális hulladéklerakó esetében. A lerakón átszivárgó víz eredete az előbbieket alapján ismert, összetétele viszont szélsőségesen változatos, magas szennyezőanyag koncentrációja miatt toxikus és/vagy agresszív karakterű lehet. Rendezett hulladéklerakó esetében alapvető követelmény a csurgalékvíz összegyűjtése és kezelése.

A csurgalékvíz minősége több tényezőtől függ, így a hulladék anyagától, a hulladéklerakó szerkezeti kialakításától, az éghajlattól, az időjárástól, évszaktól, a biokémiai folyamatok jellegétől, a pH-tól, a lerakó korától, stb.

A csurgalékvíz összetétele, illetve annak változása értékes információt hordoz a lerakóban éppen lejátszódó biokémiai és fiziko-kémiai folyamatokról. A lerakó korának előrehaladtával a csurgalékvíz terhelése gyorsan megnő, majd fokozatosan lecsökken, azonban még több évvel a bezárás után is jelentős mennyiségű szennyezőanyag távozik a csurgalékvízben (lásd: I.7.1. ábra).

A hazai párolgási és csapadékviszonyokat elemezve az átlagos csurgalékvíz hozam, amit 150-300 m<sup>3</sup>/ha/hónap (5-10 m<sup>3</sup>/ha/nap) értéknek lehet tekinteni (1 mm/nap beszivárgás és  $k=10^{-8}$  m/szivárgási tényező mellett).

A háztartási hulladék rendezett és rendezetlen lerakóiból származó gravitációs vízszennyező anyagainak átlagértékeit a I.7.3. táblázat mutatja be. Jól látható, hogy az anaerob lebontás alkalikus feltételeinél a gravitációs vízben nagy a szervesanyag terhelés. Ugyanezt támasztják alá két hazai település – Oroszlány, Tatabánya – korszerű hulladéklerakójának adatai is (I.7.4. táblázat).

<b>A hulladéklerakóban mért értékek</b>	<b>Rendezetlen</b>	<b>Rendezett</b>	
pH-érték	8,1	7,4	
Elektromos vezetőképesség	4143	3212	μS/cm
Oldhatatlan anyagok	390	172	mg/l
Száraz maradék	2812	2683	mg/l
KOI	2230	1922	mg O <sub>2</sub> /l
TOC	587	1050	mg C/l
BOI <sub>5</sub>	85	544	mg O <sub>2</sub> /l
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	162	83	mg/l
Na <sup>+</sup>	522	180	mg/l
Ca <sup>++</sup>	48	221	mg/l
Fe	5,8	3,5	mg/l
Mn	1,9	1,3	mg/l
Zn	0,9*	0,09*	mg/l
Hg	0,006*	0,006*	mg/l
Összes keménység	19	30	mvai/l
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	0,24	0,07	mg/l
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	17,7	2,9	mg/l
Cl <sup>-</sup>	727	208	mg/l

A hulladéklerakóban mért értékek	Rendezetlen	Rendezett	
SO <sub>4</sub> <sup>-</sup>	74	146	mg/l
S <sup>-</sup>	1,5*	0,8*	mg/l
PO <sub>4</sub> (összes)	4,3*	3,7	mg/l

\* a kimutatási határ figyelembevételével számított középértékek

**1.7.3. táblázat: A háztartási hulladék rendezett és rendezetlen lerakóiból származó gravitációs víz szennyező anyagainak és egyéb paramétereinek átlagértékei (Volg, 1978 után, Odzuk, 1987)**

Vizsgált paraméterek	Oroszlány			Tatabánya			
	2001. 09. 26.	2001. 04. 05.	1999. 07. 15.	2002. 09. 30.	2002. 05. 29.	2002. 04. 17.	2001. 10. 05.
Fajl. vez. kép.	5980	12 960	-	-	-	-	-
KOI	531	1642	587	550	375	340	460
pH	7,86	7,64	8,55	7,3	7,23	7,29	7,35
Cl <sup>-</sup> (mg/l)	839	2400	-	-	-	-	-
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/l)	1015	220	-	-	-	-	-
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	0,13	0	<0,02	<0,02	0,1	2	<0,02
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/l)	4,93	7,5	5,9	<1	3,3	10,8	1,7
P (mg/l)	3,34	-	1,99	1,02	0,83	1,2	0,63
Fe (mg/l)	1,88	6,4	1,31	4,84	4	3,29	6
Mn (mg/l)	-	-	0,08	0,54	0,43	0,33	0,55
Zn (mg/l)	0,063	30,58	0,61	0,42	0,47	0,52	0,36
Cd (mg/l)	<0,03	0,000326	<0,005	0,0009	<0,01	<0,0001	<0,01
Cr (mg/l)	0,13	0,0469	0,25	0,03	<0,05	0,036	<0,02
Pb (mg/l)	<0,05	0,00581	0,02	0,02	<0,05	0,08	<0,05
Cu (mg/l)	<0,1	0,015	0,17	0,06	0,06	0,09	0,09
Hg (mg/l)	-	0,0141	<0,0005	0,001	0,001	0,0008	-
Mo (mg/l)	-	-	<0,01	<0,001	0,005	0,006	-
Co (mg/l)	-	-	0,02	<0,03	<0,03	0,007	-
Mg (mg/l)	-	-	139	53,8	32	34	47
Ca (mg/l)	-	-	216	263	115	113	273
K (mg/l)	-	-	500	222	175	183	182
Na (mg/l)	-	-	770	238	179	170	148

**1.7.4. táblázat: Csurgalékvíz kémiai jellemzői az oroszlányi és tatabányai regionális hulladéklerakókban**

#### 1.7.4. A hulladéklerakókkal kapcsolatos követelmények

Az újonnan épített lerakókat három főtípusba oszthatjuk a lerakott hulladékok típusának megfelelően, így

- inert hulladék-lerakó (A kategória)
- nem veszélyeshulladék-lerakó (B kategória)
  - szervetlen, nem veszélyes hulladék lerakására szolgáló (B1b kategória)

- vegyes összetételű (jelentős szerves és szervetlen anyagtartalom), nem veszélyes hulladék lerakására szolgáló (B3 kategória)

c) veszélyeshulladék-lerakó (C kategória)

Általános szabály, hogy csak az előkezelte hulladékok ártalmatlaníthatók lerakással, kivéve az inert hulladékokat és azt a hulladékot, melynek előkezelése az elérhető legjobb technikával nem valósítható meg.

Tilos hulladéklerakóba a következő tulajdonságokkal rendelkező hulladékot elhelyezni:

- a) folyékony hulladékot;
- b) nyomás alatti gázt;
- c) a hulladéklerakás körülményei között egyes veszélyes tulajdonsággal rendelkező anyagot:
  - robbanásveszélyes (H1),
  - oxidáló (H2),
  - tűzveszélyes (H3-A, H3-B),
  - maró, korrozív (H8),
  - fertőző kórházi vagy más egészségügyi, illetve állat-egészségügyi intézményből származó klinikai hulladékot (H9);
- d) használt egész gumiabroncsot (kivéve a kerékpár-gumiabroncsot és az 1400 mm külső átmérőnél nagyobb gumiabroncsot), továbbá az aprított használt gumiabroncsot 2006. július 1-je óta;
- e) előkezelés nélküli szennyvíziszapot;
- f) minden más típusú hulladékot, mely nem elégíti ki a 20/2006. (IV. 5.) KvVM rendeletben meghatározott átvételi követelményeket.
- g) olyan vegyi anyagokat, amelyek kutatási és fejlesztési vagy oktatási tevékenységből származnak, amelyek nem azonosítottak, illetőleg újak, és amelyek emberre, illetőleg környezetre gyakorolt hatása nem ismert (pl. laboratóriumi maradék).

### **Átvételi követelmények inert hulladék lerakására szolgáló hulladéklerakón (A kategória)**

A jogszabályban felsorolt inert hulladékokat a hulladéklerakó üzemeltetője az alapjellemezéshez szükséges vizsgálatok nélkül átveheti, de a helyszíni ellenőrző vizsgálatokat köteles elvégezni.

Ha a helyszíni ellenőrző vizsgálatok alapján felmerül a szennyeződés gyanúja, akkor el kell végezni további összetevők vizsgálatát, és ez alapján dönt

- a) a hulladéklerakó üzemeltetője a hulladék átvételéről vagy annak megtagadásáról;
- b) a hulladék átadója a hulladék elszállításáról a tulajdonságainak megfelelő hulladéklerakóba, illetve más hulladékkezelő létesítménybe vagy a saját telephelyére.

A részletes lerakás feltételeit jogszabályok tartalmazzák.

### **Átvételi követelmények szervetlen, nem veszélyes hulladék lerakására szolgáló hulladéklerakón (B1b alkategória)**

B1b alkategóriájú hulladéklerakóban átvehető és lerakható hulladéknak a lerakhatósági szempontok szerinti értékelését a kioldási vizsgálatok eredményei, valamint a 9.6. táblázatban felsorolt határértékek összehasonlítása alapján kell elvégezni.

Előkezelte, stabil, nem reakcióképes (eredetileg) veszélyes hulladék – más, nem veszélyes hulladékkal együtt – közös medencében lerakható.

Stabil, nem reakcióképesnek akkor tekinthető a hulladék, ha kioldódási tulajdonságai a lerakóban fennálló körülmények között, illetve balesetek bekövetkezésekor hosszú távon nem változnak kedvezőtlenül, továbbá a hulladék összetétele

- a) biológiai bomlás következtében,
- b) hosszú időtávú külső körülmények hatására (pl. víz, levegő, hőmérséklet, mechanikai hatások következtében),

c) más hulladék hatására (beleértve a hulladékon átfolyó csurgalékvíz és a keletkező gázok hatását is) nem változik meg.

Ha az előkezelés során monolit formájú hulladékot állítanak elő, akkor ennek B1b alkategóriájú hulladéklerakón történő átvehetőségét – a monolit hulladékok vizsgálatára vonatkozó nemzeti szabvány kihirdetéséig – a következők alapján kell megítélni: a monolit hulladékot granulálni kell, és a kioldódási vizsgálatokat  $L/S = 10$  l/kg arány mellett kell elvégezni, annak tudatában, hogy ez a modellvizsgálat nem ad kielégítő információt a monolitok kioldhatóságában meghatározó szerepet játszó diffúziós kioldási mechanizmusról.

Előkezelt, stabil, nem reakcióképes (eredetileg) veszélyes hulladék a B1b lerakóban átvehető, amennyiben a jogszabályban szereplő további követelményeknek is megfelel.

### ***Azbeszttartalmú hulladék lerakása B1b alkategóriába sorolt hulladéklerakón***

Azbeszttartalmazó építési-bontási hulladék B1b alkategóriájú hulladéklerakón vizsgálat nélkül átvehető, ha a hulladék az azbeszten kívül más veszélyes összetevőt nem tartalmaz és az azbeszt polimerrel burkolt, vagy szálait kötőanyag tartja össze.

Azbeszttartalmazó építési-bontási hulladék kizárólag az azbeszthulladék számára kialakított külön medencében (kazettában) rakható le, a következő feltételekkel:

- a) az azbesztszálak szóródásának elkerülése érdekében biztosítani kell az egyes lerakott hulladék szállítmányok azonnali takarását. Minden egyes tömörítési művelet előtt, megfelelő további réteggel kell a takarást elvégezni;
- b) nem lehet az azbeszthulladék lerakására épített medencén olyan mechanikai műveletet (pl. lyukak fúrása) végezni, amely az azbesztszálak szétszóródását eredményezheti;
- c) az azbeszthulladékot tartalmazó medence lezárása után a medence helyére vonatkozó helyszínrajzot meg kell őrizni;
- d) a hulladéklerakó bezárása után – a lakosság biztonsága érdekében – biztosítani kell a hulladéklerakó területe használatának korlátozását.

### ***Átvételi követelmények egyes összetételű (jelentős szervesanyag-tartalommal is rendelkező), nem veszélyes hulladék lerakására szolgáló hulladéklerakón (B3 kategória)***

B3 alkategóriájú hulladéklerakón alapjellemezéshez szükséges vizsgálatok nélkül átvehető az inert hulladékok, a külön jogszabály szerinti hulladékjegyzék EWC 20-as főcsoportjában felsorolt, vegyesen gyűjtött, nem veszélyes szilárd hulladékok, kivéve az EWC 20 01 41 kéménysöprésből származó hulladékot.

Vizsgálatok alapján átvehető az EWC 20 01 41 kéménysöprésből származó hulladék, valamint más nem veszélyes hulladékok, ha eleget tesznek a B1b alkategóriájú hulladéklerakókra vonatkozó átvételi követelményeknek a határértékek alapján.

Települési hulladékot fogadó hulladéklerakón átvehető

- a) a nem fertőzőképes rácscsémét (EWC 19 08 01), valamint
- b) a kommunális szennyvíztisztító üzemek nem fertőzőképes, víztelenítés után legalább 25 %-os szárazanyag-tartalmú iszapja,

ha a határértékek alapján – a DOC összetevőt kivéve – eleget tesz a B1b alkategóriájú hulladéklerakókra vonatkozó átvételi követelményeknek.

Gipsztartalmú nem veszélyes hulladék a hulladéklerakónak kizárólag azon medencéjében rakható le, amelyben biológiailag lebomló hulladékot nem raknak le.

### ***Átvételi követelmények veszélyes hulladék lerakására szolgáló hulladéklerakón (C kategória)***

A C kategóriájú hulladéklerakóban átvehető és lerakható veszélyes hulladéknak a lerakhatósági szempontok szerinti értékelését a hulladékból granulálással előállított mintákra vonatkozó kioldá-

si vizsgálatok eredményei, valamint a határértékek összehasonlítása alapján kell elvégezni.

Hazánkban a települési szilárd hulladék lerakók építésének műszaki követelményeit - igazodva az EU előírásokhoz - részletesen először a 22/2001. (X.3.) számú KöM rendeletben szabályozták. Majd ezt a 20/2006. (IV.5.) számú, a hulladéklerakással, valamint a hulladéklerakóval kapcsolatos egyes szabályokról és feltételeiről szóló KvVM rendelet váltotta fel.

#### **1.7.4.1. A hulladéklerakók helykiválasztása**

*A hulladéklerakó helyének kiválasztásánál*

- a területfejlesztési,
- a terület- és településrendezési,
- a tájvédelmi,
- a föld mint környezeti elem, különösen a termőföld védelmével kapcsolatos,
- a terület földtani és hidrogeológiai tulajdonságai,
- a felszíni és felszín alatti vízvédelmi,
- a levegőtisztaság-védelmi,
- a közegészségügyi,
- a természetvédelmi,
- a hulladékgazdálkodási,
- a tűzvédelmi szempontokat kell figyelembe venni.

*Az előkészítésnél, majd a tervezésénél kiemelten kell figyelni,*

- a hulladéklerakó határának lakó- és üdülőövezetektől, vízi utaktól, csatornáktól, felszíni vizektől, mezőgazdasági és lakott területektől való távolságára,
- ivóvízbázisok védőidomainak, védőterületeinek helyzetére, előfordulására,
- a területszennyeződés érzékenységre,
- a terület földtani és hidrogeológiai adottságaira,
- árvíz, felszínülledés, felszínmozgás (csúszás) veszélyre a területen,
- természeti és kulturális örökség védelmére.

A hulladéklerakó telekhatára és az összefüggő lakóterület, lakóépület, valamint más, védendő területek, létesítmények közötti védőtávolság nem lehetett kevesebb, mint veszélyeshulladék-lerakó esetén: 1000 m, nem veszélyeshulladék-lerakó esetén: 500 m, inerthulladék-lerakó esetén: 300 m.

*Hulladéklerakó nem létesíthető 20/2006. (IV. 5.) KvVM rendelet alapján:*

- a) erózió-veszélyes területen,
- b) a földtani közeg mozgása által veszélyeztetett területen,
- c) a külön jogszabály szerint kiemelten érzékeny felszín alatti vízminőség-védelmi területen,
- d) mezőgazdasági művelésre alkalmas közepes vagy annál jobb minőségű területen,
- e) árvíz- és belvízveszélyes, továbbá ármentesítéssel nem rendelkező területen,
- f) természeti területen, védett és fokozottan védett természeti területen, valamint az Európai Közösségi jelentőségű területen,
- g) védetté nyilvánított régészeti lelőhelyen, műemléki ingatlanon, műemléki környezetben és műemléki jelentőségű területen,
- h) energiaszállító vezetékek védősávjában,
- i) működő, illetve felhagyott mélyművelésű bánya felszakadási területén, ha a földtani közeg mozgása még nem konszolidálódott, továbbá bányaművelésre, távlati művelés céljából kijelölt területen,
- j) azon a földrengésveszélyes területen, ahol az 50 évre számított 10 %-os meghaladási valószínűség mellett (475 éves gyakoriság) a felszínre számított földrengésből származó vízszintes gyorsulás értéke nagyobb, mint  $1,5 \text{ m/sec}^2$ ,
- k) olyan területen, ahol nem teljesül az a feltétel, hogy a felszín alatti víz maximális nyugalmi, illet-

ve nyomás szintje legalább 1,0 m-rel mélyebben van, mint a lerakó szigetelőrendszerének felépítési szintje,

l) a külön jogszabályban megállapított területen,

m) földtani közegben lévő üregben.

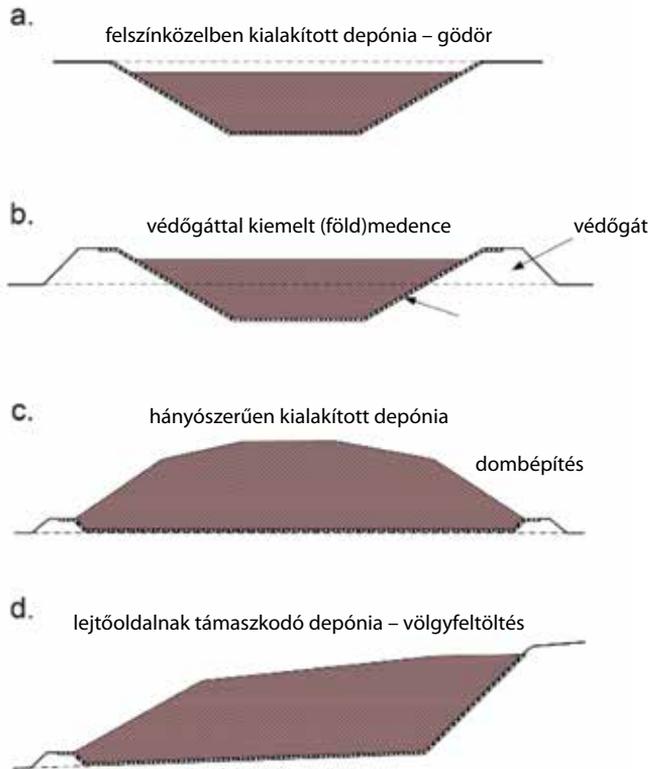
A korszerű lerakó ma már nemcsak ártalmatlanító, hanem együttműködik a hulladék hasznosításának, ártalmatlanításának, előkezelésének más formájával is. Így általában válogató, komposztáló telep is található a lerakó területén.

*A korszerű működéshez a következő létesítmények működését kell biztosítani:*

- műszaki védelemmel ellátott lerakómedence talp-, rézsű-, fedő-, záró szigeteléssel,
- csurgalékvíz elvezető szivárgó és drénrendszer,
- csurgalékvíz gyűjtőmedence,
- gépház, biogázszivattyú,
- biogázszívó kút, szállítócsővel,
- biogázgyűjtő vezeték,
- papírfogó háló vagy palánk,
- zöld növényzet,
- kezelőépület porta, iroda, tartózkodó és mosdó-WC helyiségekkel,
- bejárat és kerítés,
- ellenőrző (monitoring) rendszer (talajvízfigyelő kutak),
- hídmérleg,
- számítógépes hulladéknyilvántartás,
- gépszín, üzemanyagtároló,
- hulladéktömörítő gép (kompaktor),
- gyűjtőcsarnok a fedett helyen tárolandó csomagolásra vagy bálázásra kerülő egyes hulladékfajták, és háztartási veszélyes hulladékok részére,
- közművek (vízellátás - ivó-, locsoló-, tűzoltóvíz; kommunális szennyvízelvezetés és kezelés; elektromos energiaellátás, térvilágítás; telefon és fax)
- konténer- és kocsimosó iszap- és olajfogóval,
- üzemi utak és térburkolatok,
- szelektív hulladékgyűjtési technológia esetén gyűjtőudvar.

#### **1.7.4.2. Hulladéklerakók kialakítása**

Hulladéklerakó létesíthető bányagödörben, mélyedésben, védőgátakkal határolt medencében, hányszerűen kialakított depóniában (dombépítéssel technológia) vagy lejtőoldalon támaszkodó depóniában (völgyfeltöltés) (1.7.6. ábra).



**1.7.6. ábra: Feltöltéssel épített hulladéklerakó típusok (Brandl, 1989)**

A lerakótól a környező területekről lefolyó csapadékvizet talp és övárokkal kell távol tartani. A települési szilárd hulladék műszaki védelemmel rendelkező hulladéklerakóban rakható le. A műszaki védelmet a lerakómedence teljes talpfelületén, továbbá a határoló rézsűkön olyan magasságig kell elhelyezni, ameddig a szivárgó vizek elvezető rendszerének esetleges elzáródása esetén azok elárasztásra kerülhetnek.

A megtelt lerakómedencét (medencerészt) felső szigetelőrendszerrel kell lezárni. A hulladék végső lezárását úgy kell kialakítani, hogy a csapadékvíz a felszínről gyorsan lefolyhasson és a hulladékba beszivárgás ne történjen. A lerakótelep végleges bezárása során a lerakó üzemeltetőjének az előzetesen elfogadott utógondozási tervnek megfelelően kell eljárnia, valamint gondoskodnia kell a lerakó területének tájba illesztéséről és az utógondozásáról.

### **1.7.4.3. Hulladéklerakók műszaki védelme**

A hulladéklerakót – a lerakásra kerülő hulladék összetételének figyelembevételével – olyan műszaki védelemmel kell megtervezni és megépíteni, amely biztosítja a hulladéklerakó teljes élettartama során a környezeti elemek, különösen a közvetlen környezetében lévő felszíni és felszín alatti vizek, a földtani közeg és a levegő szennyeződés elleni védelmét.

A hulladéklerakó medencéjének alját és oldalait úgy kell kialakítani, hogy azok geológiai szigetelőrétege megfeleljen a 1.7.5. táblázatban látható követelményeknek.



Hulladéklerakó kategória	Szivárgási tényező (k; m/s)	Vastagság (m)
Inerthulladék-lerakó (A kategória)	$\leq 1,0 \times 10^{-7}$	$\geq 1$
Nem veszélyes hulladéklerakó (B1b és B3 alkategória)	$\leq 1,0 \times 10^{-9}$	$\geq 1$
Veszélyeshulladék lerakó (C kategória)	$\leq 1,0 \times 10^{-9}$	$\geq 5$

**1.7.5. táblázat: A hulladéklerakó altalajával és oldalával szemben támasztott követelmények (20/2006. (IV. 5.) KvVM rendelet)**

Ha a 1.7.6. táblázat szerinti tulajdonságokkal rendelkező természetes geológiai szigetelő réteg nem áll rendelkezésre, úgy ezzel egyenértékű szivárgási tényező értéket biztosító, minimum 0,5 méter vastagságú kiegészítő épített ásványi anyagú szigetelő réteg kialakítása szükséges minden lerakó kategória esetében. A szigetelő réteg természetes és/vagy mesterségesen előállított anyagokból egyaránt kialakítható.

Két szigetelőrendszer akkor tekinthető egyenértékűnek, ha a kialakuló kumulatív szennyező-anyag-áramok azonosak, azaz ugyanolyan mértékű szennyezőanyag-visszatartó képességgel rendelkeznek.

- Az altalaj anyagának agyagásvány-tartalma a nem veszélyes-, ill. veszélyeshulladék-lerakónál legalább 10 % legyen, rendelkezzen nagy adszorpciós kapacitással. Utóbbi esetben a terület különösen kedvező, ha az altalaj kationcserélő kapacitása  $T > 25$  mekv/100 g, megfelelő, ha 15-25 mekv/100 g közötti érték. Ha  $T < 15$ , az altalaj adszorpciós kapacitása kedvezőtlen, de ez nem kizáró kritérium.
- A talajvíz maximális nyugalmi vagy nyomásszintje nem veszélyeshulladék-lerakónál legfeljebb 1,0 m-re veszélyeshulladék-lerakónál legfeljebb 5,0 m-re lehet a lerakó szigetelőrétegének felszintjétől.
- Az altalaj szervesanyag-tartalma max. 5 % lehet.
- A lerakó altalajának a depónia várható terhelésével szemben teherbírónak kell lennie, biztosítania kell, hogy a terhelés hatására bekövetkező deformációk az aljzatszigetelő rendszer hatékonyságát, a depóniatest állékonyságát ne veszélyeztessék.
- Kedvezőtlen, ha felszínközelségben kis szilárdságú, gyengén konszolidált rétegek fordulnak elő, mert ezen rétegek összenyomódásából származó többletsüllyedést a depóniaaljazat kiemelésével kompenzálni kell.

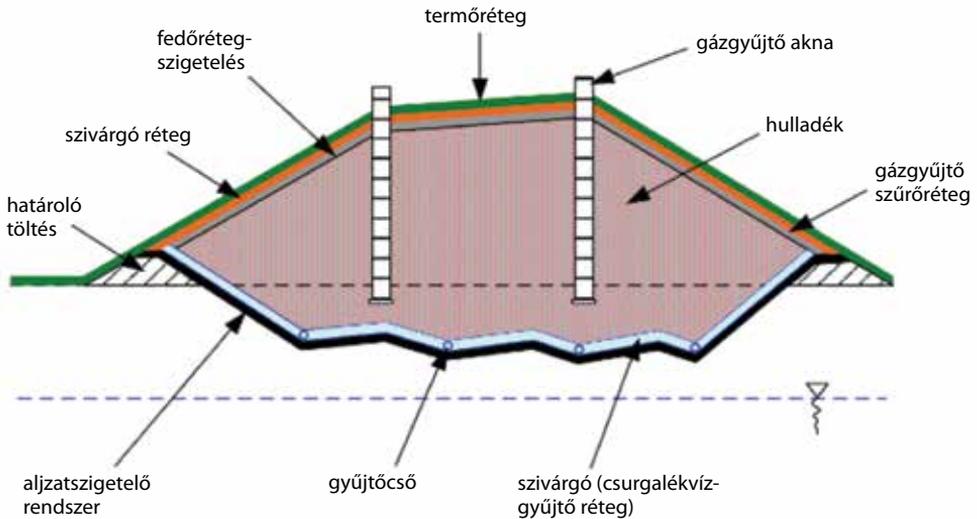
Az egyes hulladéklerakó kategóriák esetében a medencékben kialakítandó oldalfal- és aljzatszigetelés rétegrendjét a 1.7.6. táblázat tartalmazza.

Szigetelési rétegrend elemei	Hulladéklerakó kategória			
	Inert (A kategória)	Nem veszélyes		Veszélyes (C kategória)
		Szervetlen (B1b alkategória)	Vegyes összetételű (B3 alkategória)	
Mesterséges szigetelőréteg	nem előírt	előírt	előírt	előírt
Geofizikai monitoringrendszer (új lerakónál)	nem előírt	nem előírt	előírt	előírt
Szivárgóréteg	nem előírt	előírt	előírt	előírt

**1.7.6. táblázat: A medencékben kialakítandó oldalfal- és aljzatszigetelés rétegrendje (20/2006. (IV. 5.) KvVM rendelet)**

### A hulladéklerakók szigetelése

A depóniák szigetelőrendszere záró-, rézsű- (oldal-) és aljzatszigetelő rendszerből áll, és a kettő együtt a teljes hulladéktömeget körbezárja, a külvilágtól elszigeteli. A körbezárás akkor megfelelő, ha mindhárom elem szigetelő hatása tartós, és a szennyező anyagok csak az ellenőrzött csurgalékvíz, valamint a gázgyűjtő és -elvezető vezetékekben lépnek ki. A depóniák szigetelőrendszerének elemeit a 1.7.7. és a 1.7.8. ábra szemlélteti.



1.7.7. ábra: Hulladékdepónia szigetelőrendszerének az elemei (Szabó, 2011)



1.7.8. ábra: Korszerű lerakó építése

Az aljzat- és zárószigetelő rendszernek a következő követelményeknek kell megfelelnie: (Stief, 1985.; Franzius, 1987.) (I.7.9. ábra):

- vízzáróság csapadékvízzel szemben, hőállóság 70 °C-ig,
- depóniagázokkal szembeni szigetelőképeség,
- depóniaterheléssel (mechanikai, kémiai, biológiai) szembeni ellenállóképesség,
- képes legyen elviselni a bekövetkező süllyedéseket,
- kiszáradással szembeni ellenállóképesség,
- mikroorganizmusokkal, rágcslókkal, a növényzet gyökérzetével szembeni ellenállóképesség,
- erózió- és fagyállóság,
- technikailag egyszerű beépíthetőség,
- az építési- és üzemeltetési fázisban a tömörség és szigetelőképeség ellenőrzésének a lehetősége,
- sérülés, rongálódás esetén javíthatóság,
- gazdaságosság.

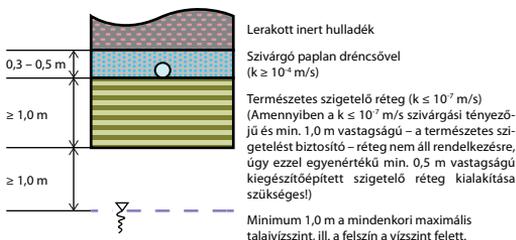
Hazánkban az egyes hulladéklerakó kategóriákra vonatkozó aljzatszigetelés kialakításának követelményeit a 20/2006. (IV. 5.) KvVM rendelet 1. sz. melléklete szabályozza. A rendelet messzemenően figyelembe veszi az 1999/31/EK irányelveket, valamint a 2003/33 EK Tanácsi Határozatnak megfelelő lerakó típusokat.

### Aljzatszigetelő rendszerek

Hulladéklerakók aljzatszigetelő rendszerei a I.7.9. ábrán láthatók.

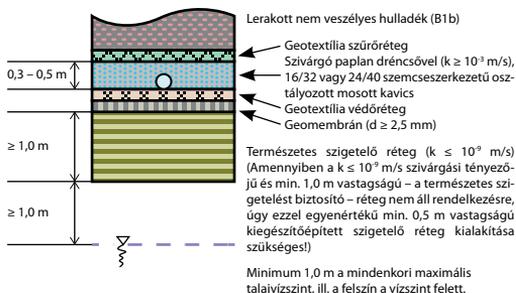
#### Inert hulladéklerakója

Aljzatszigetelés



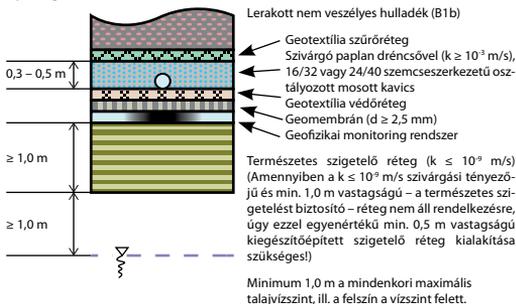
#### Nem veszélyes hulladéklerakója (B1b)

Aljzatszigetelés



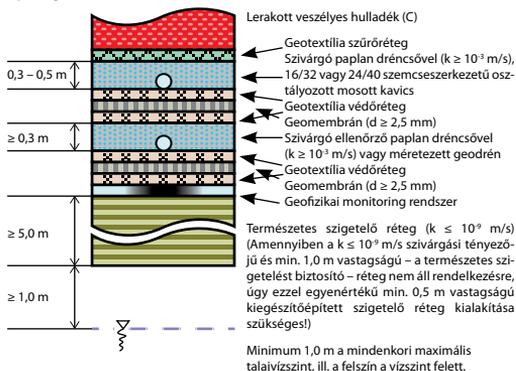
#### Nem veszélyes hulladéklerakója (B3)

Aljzatszigetelés



#### Veszélyes hulladéklerakója (C)

Aljzatszigetelés



I.7.9. ábra: Hulladéklerakók aljzatszigetelő rendszerei (20/2006. (IV. 5.) KvVM rendelet)

### **Inert hulladéklerakó rézsű szigetelési előírások**

Bevágás rézsűjének szigetelése: a szigetelés feleljen meg a  $k < 10^{-7}$  m/s szivárgási tényezőjű minimum 1 méter vastag természetes réteg szigetelőképeségének. Épített szigetelés esetén a réteg vastagsága minimum 0,5 méter legyen.

Töltés rézsűjének szigetelése: a szigetelő képesség legyen egyenértékű a felső lezáró szigetelésre előírt követelményekkel.

### **Nem veszélyeshulladék-lerakó rézsű szigetelési előírások**

Bevágás rézsűjének szigetelése: a szigetelés feleljen meg a  $k < 10^{-9}$  m/s szivárgási tényezőjű, minimum 1 méter vastag természetes réteg szigetelőképeségének. Épített szigetelés esetén a réteg vastagsága minimum 0,5 méter legyen.

Töltés rézsűjének szigetelése: a szigetelő képesség legyen egyenértékű a felső lezáró szigetelésre előírt követelményekkel. (A földtakarás mesterséges gyepesített felület beépítésével csökkenthető.)

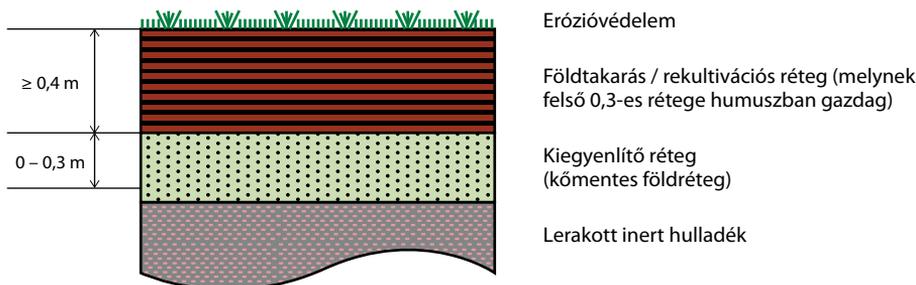
### **Veszélyeshulladék-lerakó rézsű szigetelési előírások**

Bevágás (ill. medence oldal) szigetelése: a szigetelés feleljen meg a  $k < 10^{-9}$  m/s szivárgási tényezőjű, minimum 5 m vastagságú természetes réteg szigetelőképeségének. Épített szigetelés esetén a réteg vastagsága minimum 0,5 méter legyen.

Külső határoló töltés rézsűjének szigetelése: a szigetelőképeség legyen egyenértékű a felső lezáró szigetelésre előírt követelményekkel.

### **Végző záró-szigetelőrendszerek (1.7.10. ábra)**

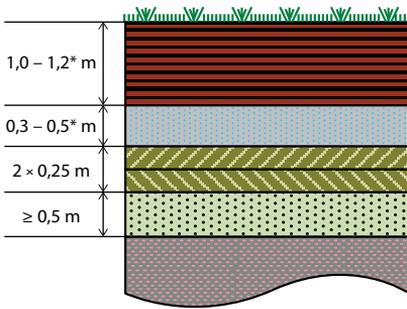
#### **Inert hulladékok lerakója**



#### **Nem veszélyes hulladékok lerakója (B1b)**



### Nem veszélyes hulladékok lerakója (B3)



Erózióvédelem

Földtakarás / rekultivációs réteg (melynek felső 0,4-es rétege humuszban gazdag)

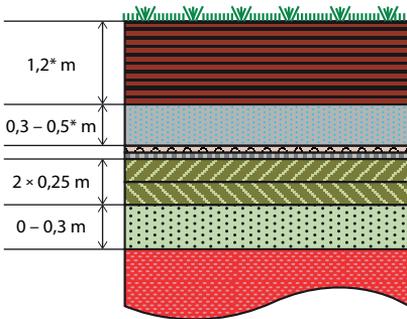
Természetes anyagú szivárgó paplan ( $k \geq 10^{-3}$  m/s) vagy ezzel egyenértékű egyéb mesterségesen kialakított szivárgó réteg

Természetes anyagú szigetelő réteg ( $k \geq 5 \times 10^{-9}$  m/s) vagy ezzel egyenértékű egyéb mesterséges szigetelő réteg

Kiegyenlítő és gázvezető réteg (homokos kavics, max. 32 mm szemcse nagysággal)

Lerakott nem veszélyes hulladék (B3)

### Veszélyes hulladékok lerakója (C)



Erózióvédelem

Földtakarás / rekultivációs réteg (melynek felső 0,4-es rétege humuszban gazdag)

Természetes anyagú szivárgó paplan ( $k \geq 10^{-3}$  m/s) vagy ezzel egyenértékű egyéb mesterségesen kialakított szivárgó réteg

Geotextília védőréteg

Geomembrán ( $d \geq 2,5$  mm)

Természetes anyagú szigetelő réteg ( $k \geq 10^{-9}$  m/s) vagy ezzel egyenértékű egyéb mesterséges szigetelő réteg

Kiegyenlítő és gázvezető réteg (opcionális)

Lerakott veszélyes hulladék (C)

**1.7.10. ábra: Hulladéklerakók végső záró-szigetelőrendszerei**  
(20/2006. (IV. 5.) KvVM rendelet)

#### 1.7.4.4. Csurgalékvízgyűjtő rendszer (szivárgóréteg)

A csurgalékvízgyűjtő rendszer a csurgalékvizek gyűjtésére, elvezetésére és ellenőrzésére szolgáló hatékony szivárgórendszer összefoglaló neve. A csurgalékvízgyűjtő réteg vastagsága általában 0,5 méter, amely indokolt esetben legfeljebb 0,3 méter vastagságra csökkenthető. A 0,5 méternél kisebb rétegvastagságot méretezni kell. A csurgalékvízgyűjtő réteget  $k > 10^{-3}$  m/s szivárgási tényező értékkel bíró, 16/32 szemcseméretű, gömbölyded (koptatott) szemcsealakú, max. 10-20 % mésztartalmú anyaggal kell kialakítani (1.7.7. táblázat).

	Inert hulladéklerakó	Nem veszélyes hulladékok lerakója	Veszélyeshulladék-lerakó	
			Felső szivárgó paplan	Második szivárgó-ellenőrző réteg
Vastagsága (m)	0,3-0,5	0,3-0,5	0,3-0,5	0,3
Anyaga	16/32 v. 24/40 mosott kavics	16/32 v. 24/40 mosott kavics	16/32 v. 24/40 mosott kavics	-
Megkívánt k tényező (m/s)	$>10^{-3}$	$>10^{-3}$	$>10^{-3}$	$>10^{-3}$

**1.7.7. táblázat: Csurgalékvízgyűjtő kialakítására vonatkozó előírások összefoglalása**  
(20/2006. (IV. 5.) KvVM rendelet)

A hulladék és az első szigetelőréteg közé kerülő szivárgórendszernek (szivárgópaplan) legalább két rétegből kell állnia. A szigetelőrétegre kerül a csurgalékvízgyűjtő és elvezető rendszer, majd e réteg és a hulladék közé egy szűrő-védő réteg beépítése szükséges, amely egyrészt elősegíti a csurgalékvíz bejutását a gyűjtő-elvezető rendszerbe, másrészt védi azt a hulladékból bemosódó finom szemcsék bejutásától, megakadályozva eltömődését. A réteget – akár természetes, akár mesterséges anyagú – méretezni kell. Ugyancsak méretezni kell a csurgalékvízgyűjtő rendszert, hogy a szigetelőrétegnél a megengedettnél nagyobb hidraulikus gradiens ne alakuljon ki, azaz a csurgalékvíz felszíne mindig a szivárgórétegen belül maradjon, nem emelkedhet fel a hulladék-réteg szintjéig.

C kategóriájú hulladéklerakó esetében két szivárgóréteget kell kialakítani. A két geomembrán közötti szivárgó-ellenőrző réteggént geodrén (mesterséges anyagú szűrőréteg) alkalmazható, amelynek hatékonyságát hidraulikai számításokkal kell igazolni. A második szivárgóréteg az első szigetelőréteg alá kerül, és szintén kettős célt szolgál: elsődleges az ellenőrzési funkció (jelzi a szigetelőrendszer meghibásodását) és másodlagos a gyűjtő-elvezető funkció (20/2006. (IV. 5.) KvVM rendelet).

A szűrőrendszerek (szűrőréteg, geotextília, dréncsővek) a leggondosabb tervezés mellett is idővel veszítenek hatékonyságukból, eltömődhetnek. Az eltömődés okai mechanikai, fizikai-kémiai és mikrobiológiai lehetnek.

A mechanikai okokra visszavezethető eltömődést a finomabb szemcsék bemosódása okozza. Ez a hatás elkerülhető, ha a szivárgóréteg megfelelő mechanikai és szűrő stabilitással rendelkezik. A mechanikai stabilitás gyakorlatilag a megfelelő szemcseméretű réteget, míg a szűrő stabilitás a megfelelő szemcseeloszlású réteget jelenti. A mechanikai stabilitás az előírásoknak megfelelő szemcseméretű szűrőrétegnél a szűrőszabály betartása mellett biztosítható.

A fizikai-kémiai és mikrobiológiai hatások általában együtt jelennek meg az eltömődéssel, és az eredménye az ún. inkrusztáció, amikor is elsősorban vasoxidok és karbonátok kiválása révén a hatékony pórustér jelentősen csökken. A folyamatot lehet lassítani, ha:

- növeljük a szűrőrétegben az áramlási sebességet;
- növeljük a szűrőréteg hézagméretét;
- csökkentjük a szűrőréteg fajlagos felületét.

### **I.7.5. A hulladéklerakás technológiája**

Az előre meghatározott lerakási technológiával meg kell teremteni, hogy a lerakó művelése alatt az elkerülhetetlen szennyezés (kiporzás, bűz, levegőszennyezés, kedvezőtlen esztétikai hatás) minimális legyen, valamint a lerakott hulladék hasznosíthatósága (pl. biogáztermelés, szelektív lerakáskor az anyagok visszanyerhetősége) ne romoljon. A rendezett lerakó kiviteli tervének részeként üzemeltetési tervet kell készíteni, ami többek között tartalmazza mindazokat a tevékenységeket, amelyeket a lerakó építése, üzemeltetése és a hulladék elhelyezése során el kell végezni.

#### **Tömörítés**

Bármely lerakási technológia mellett szükséges a lerakott hulladék tömörítése. Így egyrészt csökken a hulladék térfogata, másrészt kedvezőbb lesz a lerakó vízháztartása, állékonysága és utólagos süllyedése. A hulladék tömörítésére célszerű erre a célra kifejlesztett célgépet, úgynevezett kompaktort (I.7.11. ábra) használni. A 0,15-0,25 t/m<sup>3</sup> tömörségű hulladéknál 1 t/m<sup>3</sup>-



**I.7.11. ábra: Kompaktor (Best Machinery Kft.)**

nél nagyobb sűrűséget érhetünk el. Jelenleg hazánkban magas ára miatt kevés helyen található kompaktor, így általában valamilyen tolólapos földmunkagéppel oldják meg a hulladék réteges lerakását, tömörítését.

### **Aprítás**

Az aprítással szintén javítható a lerakó térfogatának kihasználása. Nagymennyiségű darabos hulladék esetében célszerű alkalmazni. Az apró részek jól tömöríthetők, kevés levegő marad a hulladék között.

### **Ideiglenes takarás**

A környezetszennyezés elkerülése, valamint a csurgalékvíz képződés csökkentése érdekében szükséges. A takarást 1,5-2,0 m lerakott és tömörített hulladék esetén 20-25 cm vastag, szerves anyagot nem tartalmazó hulladékkal, illetve földdel műszakonként legalább egy alkalommal el kell végezni.

### **Prizmás rendszerű ellenőrzött lerakás**

A prizmás rendszerű ellenőrzött lerakás során a hulladékot rétegesen rakják le. Egy-egy réteg hulladékból készült prizmák hálózatából áll (főprizmák, keresztprizmák). A prizmahálózat keresztezési közeinél „szellőzőgödrök”, illetve „szellőzőlyukak” alakulnak ki, amelyeket a rétegeken belül utoljára töltenek fel (l.7.12. ábra).

1. a nyershulladék lerakása
2. a nyershulladék gépi egyengetése
3. a takaróanyag szállítása
4. bejáróút
5. főág
6. oldalág
7. az oldalágak közötti mélyedések feltöltése
8. előkészített takaróanyag



**I.7.12. ábra: A prizmás rendszerű lerakás vázlata (Szabó, 1995)**

### **Osztott árkos rendszerű lerakás**

Ott jöhet számításába, ahol a természeti adottságok önmagukban is biztosítják a megfelelő védelmet. Ennél a módszernél a területen egy hosszú, keskeny árkot ásnak, ami általában 25-80 m hosszú, 4-5 m széles és 2 m mély. A hulladékot az árok egyik lejtősen kialakított végére rakják, speciális munkagéppel szétterítik és tömörítik, majd a műszak végén az előzetesen kitermelt földdel betakarják. Az árok teljes feltöltése után végső felszíni szigetelő réteg kerül a kazettára.

### **Frontális lerakás**

A frontális lerakást hosszirányban elnyújtott, keskeny terület esetében célszerű alkalmazni. A priz-

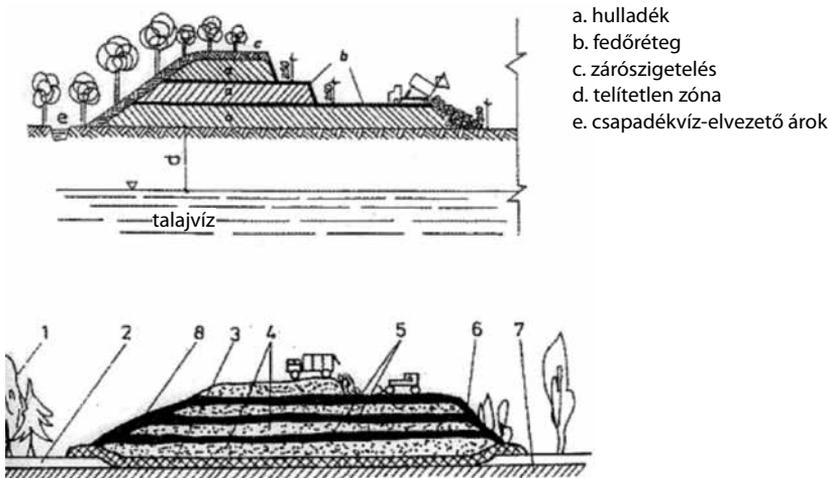
ma merőleges a lerakási front irányára, a nyitva hagyott, nem takart front szélessége rugalmasan igazítható a beérkező hulladék mennyiségéhez. Takarni csak az egyik oldali rézsút és a koronasíkot kell, így kevesebb takaróanyagot kell felhasználni.

### **Körszerű lerakás**

A körszerű lerakás sík területen elhelyezkedő, nem túlságosan mély üregek esetében, 3-4 m-es prizma magasságnál alkalmazható. A lerakást körkörösén, a külső szélektől a terület közepe felé végzik. Itt is csak az egyik oldali rézsút és koronasíkot kell takarni, így ezzel a módszerrel is lehet takaróanyagot megtakarítani.

### **Mesterséges dombépítés**

A mesterséges dombépítést elsősorban sík területen alkalmazzák. Egyre gyakrabban folytatják a gödörfeltöltést az eredeti terepszint elérése után mesterséges dombépítéssel. Alkalmazása lehetőséget biztosít, hogy hulladéklerakót létesítsenek magas talajvízállású területeken is. Építésénél figyelni kell, hogy illeszkedjen a tájhoz. A mesterséges domb építés eljárása nem más, mint a gödörfeltöltés fordítottja, így a domb prizmákból álló rétegek egymásra rakásából épül fel (I.7.13. ábra).



- |                     |                                   |
|---------------------|-----------------------------------|
| 1. védősáv          | 5. fedőréteg                      |
| 2. termőtalaj       | 6. zárószigetelés                 |
| 3. aljzatszigetelés | 7. altalaj                        |
| 4. hulladék         | 8. oldalrézsű (max. hajlás: 12 %) |

**I.7.13. ábra: A mesterséges domb építése (Árvai, 1993)**

### **I.7.6. Hulladéklerakók üzemeltetése, ellenőrzése**

A hulladéklerakó szakszerű, gondos üzemeltetésével a hulladéklerakó emissziói megakadályozhatóak, minimálisra csökkenthetőek. Minden működő hulladéklerakónak a hatóságok által jóváhagyott üzemeltetési tervvel kell rendelkeznie, amely tartalmazza

- a) a hulladék átvételi szabályait és nyilvántartásának rendjét;
- b) a hulladéklerakás technológiai rendjét;
- c) a hulladéklerakó-gáz, a csurgalékvíz, a kommunális szennyvíz és a szennyvíziszap, valamint a csapadékvíz kezelésének rendjét;



- d) a biztonsági létesítmények és intézkedések ellenőrzésének, valamint a környezeti monitoring-rendszer üzemeltetésének és az észlelt adatok nyilvántartásának rendjét;
- e) a hulladéklerakó üzemeltetéséhez szükséges létszámot és eszközöket.

(Az üzemeltetési tervhez csatolni kell a kárelhárítási tervet és a tűzvédelmi szabályzatot is!)

Nem szabad a hulladékot keverni, hígítani abból a célból, hogy az így nyert hulladék megfeleljen az adott hulladéklerakóban való elhelyezés követelményeinek.

A hulladéklerakás díját az üzemeltetőnek úgy kell megállapítania, hogy az fedezze a hulladéklerakó kiépítésének, üzembe helyezésének és üzemeltetésének teljes költségét, továbbá a hulladéklerakó lezárásának és legalább 30 évig történő utógondozásának becsült költségét.

A lerakó üzemeltetőjének nyilvántartást kell vezetnie a lerakott hulladék mennyiségéről és jellemzőiről, így a hulladék eredetéről, a termelő, birtokos megjelöléséről, a beszállítás időpontjáról, veszélyes hulladék lerakásakor pedig a lerakás pontos helyéről.

A hulladék beszállításakor – illetve sorozatos beszállítása esetén az első alkalommal – a hulladék birtokosának igazolnia kell, hogy a beszállított hulladék az adott hulladéklerakón, a vonatkozó engedélyben előírt feltételek szerint átvehető.

A hulladék alapjellemezéséről, így az alapvető tulajdonságainak megállapításáról a hulladék tulajdonosának kell gondoskodnia. Ugyanez vonatkozik a megfelelőség vizsgálatra is, azaz a birtokos felel, hogy az ártalmatlanítóra beszállított hulladék tulajdonságai megegyeznek-e annak az engedélyében lévővel.

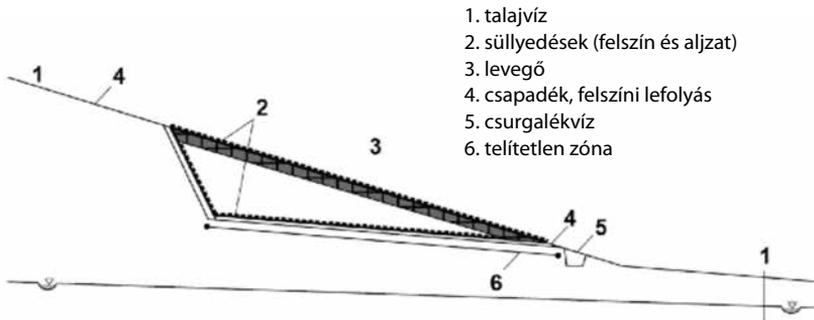
A lerakó üzemeltetőjének helyszíni ellenőrző vizsgálatot kell végeznie. Ez gyors ellenőrző módszerekből áll, amelyek célja megerősíteni, hogy a hulladék azonos-e a lerakó engedélye szerint átvehető és a kísérő okmányban leírt hulladékkal. A helyszíni ellenőrző vizsgálat a hulladéklerakó beléptető pontján, illetve a lerakás helyén kiterjed a kísérő dokumentumok ellenőrzésére, a hulladékszállítmány szemrevételezéssel történő ellenőrzésére, illetve szükség esetén a hulladék átvétele szempontjából lényeges alapjellemezők gyorseszttel történő vizsgálatára.

A hulladéklerakót folyamatosan és rendszeresen ellenőrizni kell (I.7.8., I.7.9., I.7.10. és I.7.11. táblázatok), így többek között

- az elsődleges technológiai építmények és berendezések (hulladéklerakó-, tárolóterek, hulladéklerakó-gáz kezelő rendszer, illetve műtárgyak) műszaki, mechanikai állapotát és állapotváltozását;
- a hulladéklerakó szivárgásának, illetve a csurgalékvízgyűjtő rendszerének megfigyelésére szolgáló eszközök, berendezések működőképességét;
- a felszíni és felszín alatti vizek minőségének alakulását, meghatározott gyakorisággal figyelemmel kísérve az engedélyben meghatározott komponenseket, az ott meghatározott megfigyelési területen;
- a hulladéklerakó területéről elvezetett szennyvizek (pl. csurgalékvíz, szennyezett csapadékvíz) minőségét;
- a biztonsági célokat szolgáló létesítmények és berendezések, vízvezető és vízkezelő rendszerek működőképességét.

A vizsgálatok alapvetően kétirányúak:

- a lerakó üzemelésével, állapotváltozásával kapcsolatos megfigyelőrendszer;
- a lerakónak a környezetére gyakorolt hatását figyelő-ellenőrző rendszer (I.7.14. ábra).



I.7.14. ábra: Hulladéklerakó megfigyelőrendszerének elemei (Szabó, 2011)

Az ellenőrzés célja	Az ellenőrzés gyakorisága	
	a működési időszakban	az utógondozási időszakban
A hulladéktest mechanikai szerkezetének és összetételének megváltozása	évente	-
A hulladéktest szintjének süllyedése	évente	éves leolvasás

I.7.8. táblázat: A mechanikai változások ellenőrzése  
(20/2006. (IV. 5.) KvVM rendelet)

A hulladéklerakó állapotára vonatkozó adatok:

- a lerakott hulladék által elfoglalt lerakókapacitás (térfogat),
- a lerakás módszerei,
- a lerakás időpontja és időtartama,
- az alkalmazott tömörítés mértéke,
- a lerakott hulladék tömege és térfogata,
- a hulladék összetétele,
- a hulladéklerakóban még rendelkezésre álló lerakókapacitás (térfogat és tömeg) számítása.

Jellemző	Az ellenőrzés gyakorisága	
	Működési fázis idején	Utógondozási fázis idején
1. Csapadék mennyisége	naponta	naponta, havi értékekhez hozzáadva
2. Hőmérséklet, 14.00h	naponta	havi átlag
3. Uralkodó szélirány és szélereő	naponta	nincs előírva
4. Párolgás (liziméter)	naponta	naponta, havi értékekhez hozzáadva
5. Légköri páratartalom, 14.00h	naponta	havi átlag

I.7.9. táblázat: Meteorológiai adatok gyűjtése  
(20/2006. (IV. 5.) KvVM rendelet)

Mintavétel célja	A mintavétel gyakorisága	
	a működési időszakban	az utógondozási időszakban
A csurgalékvíz mennyiségének megállapítása	havonta	félévenként
A csurgalékvíz összetételének meghatározása	negyedévenként	félévenként
Felszíni víz terhelése	negyedévenként	félévenként
Hulladéklerakó-gáz emisszió és légköri nyomás meghatározása (CH <sub>4</sub> , CO <sub>2</sub> , O <sub>2</sub> , H <sub>2</sub> S, H <sub>2</sub> stb.)	havonta	félévenként

**I.7.10. táblázat: Kibocsátási adatok: víz, csurgalékvíz és gáz ellenőrzése**  
(20/2006. (IV. 5.) KvVM rendelet)

A mintavétel célja	A mintavétel gyakorisága	
	a működési időszakban	az utógondozási időszakban
A felszín alatti vízszint megállapítása	félévenként	félévenként
A felszín alatti víz összetételének meghatározása	a hulladéklerakó helyétől függően változó gyakorisággal	a hulladéklerakó helyétől függően változó gyakorisággal

**I.7.11. táblázat: Felszín alatti víz vizsgálata**  
(20/2006. (IV. 5.) KvVM rendelet)

A lerakó bezárása után, az utógondozás időszakában egyéb ellenőrzések is szükségesek, így többek között:

- a hulladéklerakó megközelítését szolgáló közlekedési utak, üzemi utak állapotának hetenként egy alkalommal történő ellenőrzése és karbantartása évente legalább egyszer;
- az illetéktelenek behatolásának megakadályozását szolgáló létesítmények (pl. kerítés) folyamatos ellenőrzése és szükség szerinti karbantartása;
- a növényzet karbantartása (fűnyírás, kaszálás) szükség szerint, de évente legalább kétszer;
- a vízelvezető és -kezelő rendszerek (csapadékvíz, csurgalékvíz) hetenként egy alkalommal történő ellenőrzése és karbantartása, tisztítása, iszapmentesítése szükség szerint, de évente legalább egyszer;
- a hulladéklerakó-gáz gyűjtőrendszer hetenként egy alkalommal történő ellenőrzése és karbantartása szükség szerint, de évente legalább egyszer.

### I.7.7. Hulladéklerakók rekultivációja

A Magyarországon rekultiválandó lerakók többsége 1995-2000 előtt létesült, túlnyomórészt kis lerakók, amelyek mindenképpen bezárásra kerülnek és rekultiválni kell azokat. A hulladéklerakók lezárását, utógondozását, rekultivációját és megfigyelését a 20/2006. (IV. 5.) KvVM rendelet alapján kell elvégezni. A rekultivációnál értelemszerűen meg kell különböztetnünk azokat a lerakókat, amelyek a rendelet hatálya alá tartoznak, illetve az után létesítettek.

A rekultiváció és utógondozás a következő főbb részfolyamatokból tevődik össze:

- a) a rekultivációra és utógondozásra vonatkozó tervdokumentáció elkészítése és engedélyeztetése,
- b) a hulladéklerakó felső záróréteg rendszerének átmeneti és/vagy végleges kialakítása,
- c) a hulladéklerakó-gáz gyűjtési és kezelési rendszerének kialakítása és működtetése,
- d) a csurgalékvíz és csapadékvíz kezelési rendszerének kialakítása és működtetése,
- e) az utógondozási időszakban szükséges monitoringrendszer kialakítása és működtetése,

- f) a hulladéktest formálása, felszíni rétegeinek tömörítése, rézsúk kialakítása, tájba illesztés, a terület további használatának figyelembevételével,
- g) a további felhasználásra nem tervezett berendezések és építmények elbontása, az általuk elfoglalt terület tájba illesztése,
- h) a fenntartási és állagmegóvási munkák elvégzése az utógondozás teljes időszakában,
- i) az utógondozás befejezése,
- j) a jelentéskészítési kötelezettség teljesítése.

A fentieket értelemszerűen kell alkalmazni a lerakott hulladék összetételétől, a hulladéklerakó meglévő műszaki létesítményeinek kiépítettségétől, továbbá attól függően, hogy a rekultiváció és az utógondozás a hulladéklerakó egészére vagy annak egy részére vonatkozik.

A felső záróréteg rendszer kialakítása értelemszerűen tartalmazza a hulladéklerakó oldalirányú záróréteg rendszerét is, ahol az szükséges.

Meglévő, műszaki védelem nélküli lerakók rekultivációja esetén indokolt lehet kockázatelemzés és költség-haszon elemzés elkészítésével megvizsgálni, hogy a lerakó rekultivációja megvalósítható-e, vagy fel kell számolni. Amennyiben a lerakó érintkezik a felszín alatti vízzel, fennáll a közvetlen bevezetés a felszín alatti vízbe, nincs mérlegelési lehetőség, csak a lerakó felszámolására kerülhet sor. A 2001. január 1-jén még üzemelő lerakó rekultivációja esetében, ha a lerakott hulladék mennyisége meghaladja a 10 000 m<sup>3</sup>-t, a rekultivációt 2 ütemben (kb. 10 évig átmeneti záróréteggel kell lezárni), ellenkező esetben egy ütemben kell elvégezni. A 2001. január 1-én már bezárt, de nem rekultivált lerakó esetében (I.7.15 és I.7.16. ábra), a rekultivációt a végleges záró-réteg kialakításával 1 ütemben történhet.



**I.7.15. ábra: Bezárt, még nem rekultivált lerakó**



**I.7.16. ábra: Nem rekultivált lerakó**

## II. ÉLELMISZERIPARI MELLÉKTERMÉKEK

### II.1. Alapfogalmak (Simon László)

Az Európai Unió hulladékokra vonatkozó definíciója szerint hulladék minden „olyan anyag vagy tárgy, amelytől birtokosa megválik, megválni szándékozik vagy megválni köteles”, és ebbe a körbe sorolja az élelmiszer-hulladékot is.

Az élelmiszer-hulladék az élelmiszerek előállítása és feldolgozása során a gyárakban, raktárakban, éttermekben, egyéb vendéglátó-ipari vagy kereskedelmi egységekben, háztartásokban keletkező, emberi fogyasztásra vagy további feldolgozásra alkalmatlan anyag, illetve a romlott, lejárt minőségmegőrzési időtartamú élelmiszer.

A biohulladék a biológiailag lebomló, parkokból származó vagy kerti hulladék, háztartásokban, éttermekben, étkeztetőkben és kiskereskedelmi tevékenységet folytató létesítményekben képződő élelmiszer- és konyhai hulladék, valamint az ezekhez hasonló, élelmiszer-feldolgozó üzemekben képződő hulladék.

Abiológiailag lebomló hulladék minden szervesanyag-tartalmú hulladék, amely aerob vagy anaerob úton biológiailag lebomlik vagy lebontható, ideértve a biohulladékot is.

Az élelmiszeripar feladata emberi fogyasztásra alkalmas termékek – élelmiszerek – előállítása. A feldolgozási műveletek során az élelmiszerek, mint főtermékek mellett a legtöbb technológia esetén olyan anyagok is keletkeznek, melyek összetevőik miatt emberi fogyasztásra közvetlenül már nem alkalmasak. Az ilyen anyagok – első megközelítésben – élelmiszeripari hulladékok, mivel a megváltozott fizikai, kémiai tulajdonságaik miatt az adott technológiában szükségtelenné, feleslegessé váltak, ezért onnan az eltávolításuk szükséges. Az eltávolításra kerülő anyagok jelentős része azonban közvetlenül hasznosítható vagy értékesíthető, illetve más technológiáknál kiindulási vagy alapanyagként, valamint energiahordozóként felhasználható.

A kiindulási élelmiszeripari technológia szempontjából a főtermék mellett keletkező, keletkezési formájában hasznosítható, értékesíthető anyag az élelmiszeriparimelléktermék. Ehhez kapcsolódó fogalom a másodnyersanyag, másodlagos energiahordozó kifejezés, amelybe a más technológiákban nyersanyagként, energiahordozóként felhasználható élelmiszeripari anyagok tartoznak.

Valamely anyagot vagy tárgyat, amely olyan előállítási folyamat során képződik, amelynek elsődleges célja nem az ilyen anyag vagy tárgy előállítása mellékterméknek lehet tekinteni, amennyiben további felhasználása biztosított. Az előállítását követően – a szokásos ipari gyakorlattól eltérő feldolgozás nélkül – közvetlenül felhasználható, az előállítási folyamat szerves részeként állítják elő, a környezetet és az emberi egészséget hátrányosan nem érinti, és további használata jogszerű, azaz meghatározott módon történő felhasználása tekintetében az anyag vagy tárgy megfelel a termékre, a környezet- és egészségvédelemre vonatkozó összes jogszabályi előírásnak.

Hulladéknak csak az az anyag tekinthető, amelyet a jelenlegi társadalmi, gazdasági technikai színvonalon tulajdonosa (termelője) sem felhasználni, sem értékesíteni nem tud, vagy nem akar, ezért környezetéből eltávolít. A keletkező hulladékok kezeléséről azonban a környezetszennyezés elkerülése, megelőzése érdekében gondoskodni kell.

A hulladékgyűjtés a hulladék összeszedése hulladékkezelő létesítménybe történő elszállítás céljából, amely magába foglalja a hulladék előzetes válogatását és előzetes tárolását is. A hulladékgyűjtés az a technológiai eljárás, mely során a hulladékot a keletkezés helyén az elszállításig, rendezett körülmények között, környezetszennyezéssel nem járó módon összegyűjtik.

A szállítás a hulladék telephelyen kívüli mozgatása.

A hulladékkezelés hasznosítási vagy ártalmatlanítási művelet, ideértve a hasznosítást vagy ártal-

matlanítást megelőző előkészítést is. A hulladékkezelés olyan – önállóan is alkalmazható – eljárások összessége, mely révén a keletkező hulladék összegyűjtése, szállítása, hasznosítása és ártalmatlanítása környezetszennyezést kizáró módon oldható meg.

A hulladékhasznosítás bármely kezelési művelet, amelynek fő eredménye az, hogy a hulladék hasznos célra szolgál annak révén, hogy olyan más anyagok helyébe lép, amelyeket egyébként valamely konkrét funkció betöltésére használtak volna, vagy amelynek eredményeként a hulladékot oly módon készítik elő, hogy ezt a funkciót akár az üzemben, akár a szélesebb körű gazdaságban betölthesse. A hulladék-hasznosítás olyan tevékenység, amelynél a technológiai termelő folyamatban keletkező felhasználhatatlan anyagokat forgalomképes terméké, felhasználható anyaggá alakítják. A hulladék-hasznosítás történhet közvetlenül (ez nem jár átalakítással), illetve közvetett módon.

Az anyagában történő hasznosítás bármilyen hasznosítási művelet az energetikai hasznosítás kivételével.

Az energetikai hasznosítás olyan hasznosítási művelet, amelynek során a hulladék energiatartalmát kinyerik, ideértve a biológiailag lebomló hulladékból történő energia-előállítás, valamint az olyan anyaggá történő feldolgozást, amelyet üzemanyagként, illetve tüzelőanyagként használnak fel.

A hulladék-ártalmatlanítás minden olyan kezelési művelet, amely nem hasznosítás; a művelet abban az esetben is ártalmatlanítás, ha az másodlagos jelleggel anyag- vagy energiakinyerést eredményez. A hulladékhasznosítás mellett az élelmiszeriparon belül is fontos szerepe van azon eljárásoknak, amelyek révén a tovább már nem használható hulladékok ártalmatlanítása végezhető el. Az ártalmatlanítás során az elérendő cél az, hogy a hulladék anyagi minőségének megváltoztatásával vagy a hulladéknak a környezettől való elszigetelésével a környezetszennyező hatás megakadályozható legyen.

A biohulladék-kezelő telep a biohulladék begyűjtésére, gyűjtésére, előkezelésére, hasznosítására szolgáló telephely.

## II.2. Az élelmiszer-veszteség okai és mértéke, az élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok keletkezése és mennyisége (Simon László)

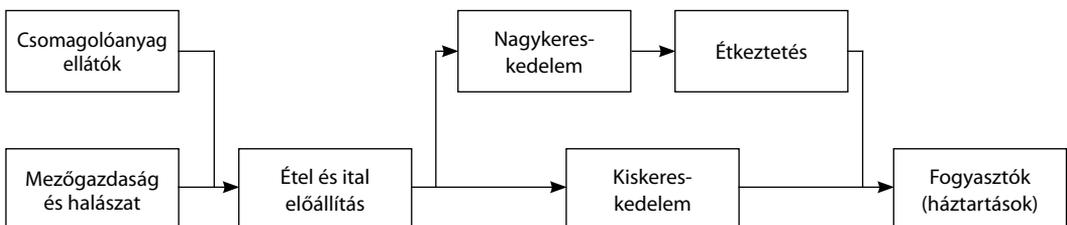
Globális szinten elegendő élelmiszert termel az emberiség napjainkban, azonban az élelmiszerek elosztása és fogyasztása rendkívül egyenetlen. Földünkön a több mint hét milliárd emberből mintegy 850 millió éhezik vagy alultáplált, míg 1,2 milliárd túlsúlyos, elhízott. A nemzetközi ajánlásoknak megfelelően egy átlagos testsúlyú és átlagos aktivitású embernek élete és egészsége fenntartásához elegendő naponta 11,30-11,72 MJ (2700-2800 kilokalória) energiát bevinnie a szervezetébe az élelmiszerek elfogyasztásával. Elsősorban a fejlett országok lakosságára jellemző a túltápláltság (akár napi 5,86 MJ azaz 1400 kalória többletbevétel), mellyel párhuzamosan folyamatosan emelkedett az elmúlt 30 évben az emberek testsúlya, illetve a fel nem használt, elpazarolt élelmiszerek mennyisége.

A rossz betakarítási gyakorlat, a helytelen tárolás és szállítás, a szigorú eladási határidők, a piacon keletkező hulladékok és a vásárlók pazarlása miatt kárba vész a világon megtermelt élelmiszer mintegy harmada-fele (2012-es adat). Megközelítőleg négy milliárd tonna élelmiszert termelünk évente (2012-es adat), becslések szerint ennek mintegy 30-50 százaléka (1,2-2 milliárd tonna) sosem kerül humán fogyasztásra (<http://www.kiserletikonyha.hu/2011/09/globalis-elelmiszer-pazarlas-es.html>). Ez az élelmiszertermelés, -feldolgozás, -szállítás és -fogyasztás során használt természeti és energiaforrások elpazarlását is jelenti.

A mezőgazdaság bocsájtja ki az összes üvegház-hatású gáz 22 %-át (az állattenyésztés a globális kibocsátás 18 %-áért felelős). Az élelmiszerek termelése és feldolgozása jelentős talajterheléssel, vízfelhasználással, energiafogyasztással és CO<sub>2</sub>-kibocsátással jár. Az élelmiszer-hulladékokból a lerakókban – gyors bomlásuk, rothadásuk során – jelentős mennyiségű metángáz (depóniagáz) keletkezik, melynek a szén-dioxidnál jóval erősebb üvegház-hatása van. Egy egységnyi élelmiszer-hulladékból több mint négyszeres mennyiségű CO<sub>2</sub> szabadul fel a bomlása során.

A napjainkban tapasztalható élelmiszer-pazarlás már jelenleg is komoly közgazdasági, környezeti és élelmiszer-biztonsági problémákat jelent, mely szociális feszültséggé válhat 2050-re, amikor már kilenc milliárd ember táplálását kell biztosítani. Az Egyesült Nemzetek Szervezetének Környezeti Programja az élelmiszer-termelés további fokozása helyett az élelmiszer-pazarlás és -veszteség visszafogását, az élelmiszer-hulladékok és -melléktermékek újrahasznosítását, új technológiák kifejlesztését ajánlja a jövőben; 30-50 %-kal növelve ezzel az élelmiszer-előállítás energiahatékonyosságát. Ha az élelmiszer-veszteség és -pazarlás a felére csökkenne 2050-ig, akkor az előre jelzett népesség élelmezéséhez csak 25 %-kal kéne megnövelni az élelmiszertermelést a jelenleg becsült 60 % helyett.

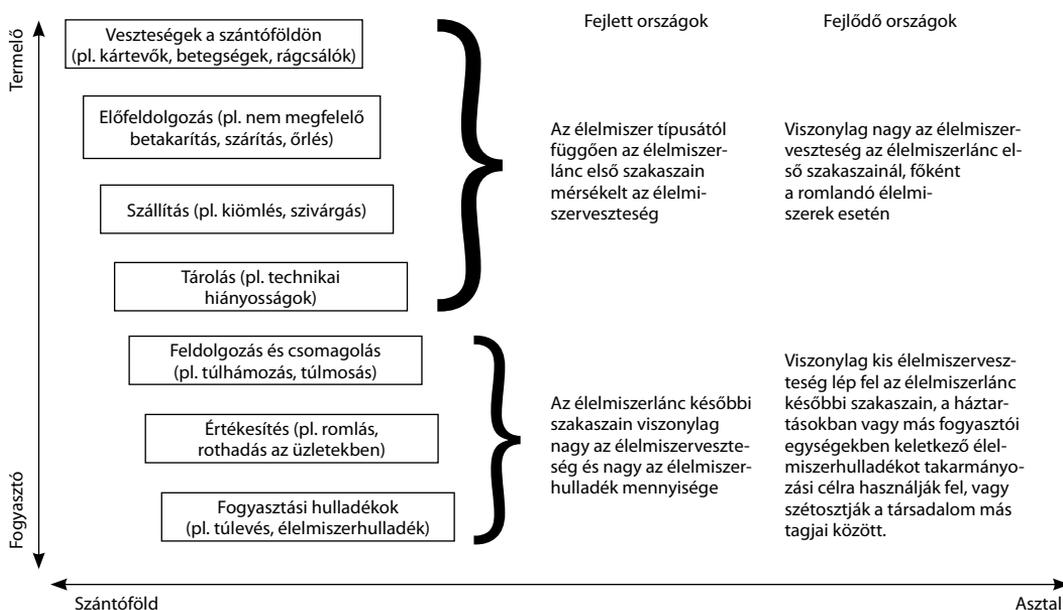
Élelmiszer-veszteség, -pazarlás, élelmiszer-hulladék a II.2.1. ábrán bemutatott élelmiszer-ellátási lánc valamennyi szakaszán felléphet, illetve keletkezhet – ennek okai azonban különböznek egymástól az egyes szakaszokat illetően (ld. lenn).



II.2.1. ábra: Az élelmiszer-ellátási lánc felépítése (Forrás: Mena et al., 2010 nyomán)

Az Egyesült Nemzetek Szervezetének Élelmiszerügyi és Mezőgazdasági Szervezete (FAO UN) különbséget tesz az élelmiszer-veszteség („food loss”) az élelmiszer-hulladék, valamint az élelmiszer-pazarlás („food waste”, „food wastage”) fogalma között. Az élelmiszer-veszteség az emberek számára ehető élelmiszertömegének csökkenése az ehető élelmiszerek előállítását szolgáló ellátási láncon belül. Élelmiszer-veszteség léphet fel az élelmiszerellátási-lánc termelési, betakarítás utáni és feldolgozási szakaszain. Az élelmiszer lánc végén (II.2.1. ábra) (kereskedelem, élelmiszerek elfogyasztása) fellépő élelmiszer-veszteség inkább élelmiszer-pazarlásnak (elpazarolt élelmiszerek) nevezendő, és a kereskedők és fogyasztók pazarló magatartására vezethető vissza. Az élelmiszer-veszteség és -pazarlás fogalma az emberek számára elfogyasztható (humán) élelmiszerekre vonatkozik, nem értendő ide a takarmányként hasznosított élelmiszerek (melléktermékek) vagy az élelmiszerek fogyasztásra alkalmatlan részei.

Az iparilag fejlett és fejlődő országokban megközelítőleg azonos mennyiségű élelmiszert herdálnak el. A fejlődő országokban az élelmiszer-pazarlás elsősorban az élelmiszerellátási-lánc elején (a megtermelt élelmiszerek tárolásakor, illetve feldolgozásakor) jelentkezik, míg a fejlett országokban az élelmiszerlánc végén (az élelmiszerkereskedelem, illetve az élelmiszerfogyasztás szintjén) jellemző mindez. Az élelmiszer-veszteség, élelmiszer-pazarlás, élelmiszer-hulladék keletkezés különböző okait a fejlődő és fejlett országokban a II.2.2. ábrán foglaljuk össze.



**II.2.2. ábra: Az élelmiszer-veszteség és élelmiszer-hulladék keletkezésének okai**

(Forrás: Lundqvist, 2008 nyomán)

Az élelmiszer-veszteség, illetve az élelmiszer-hulladék keletkezése lényegében az alapanyagok előállításánál kezdődik (II.2.2. ábra). A vetés után a szántóföldi növények ki vannak téve a kártevőknek, fertőzéseknek és a szélsőséges időjárási eseményeknek, amelyek már a betakarítás előtt jelentős veszteségeket okoznak. A betakarításnál széles körben használt eszközök az élelmiszer-hulladékok másik forrásai, mivel a gépek általában nem különböztetik meg az érett és éretlen terményt, vagy csak a termény egy részét tudják betakarítani. Külső gazdasági megfontolások vagy elvárások (mint pl. egy adott termény elvárt mérete, színe) is arra készíthetik a gazdákat, hogy a betakarított



termés egy részét kidobják vagy takarmányként hasznosítják, amennyiben nincs remény arra, hogy azt tovább tudják értékesíteni.

A betakarítás után is folytatódik az élelmiszer-hulladék keletkezése (II.2.2. ábra). A nem megfelelő tárolás során jelentős mértékű veszteséget okozhatnak a különféle kártevők és kórokozók, elsősorban azokban az országokban, ahol nagy a hőmérséklet és a páratartalom, illetve nem állnak rendelkezésre megfelelő tároló helyek. A tárolás során fellépő közvetlen mennyiségi veszteségek mellett jelentős lehet a minőségi veszteség, azaz a tápérték, a kalóriaérték, a feldolgozhatóság és a piaci értékesíthetőség csökkenése, amely az élelmiszer-hulladék további forrása.



**II.2.3. ábra: Konzervipari gyártási hulladék**  
(Forrás: Simon László fotója)

Az élelmiszeripar, termékfeldolgozás jelentős hulladék-kibocsájtó lehet. A gyümölcs- és zöldségfeldolgozás (II.2.3. ábra), növényolaj-előállítás, az erjesztés (szeszleparlás, sör- és borkészítés), illetve a tej-, hús- és halfeldolgozás során világszerte nagy mennyiségben keletkezik élelmiszeripari melléktermék és hulladék. A szilárd melléktermék és hulladékok (pl. gyümölcs-, zöldség-, gabonamag-, olajosmag-, cukornád-, cukorrépa-, hús- és halmaradványok) mellett jelentős volument képviselnek a folyékonyak, pl. a cukorgyártás során keletkező melasz, a húsfeldolgozás során keletkező vér és tejfeldolgozás során keletkező savó, valamint a nagy szervesanyag-tartalmú élelmiszeripari szennyvizek (ld. II.3. fejezet). Ezek kezelését, mezőgazdasági, ipari és energetikai hasznosítását a II.7., II.8., II.9. és II.10. fejezetekben ismertetjük.

Az II.2.1. táblázatban mutatjuk be az élelmiszer-feldolgozásra, az élelmiszeripar különféle ágazataira vonatkozó ún. specifikus hulladék indexeket. A specifikus hulladék indexet úgy kapjuk, hogy az élelmiszer-feldolgozás során keletkező hulladék (melléktermék) tömegét elosztjuk a kereskedelmi forgalomba hozható termék tömegével.

**II.2.1. táblázat: Az élelmiszeripar különféle ágazataira vonatkozó specifikus hulladék indexek**

(Forrás: Russ és Schnappinger, 2007 nyomán)

Élelmiszeripari ágazat	A hulladék/melléktermék típusa	Specifikus hulladék index
Burgonya-feldolgozó ipar	Burgonyahéj	0,3-0,5
Malomipar, hántolóipar	Korpa	0,11-0,18
	Törött magvak, héj, pelyva, finom por	<0,01
	Rizskorpa	0,11-0,18
	Rizsliszt	<0,01
Tésztaipar	Tészta hulladék	0,0012-0,0014
	Tojánhéj	0,02-0,08
Cukoripar	Melasz	0,191
	Kilúgozott cukorrépa-szelet	0,517
	Cukorgyári méziszap	0,427
Söripar	Malátapor	<0,001
	Törköly (kilúgozott magvak)	0,192
	Élesztő	0,024
	Kovaföld iszap	0,006

Élelmiszeripari ágazat	A hulladék/melléktermék típusa	Specifikus hulladék index
Boripar	Törköly	0,136-0,145
	Seprő	0,015-0,050
	Élesztő	0,03-0,045
Húsipar	Vágóhídi hulladék (csont, ín, bőr, tartalma, a gyomor-bél traktus tartalma, vér, belsőségek)	0,1-0,87
Tejipar	Savó	4,0-11,3
	Tejfeldolgozási hulladék	0,04

Az élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok hasznosításának mértéke a legtöbb országban jelenleg még csekély mértékű. Korszerű élelmiszeripari termelésről akkor lehet beszélni, ha a technológia kis energiafelhasználással, kevés nyersanyag-vesztéssel jár, és az előállított főtermék mellett kis mennyiségű melléktermék, illetve hulladék keletkezik. Ahhoz, hogy az élelmiszeriparon belül is környezetkímélő technológiák terjedjenek el, korszerű hulladékkezelési módszerek bevezetése szükséges.

Az élelmiszer-feldolgozás során keletkező élelmiszer-hulladék (II.2.3. ábra) egy részét szinte egyáltalán nem lehet megszüntetni vagy kikerülni: az élelmiszer-biztonsági előírásoknak nem megfelelő termékeket még azelőtt ki kell vonni a forgalomból, hogy azok egyáltalán a boltok polcaira kerülhetnének. Bár az így keletkező melléktermékek vagy hulladékok egy részét állati takarmányként fel lehet(ne) használni, az élelmiszer-biztonsági előírások miatt sokszor ez sem lehetséges, elsősorban az állati eredetű melléktermékek és a belőlük előállítható termékek vonatkozásában, amelyek az Európai Unióban a különleges kezelést igénylő hulladék kategóriába (II.4. fejezet) tartoznak.

Az élelmiszer-feldolgozás során a legtöbb élelmiszert csomagolják, hogy megvédjék a szállítás közben fellépő külső hatásoktól és megőrizzék frissességét, fogyaszthatóságát, amíg a végső felhasználóhoz el nem jut. A csomagolás, amely így jelentős mennyiségű élelmiszer-hulladék keletkezését előzi meg, sajnálatos módon elejét veheti annak is, hogy a lejárt minőségmegőrzési időtartamú élelmiszereket közvetlenül lehessen hasznosítani, pl. állati takarmányként. A csomagolási hulladékok természetes velejárói az élelmiszeripari termelésnek, melyek nagyrészt a fogyasztóknál keletkeznek. Élelmiszerfogyasztásunk jelentős mennyiségű háztartási hulladékot generál. Az élelmiszeripari csomagolási hulladék kibocsátás elérte a 860 000 tonnát 2008-ban Magyarországon.

Az élelmiszer nagy- és kiskereskedelem során élelmiszer-, ital-, és csomagolási hulladék keletkezik. Mivel a kereskedőknek ez jelentős anyagi veszteséget jelent, ennek minimalizálására törekcsenek; az Európai Unióban az itt keletkező élelmiszer-vesztés mértéke kisebb, mint az élelmiszerellátási-lánc többi szakaszán fellépő (ld. az adatokat lenn). Ennek ellenére előfordulhat túlkészletezés, túrendelés, pl. a gyorsan romló, illetve szezonális jellegű áruk-ból. A szupermarketekben elsősorban gyümölcs- és zöldség-hulladék (II.2.4. ábra), illetve kisebb mértékben friss (nem feldolgozott) hús-, baromfi-, és halhulladék keletkezik. Jelentős lehet még a pékáru-, szárazáru- és tejtermék-hulladék mennyisége is.



**II.2.4. ábra: Élelmiszer-kereskedelmi zöldség- és gyümölcshulladékok** (Forrás: <http://blogs.independent.co.uk/2013/01/11/31502/>)

Az élelmiszer-szolgáltatás; vendéglátás, gyorsétkeztetés, intézményi, iskolai, kórházi munkahelyi közétkeztetés során a fogyasztásra kész élelmiszerek előállítása során élelmiszer-hulladékok keletkeznek, illetve jelentős élelmiszer-vesztéséget okoznak az el nem fogyasztott ételek, fogások. Európai kutatások szerint egy átlagos éttermi fogyasztás alkalmával akár 0,5 kg hulladék is termelődik fejenként. Ez nem csak a szalvéta és a maradék étel, hanem legfőképpen az elkészítés során felhasznált és elhasznált melléktermékek (pl. használt étolaj, zöldségtisztítás maradékai, hús levágott részei stb.), és a csomagoló anyagok tömege. Az éttermek hulladékának kb. 20-60 %-a lebomló szerves hulladék. Ennek 65 %-a az elkészítés során megmaradt, 30 %-a az el nem fogyasztott, 5 %-a pedig a megromlott étel.

A háztartásokban a fentihez hasonló jellegű hulladékok keletkezhetnek. Az élelmiszerek feldolgozása során az emészthetetlen, felesleges összetevők (pl. zöldség- és gyümölcschém, mag, tojáschém), illetve a megromlott élelmiszerek (II.2.5. ábra) eltávolítása elkerülhetetlen, viszont elkerülhető lehetne a túlvásárlás, a túlkészletezés, a túlevés, illetve az elkészített fogások egy részének megagyása, majd kidobása.



**II.2.5. ábra: Konyhai élelmiszer-hulladék és megromlott élelmiszerek** (Forrás: Simon László fotói)

A háztartásokban tapasztalható élelmiszer-pazarlás, illetve élelmiszer-hulladék keletkezés mértéke a nemzeti sajátosságoktól, kulturális szokásoktól, az elfogyasztott élelmiszerek jellegétől és választékától, a háztartások nagyságától és az élelmiszer-fogyasztásra rendelkezésre álló bevételek nagyságától függ. A fejlett országokban a háztartási élelmiszer-hulladékot főként zöldségek, gyümölcsök, tejtermékek, pékáruk, tojás, illetve hús és hal képezi.

A legtöbb figyelmet az elmúlt években a mezőgazdasági termelés és az élelmiszeripari feldolgozás során fellépő élelmiszer-vesztés, -pazarlás, élelmiszer-hulladék-keletkezés kapta, hasonlóan az élelmiszerek elosztása; helytelen csomagolása, nem megfelelő kezelése és forgalmazása, szállítása, tárolása, túlrendelése során fellépő veszteségekhez. Viszonylag kevés figyelem irányult azonban a háztartásokban tapasztalható élelmiszer-pazarlásra, és alig vizsgálták az élelmiszer-előállítás és a kiskereskedelem egymásra hatását ebből a szempontból.

Az Európai Unió 27 tagországában – egy 2011-ben közölt becslés szerint – élelmiszer-hulladékok évenként a legnagyobb mértékben a háztartásokban keletkeznek (42 %; 38 millió tonna; 76 kg/fő), ezt követi az élelmiszer-feldolgozás (39 %; 35 millió tonna; 70 kg/fő), az élelmiszer-szolgáltatás, vendéglátás, közétkeztetés (14 %; 12,3 millió tonna, 25 kg/fő) és végül az élelmiszer nagy- és kiskereskedelem (5 %; 4,4 millió tonna, 8 kg/fő). Mindez az EU27 tagországaiban egy főre vetítve mintegy 180 kg-os élelmiszer-hulladéknak (élelmiszer-vesztésnek, élelmiszer-pazarlásnak) felelt meg.

Magyarországon – 2006-os becslések szerint – 1 858 000 tonna élelmiszer-hulladék keletkezett éves szinten, ami kb. 180-190 kilogrammnak, az Európai Unió átlagnak felelt meg fejenként. Az élelmiszer-hulladékok 62 %-a azonban hazánkban az élelmiszer-feldolgozás során keletkezett, a háztartások pedig az össz mennyiség 21 %-áért felelősek, mindez eltér az Európai Unió átlagtól. Hazánkban háztartásonként évi 100 kilogrammnyi, 50 ezer forintnyi ételt dobunk ki. Minden magyar ház-

tartás az összes megvásárolt élelem 10 százalékát elpazarolja, kidobja, azaz minden tíz család el láthatna étellel egy tizenegyediket a kifizetett, de soha meg nem evett fölöslegből.

Felmerül a kérdés, hogy mit kéne tenni az ételkészítés-pazarlás ellen világviszonylatban? Az egyik elképzelés szerint a fejlődő országokban fejleszteni kéne az ételkészítés tárolásának és szállításának az infrastruktúráját. A hűtlánc kiépítésével pl. csökkenteni lehetne a gazdák kiszolgáltatottságát, a nem tárolt ételkészítési értékesítési kényszerét. Ez csökkentené az időszakos túlkínálatot, ételkészítési romlást. A szaktanácsadási, oktatási rendszerekbe is több pénzt kéne a fejlődő országokban beruházni. A fejlett országokban tapasztalható ételkészítés-pazarlás a fenténél összetettebb probléma. Megfelelő felvilágosító munkával, oktatással, szaktanácsadással el kellene érni, hogy a lakosság attitűdjei megváltozzanak az ételkészítés-fogyasztással és -pazarlással kapcsolatosan, pl. a túlvásárlást, túlkészletezést, túlevést illetően.

Az érdekképviselő, az oktatás és esetlegesen a jogalkotás is hozzájárulhat ahhoz, hogy az ételkészítés-szolgáltatás és -kereskedelem területén is csökkenjen a képződő ételkészítés-hulladék mennyisége. Újra kellene gondolni a minőségmegőrzési időtartam lejáta után az ételkészítési vagy a nagykereskedelmi moslák hasznosíthatóságának a kérdését. Az Európai Unió jelenlegi előírásai alapján Magyarországon minden lejárt minőségmegőrzési időtartamú ételkészítési termék meg kell semmisíteni. Évente több száz tonna ételkészítés kerül a boltok polcairól egyenesen a hulladékok közé, csak mert nem kelt el a csomagoláson jelzett időpontig. Hasonló jelenség tapasztalható a háztartásokban is. A minőségmegőrzési időtartamot biztonságosan, azaz az indokoltnál rövidebb időtartamra szokták megállapítani. Mindez az olyan gyorsan romló áruk, mint a tökehús, a hal és a tej esetében indokolt, azonban olyan lassabban romló ételkészítési termékeket, mint pl. a szárított zöldségeket, csokoládét, rizst, kávékat vagy egyes konzerveket, lekvárokat gond nélkül el lehetne fogyasztani akár hetekkel a csomagoláson jelzett időpont után is. Ha az uniós szabályozás megengedné, olcsóbban eladhatóak lennének a még fogyasztható, de már lejárt minőségmegőrzési időtartamú ételkészítési termékek. Korábban Magyarországon a kereskedő kérhetett olyan minőségi vizsgálatot, amelynek nyomán engedélyt lehetett szerezni az adott ételkészítés kedvezményes kiadására, természetesen az üzletben jól láthatóan elkülönítve a többi árutól. Egy német javaslat szerint két időpontot kéne feltüntetni a csomagoláson: az egyik a maradéktalan élvezhetőségre, a másik pedig az egészségügyi megfontolás nélküli fogyaszthatóságra utalva.

Az Európai Unió 1999/31/EC irányelve előírja, hogy 2016-ra a biológiailag lebomló hulladékok lerakásának arányát az 1995-ös érték 35 %-ra kell lecsökkenteni. Mindezt a továbbhasznosítható ételkészítési melléktermékek minél szélesebb körű feldolgozásával, és a biológiai kezelés (aerob komposztálás, anaerob rothasztás) mértékének növelésével lehet elérni. Az Európai Unió irányelveinek megfelelően a mezőgazdaságban és az ételkészítésiparban képződő biológiai úton lebomló növényi és állati hulladékok lerakását gyakorlatilag teljes egészében meg kell szüntetni, és ennek érdekében a talajba közvetlenül vissza nem forgatható hulladékok kezelésére komposztáló, biogáz-előállító és felhasználó, illetve bioenergiahasznosító létesítményeket kell kialakítani. Ezzel párhuzamosan átfogó rendszert kell kiépíteni az állati eredetű melléktermékek feldolgozására. A fertőzésveszélyes hulladékokat égető-berendezésekben kell ártalmatlanítani.

A mezőgazdasági és ételkészítési hulladékok kezelésére vonatkozó hazai statisztikai adatokat a II.2.2. táblázatban foglaltuk össze.

**II.2.2. táblázat: A mezőgazdasági és élelmiszeripari hulladékok kezelése Magyarországon***(Forrás: [www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat\\_eves/i\\_ur006.html](http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_ur006.html))*

Kezelés	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
	ezer tonna								
<b>Újrafeldolgozással, komposztálással hasznosított</b>	4329	3567	2604	904	553	288	285	293	319
<b>Energiahasznosítással történő égetés</b>	572	753	982	698	168	269	252	293	454
<b>Energiahasznosítás nélküli égetés</b>	104	7	4	5	1	3	104	2	1
<b>Lerakással ártalmatlanított</b>	1156	170	96	44	7	22	9	7	7
<b>Egyéb módon kezelt</b>	53	331	255	3208	459	384	124	150	16
<b>Összesen</b>	<b>6215</b>	<b>4828</b>	<b>3940</b>	<b>4858</b>	<b>1188</b>	<b>965</b>	<b>773</b>	<b>744</b>	<b>787</b>

## **II.3. Az élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok jellemző tulajdonságai, csoportosítása, azonosítása és besorolása (Simon László)**

A következő fejezetekben áttekintjük az élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok jellemző tulajdonságait, csoportosítását, azonosításukat és besorolásukat.

### **II.3.1. Az élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok jellemző tulajdonságai**

Az élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok az egyéb melléktermékektől és hulladékoktól viszonylag jól megkülönböztethetők. Jellegzetes tulajdonságai a következők:

- Nagy szervesanyag-tartalmúak, mely révén bomlékonyak, biológiailag instabilak. Összetevőikre gyors autooxidáció, nagy enzimaktivitás a jellemző. Zsírtartalmuk, fehérjetartalmuk bomlása miatt kellemetlen szagok keletkeznek. Vagy elve nagyszámú mikrobát tartalmaznak, vagy a mikrobák gyors elszaporodása miatt összetevőik gyorsan átalakulnak.
- Hosszú ideig nem tárolhatók, gyűjthetők bomlékonyságuk miatt. Fennáll a kórokozó mikrobák, toxintermelő penészgombák, legyek, nyüvek, kukacok elszaporodásának a veszélye.
- Nagy víztartalmúak, mely hasznosításukat szintén gátolhatja. A hús-, gyümölcs- és zöldség-hulladékok víztartalma 70-95 %. A nagy víztartalom megdrágítja a szállításukat és szárításukat. Préselésük esetén nagy szervesanyag-tartalmú szennyvizet kell kezelni.
- Nagy térfogatúak, emiatt gazdaságos hasznosításukat esetenként a szállítás, gyűjtés költségei határozzák meg.
- Sok olyan összetevőt tartalmaznak, melyek ipari nyersanyagként (másod-nyersanyagként) hasznosíthatók. Megfelelő eljárások kiválasztásával nagy részük hasznosítható, újra felhasználható.

Az élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok jellemző tulajdonságaik alapján különböző módon csoportosíthatók. Halmazállapot szerint lehetnek: szilárdak, folyékonyak és iszapszerűek. E csoportosítás alapján elsősorban a melléktermékek és hulladékok gyűjtési, szállítási rendszere dolgozható ki.

Az élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok eredet (keletkezési hely) szerint lehetnek:

- termelési hulladékok (mezőgazdaság, az élelmiszeripar, szolgáltatás melléktermékei és hulladékai),
- települési (kommunális) hulladékok (az ember mindennapi élete során, túlnyomórészt a háztartásokban keletkező hulladékok).

Környezetet veszélyeztető hatásuk szerint csoportosítva a hulladékokat megkülönböztetünk:

- különleges kezelést igénylő (veszélyes) hulladékokat (ld. II.4. fejezet), és
- nem veszélyes hulladékokat.

Az élelmiszeripari hulladékok a fenti két csoportosítás szerint elsősorban a termelési hulladékok (illetve részben a települési, háztartási hulladékok) közé tartoznak, és ezen belül egyes csoportjaik a különleges kezelést igénylő hulladékok közé sorolhatók.

Az élelmiszeripari melléktermékeket és hulladékokat minőségi jellemzőik alapján is lehet csoportosítani is, melyek lehetnek:

- fizikai jellemzők (darabosság, nedvességtartalom, szárazanyag-tartalom, stb.),
- kémiai jellemzők (pH, szervesanyag-tartalom, oldhatóság, éghetőség, stb.), és
- biológiai jellemzők (bomlékonyság, fertőzőképesség).

## **II.3.2. Az élelmiszeripar melléktermékeinek és hulladékainak csoportosítása élelmiszeripari ágazatok szerint**

Az élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok az élelmiszer nyersanyagok fogyasztható élelmiszerekké történő feldolgozása során keletkeznek, az élelmiszer-feldolgozás elkerülhetetlen velejárói. A táplálékként szolgáló részek kinyerése, elválasztása során el kell különíteni a kis tápértékű vagy emészthetetlen, illetve az emberi egészségre káros hatást gyakoroló részeket az élelmiszer nyersanyagoktól.

A következő fejezetekben az élelmiszeripar legfontosabb melléktermékeit és hulladékait mutatjuk be az élelmiszeripari főbb termelési ágazatai szerint (a teljesség igénye nélkül), érintve azok legfontosabb minőségi jellemzőit, összetevőit, tulajdonságait, kezelését és hasznosíthatóságukat.

### **II.3.2.1. Gyümölcs- és zöldségfeldolgozás melléktermékei és hulladékai**

A konzervipari, hűtőipari, szárítóipari feldolgozás során keletkező gyümölcs- és zöldség-hulladékokra (melléktermékekre) (II.2.3. ábra) a nagy 80-90 %-os víztartalom mellett a nagy rosttartalom a jellemző.

A gyümölcs- és zöldség-hulladékok elsősorban szénhidrátokból állnak, fehérje- és zsírtartalmuk viszonylag csekély. A szerves frakciót kb. 75 %-ban cukrok és hemicellulóz, 9 %-ban cellulóz, és 5 %-ban lignin alkotja. A gyümölcs- és zöldség-hulladékok gyorsan megromlanak, összetevőik 50 %-a 2 órán belül, 80 %-a pedig 24 órán belül átalakul, bomlik. Elsősorban mezofil aerob mikrobák, illetve penész- és élesztőgombák szaporodnak el bennük, amennyiben nedvességtartalmuk meghaladja a 12 %-ot. Romlékonyságuk miatt állati takarmányként csak korlátozottan (12 %-os nedvességtartalom alatt) hasznosíthatók. A gyümölcs- és zöldség-hulladékokat hagyományosan kérődzőkkel etetik fel, mivel elsősorban az ide tartozó állatfajok emésztrendszere alkalmas arra, hogy a nagy cellulóz- és hemicellulóz-tartalmat megemészsze. Az egyszerű cukrokat tartalmazó gyümölcs- és zöldség-hulladékok a sertések takarmányozásra is hasznosíthatóak. Egyes törkölyfélék, illetve komló-feldolgozási maradékok azonban nem alkalmasak takarmányozásra, mivel nagy mennyiségben tartalmaznak fenolos vegyületeket, illetve peszticid maradványokat.

A gyümölcsök és zöldségek feldolgozása során keletkező szennyvizekbe sok vízdoldható szerves anyag és vegyület, illetve növényvédőszer- és tisztítószer-maradvány kerülhet be.

A gyümölcs- és zöldségfeldolgozás egyes melléktermékei gazdagok különféle antioxidáns-hatású vegyületekben, pektinekben, rostokban, szénhidrátokban, ásványi sókban, aroma- és zamatanyagokban, illetve színanyagokban. Ezek jól kiegészítik a takarmányok tápanyagait, illetve iparilag kinyerhetőek (II.8. és II.10.2. fejezet), és humán (ún. funkcionális) élelmiszerek dúsíthatóak velük.

A gyümölcsök és zöldségek feldolgozása során nagy mennyiségben keletkezik melléktermékként világszerte alma-, szőlő- és citrustörköly. Az almatörköly (II.7.1. ábra), fehérje- és vitamintartalma kicsi, ezért takarmányozásra csak korlátozottan hasznosítható. Gazdag azonban pektinben (<8 %) (II.6.2. ábra), ezért az ipari pektin előállításának (II.10.2.1. fejezet) egyik fontos alapanyaga. Nagy a víztartalma, és főként oldhatatlan szénhidrátokból (cellulóz, hemicellulóz, lignin) tevődik össze. Egyszerű cukor (glükóz, fruktóz, szacharóz) tartalma is jelentős, ezért az almatörkölyből olyan szubsztrátumokat lehet előállítani, melyek segítségével olyan mikrobák szaporíthatóak el, melyek biotechnológiai úton fontos vegyületeket termelnek számunka. A szőlőfeldolgozás borkészítés legfontosabb mellékterméke a szőlőtörköly, mely a feldolgozott szőlőmennyiség kb. 13 %-át képezi. A szőlőtörkölyből az etil-alkohol mellett számos értékes vegyület, pl. borkő-, alma-, és citromsav, szőlőmag-olaj, polifenolok (antioxidánsok) (II.8.4. fejezet) és pektin állítható elő. A citrustörköly a feldolgozott gyümölcsök kb. 50 %-át képezi, szárítva gazdag cellulózban, hemicellulózban és pektinben (II.10.2. ábra), ezért takarmányozási (II.7. fejezet) és pektinyártási (II.10.2.1. fejezet) célra alkalmazható. A citrustörkölyből mikrobák segítségével számos vegyületet (etil-alkohol, citromsav, illóolaj, zsírsavak), enzimeket, illetve biogázt állítanak elő.

A burgonya megközelítőleg 18 % keményítőt, 1 % cellulózt és 81 % vizet, valamint oldható fehérjéket és szénhidrátokat tartalmaz. A burgonya-feldolgozás hulladékait hagyományosan beszántják, komposztálják, illetve takarmányozásra hasznosítják, amennyiben a szállítási költségek utóbbi gazdaságosságát nem kérdőjelezzik meg. A burgonya-feldolgozás során keletkező melléktermékeket négy nagyobb csoportba sorolhatjuk: 1.) burgonyahéj, 2.) kisméretű burgonya és burgonyatörmelék, 3.) főzés során keletkező termékek, 4.) víz-visszanyerő rendszerekből származó anyagok. Ezeket az anyagokat fermentációs eljárásokban acetonnal, butanol és etil-alkohol (bioüzemanyag) előállításához lehet hasznosítani. A burgonyakeményítő-gyártás során elsősorban rostos burgonyapép keletkezik melléktermékként. Ebből pektint, keményítőt, celluláz enzimet és fehérjét lehet elkülöníteni, a rostokat papírgyártáshoz lehet hasznosítani, illetve a burgonyapépet élesztő szaporításhoz szubsztrátumként, illetve B12-es vitamin előállítására lehet alkalmazni. A burgonyapépből ragasztóanyagot is elő lehet állítani, melyet pl. farost-lemezek előállítására lehet alkalmazni. A burgonya-feldolgozás melléktermékeinek további hasznosításáról a II.8.2. fejezetben olvashatunk.

A zöldségnövények közül jelentős volument képvisel világviszonylatban a paradicsom. A paradicsomlé és más paradicsomkészítmények előállítása során 3-7 % melléktermék keletkezik. A paradicsomtörköly (II.7.1. ábra) gazdag fehérjében (20-23 % van jelen a szárazanyag-tartalomra vonatkoztatva), 12-30 % nyersrostot tartalmaz, és a paradicsom magvaiban 12-18 % olaj található. A paradicsommag olajban sok telítetlen zsírsav, elsősorban linolsav található, melyet kivonás után finomítanak és étkezési, illetve kozmetikai célra hasznosítanak. A zsírtalanított paradicsommagokat takarmányozási célra lehet hasznosítani, mivel proteintartalmuk eléri a 40-55 %-ot. A héjban található legfontosabb karotinoid a likopin. A likopinnek sejtvédő antioxidáns, illetve rákmegelőző hatása van.

A hagyma a legjelentősebb kertészeti termények közé tartozik világviszonylatban. A hagymafeldolgozás során hagymahéj, két külső húsos pikkely, gyökér, illetve kiválogatott kisméretű, torz, beteg vagy megsérült gumó keletkezik melléktermékként és hulladékként. A hagymagumók nedves tömegének 80-95 %-át víz alkotja. A szárazanyag több mint 65 %-a ún. nem-strukturált szénhidrátokból (glükóz, fruktóz, szacharóz) és frukto-oligoszacharidokból áll. A barna hagymahéjban jelentős mennyiségben van jelen kalcium és kvercetin flavonoid, utóbbi fontos antioxidáns; sejt- és érvédő hatása van az emberi szervezetben. A hagyma gazdag továbbá magnéziumban, vasban, cinkben és mangánban, diétás rostokban, frukto-oligoszacharidokban (kesztőz, nisztóz, fruktofuranoszil-nisztóz) és alk(en)il cisztein szulfoxidokban. Hagymahulladékokból eredményesen vonhatóak ki a fenti, emberi egészségre jótékony hatást gyakorló vegyületek (ld. II.10.2.1. fejezet), melyeket táplálék-kiegészítőként, illetve funkcionális élelmiszerek összetevőiként lehet alkalmazni.

### **II.3.2.2. Növényolaj-ipar melléktermékei és hulladékai**

A növényolaj-ipar elsősorban növényi olajok és növényi zsírok előállításával, a kapott nyers zsiradékok továbbfeldolgozásával, és a főtermékek előállítása során keletkező melléktermékek minél szélesebb körű hasznosításával (pl. takarmánydarák és takarmányzsírok előállításával) foglalkozik. A növényolaj-ipar alapanyagai közül kiemelkedik az olajpálma termése (a világon a legnagyobb mennyiségben ebből állítanak elő zsiradékot), a szójagmag (az összes zsírtermelés 30 %-át adja) és a napraforgómag (az összes zsírtermelés 10 %-át adja). Az olajos magvak feldolgozása során keletkező sajtolási maradék (présogácsa) fehérje- és rosttartalmától, a fehérje minőségétől függően elsősorban takarmányként hasznosítható. Az extrahált olajipari darák (II.7.4. ábra) szintén értékes takarmány-alapanyagok, proteintartalmuk jelentős (II.7.3. fejezet). Az olajosmag darákból proteinkészítmények (fehérjelisztek, fehérjekoncentrátumok, fehérjeizolátumok) készíthetők (II.10.2.2. fejezet). Finomítatlan szója, illetve napraforgó olajból iparilag lecitin állítható elő (II.8.2. ábra, II.8.2. fejezet). A napraforgó héja energetikai célra hasznosítható, elégethető (II.9.3. fejezet, II.9.6. ábra).

A növényolaj-ipari melléktermékek és hulladékok közül környezetvédelmi szempontból kiemelkedő jelentősége van az olívbogyó feldolgozása során keletkező szennyvíznek.



### **II.3.2.3. Erjedési iparok melléktermékei és hulladékai**

Az erjedési iparok (szeszipar, söripar, boripar) fermentációs folyamatai során nagy mennyiségben keletkeznek szilárd és cseppfolyós halmazállapotú melléktermékek és hulladékok. A cseppfolyós hulladékok közös jellemzője a nagy biológiai és kémiai oxigén-igény, és a több-kevesebb szerves vegyület (tanninok, fenolok, szerves savak) jelenléte.

A szeszgyártás alapanyagai cukortartalmú (cukorrépa, cukornád, cukorcirok, melasz, izocukor), keményítőtartalmú (kukorica, burgonya, gabonafélék; pl. rozs, búza), illetve egyéb lignocellulóz-tartalmú anyagok (pl. fahulladékok (erdei fenyő, nyírfa), mezőgazdasági hulladékok (szalma, kukoricacsutka, gyapotmag héj)) lehetnek. A fenti anyagok fermentációja az etil-alkohol előállítására irányul, melynek 67 %-át napjainkban üzemanyagként (bioalkohol) hasznosítjuk. A bioalkohol-gyártás felfutásával a keletkező melléktermékek és hulladékok mennyisége is jelentősen megnőtt az elmúlt két évtizedben.

A cukorrépa és a cukornád feldolgozása során, a szacharóz-előállítás melléktermékeként, sűrűn folyós barna folyadék, az ún. melasz (II.7.5. ábra) keletkezik. Ez a cukorrépa vagy a cukornád összes cukormennyiségének 11-13 %-át tartalmazza, ezért eredményesen lehet belőle, élesztőgombák segítségével, etil-alkoholt erjeszteni. A melaszalapú etil-alkohol előállítás, lepárlás után visszamaradó, 8-11 % szárazanyag-tartalmú melaszmoslék besűrítésével keletkezik a vinasz (II.7.7. ábra). A vinasz nagy kémiai oxigén-igény jellemzi, szervessav- és polifenol-tartalma jelentős. A cukorrépa-feldolgozásból származó vinaszból a szennyvízbe nehezen bontható, toxikus betain (trimetil-glicin) kerülhet be. A vinaszban levő fehérjék jól emészthetőek a kérődző állatok számára; 10 %-nál kisebb mennyiségben a kérődzők, illetve 2 %-nál kisebb mennyiségben a sertések takarmányozására használják. A vinasznak jelentős a növényi tápelem-tartalma, ezért talajerő-utánpótlásra, trágyázásra is lehet használni (II.7.5. fejezet).

A lepárló üzemek legfontosabb mellékterméke a cefremoslék, melynek a térfogata megközelítőleg tízszerese az előállított etil-alkoholnak. A keményítőtartalmúanyagok erjesztése során keletkező cefremoslékok tápanyagot tartalmaz, mivel abban az alapanyag maradványok mellett élesztőgombákból származó B-vitaminok, illetve proteinek, aminosavak, ásványi anyagok is jelen vannak. Az árpa, kukorica, búza, burgonya, köles cefremoslék 3,7-12 % szárazanyag-tartalommal, 1,3-3,8 % nyersfehérje és 1,5-2,9 % nyersrost-tartalommal rendelkezik. A fenti cefremoslékok takarmányozásra történő hasznosítását korlátozza (nem teszi gazdaságossá) azok nagy víztartalma, mely a szállítási költségeket megnöveli. Mindez a cefremoslékok besűrítésével, szárításával, illetve a szeszüzemek és hizlaldák integrációjával ellensúlyozható. A kukorica cefremoslékból biopolimerek (alternán, pullunán), asztaxanthin karotinoid, proteáz enzim, kitozán és biológiailag lebomló műanyagok (pl. poli- $\beta$ -hidroxibutirát) állíthatók elő (ld. még a II.10.4. fejezetet).

A szeszgyártás során keletkező szeszélesztőt, illetve a sörgyártás során keletkező sörélesztőt (II.7.9. ábra) takarmányozási célra lehet alkalmazni (II.7.5. fejezet). A sörgyártás után visszamaradt sörtörköly (II.7.9. és II.8.7. ábra) takarmányként etethető fel, illetve elégetésével energia nyerhető; a sörgyártáshoz gőz fejleszthető (10.7.1. fejezet).

A borkészítés során keletkező szőlőtörköly és borseprő (II.7.8. ábra) takarmányként hasznosítható (II.7.5. fejezet). A szőlőtörkölyből nyers-alkohol, törkölypálinka, brandy, kalcium-tartarát (borkősav), antioxidánsok, szőlőmag-olaj nyerhető ki (II.8.4. fejezet), illetve a törköly elégetésével energia nyerhető.

### **II.3.2.4. Tejipar melléktermékei és hulladékai**

A tejipar legfontosabb mellékterméke a savó (II.3.1. ábra), mely rendkívül nagy mennyiségben keletkezik világszerte. A sajt és rögös állományú étkezési túró gyártása során jelentős mennyiségű savó keletkezik (1 kg sajt készítésekor 9 kg savó keletkezésével számolhatunk). A sajt készítése során a tejfehérjék 25 %-a a savóban marad, ezért a savó viszonylag gazdag fehérjékben (vízoldható pro-

teintartalma 0,6-0,8 %). Laktóz- (4,5-5 % tejcurkor), ásványianyag- (8-10 % a szárított extraktumban), lipid- (0,4-0,5 %), tejsav- (0,05 %) és vitamintartalma is jelentős. Mivel a fejlett országokban szankcionálják a savó közcsontrába eresztését, számos módszert dolgoztak ki annak hasznosítására. A savó takarmányozásra történő hasznosításáról a II.7.6.2. fejezetben, ipari feldolgozásáról, hasznosításáról pedig a II.8.6. fejezetben olvashatunk részletesen.

A vaj gyártása során a köpüléskor a tejszín zsírrészecskéi halmazokba tömörülnek, és fázis-megfordulás következtében vajrögökre és plazmára (író) válnak szét. Az író 4,8 % szénhidrátot, 0,9 % zsírt, 3,3 % fehérjét tartalmaz, sűrű állagú (II.3.2. ábra), savanyú ízű. Az író kis zsírkoncentrációjának köszönhetően viszonylag kevés zsírdoldható vitamint tartalmaz, azonban gazdag lecitinben. A szárítással készült írópor 97 %-os szárazanyag-tartalommal rendelkezik, ezen belül 34 % fehérjét, 50 % laktózt, 5 % zsírt, 7 % ásványi anyagot (13 g/kg kalciumot, 9 g/kg foszfort) tartalmaz. Az emberi fogyasztásra fel nem használt írot kiválóan lehet hasznosítani az állatok takarmányozására (II.7.6.2. fejezet). Az író ipari feldolgozásáról, egyéb hasznosításáról a 8.6. fejezetben olvashatunk.

A tej feldolgozása, tejtermékek gyártása során jelentős mennyiségű tejipari szennyvíz keletkezik. A tejipari szennyvízben a tejből, tejtermékekből származó szilárd anyagok, mosóvíz, detergensek, fertőtlenítő szerek és más anyagok lehetnek jelen. A tejipari szennyvizet sok szuszpendált szilárd anyag (0,024-4,5 g/l), széles körben változó kémiai összetétel, nagy szerves (zsír, fehérje) és szervetlen anyag (ammónia, foszfát) koncentráció, nagy kémiai (80-95 x 103 mg/l) és biológiai (40-48 x 103 mg/l) oxigén-igény jellemzi, pH-juk 4,7-11 között változik. A bennük lévő anyagok gyorsan bomlásnak, rothadásnak indulnak, majd megsavanyodnak. Egy hazai tejüzem szennyvízkezelésének technológiáját a II.11.5. fejezetben ismertetjük.

### **II.3.2.5. Húsipar, baromfiipar, halfeldolgozás melléktermékei és hulladékai**

Összehasonlítva a többi élelmiszeripari ágazattal a hús-, baromfi- és a halfeldolgozás technológiai műveletei eredményezik a legnagyobb mennyiségű melléktermék és hulladék keletkezését világszerte. A háziállatok testéből csak részben állítható humán fogyasztásra közvetlenül alkalmas élelmiszer; pl. a szarvasmarhák testének 52 %-ából, a birkák és kecskék testének 60-62 %-ából, a tyúkok testének 68-72 %-ából, a pulykák testének pedig 78 %-ából lesz fogyasztható hús. A haszonállatok levágása, majd feldolgozása során jelentős mennyiségű melléktermék és hulladék (pl. vér, bőr, irha, szőr, bél, mirigyek, belsősegek, inak, zsír, csont, húscsontok (II.3.3. ábra), nyesedékek, toll, szaru, pata) keletkezik. A 1069/2009/EK rendelet alapján állati melléktermékeknek minősül az állatok teljes teste vagy testrészei, az állati eredetű termékek, vagy más, állatokból nyert termékek, amelyeket nem emberi fogyasztásra szántak. A húsipari melléktermékekhez soroljuk a hús, hal és egyéb állati eredetű élelmiszerek előállítására és feldolgozására keletkező, fogyasztásra vagy feldolgozásra alkalmatlan anyagokat, illetve a romlott, lejárt minőségmegőrzési időtartamú húseleleteket is.

Az állati eredetű melléktermékekből származó termékek az állati melléktermékek egy- vagy többlépéses kezelésével, átalakításával vagy feldolgozásával kapott termékek (1069/2009/EK rendelet). A húsipar, baromfiipar, halfeldolgozás melléktermékeiből és hulladékaiból húslisztet, vérlisztet, csontlisztet, toll-lisztet, tepertőlisztet, takarmányzsírt, illetve hallisztet (II.7.6.1. és II.10.5. fejezet) le-



**II.3.1. ábra: Tejsavó**  
(Forrás: <http://www.wisegeek.com/what-are-the-benefits-of-pure-whey-protein.htm#>)



**II.3.2. ábra: Friss tehéntej (balra) és író (jobbba)**  
(Forrás: <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Buttermilk-%28right%29-and-Milk-%28left%29.jpg>)

het készíteni, melyek egy részét – korlátozásokkal (ld. II.4. fejezet) – haszonállat takarmányokban, illetve kedvtelésből tartott állatok számára készült takarmányokban lehet hasznosítani. Az állati eredetű melléktermékekből pl. enyvet, illetve zselatint lehet iparilag előállítani (8.5. fejezet). Az állati eredetű melléktermékekből származó termékek hosszú ideig tárolhatóak, mivel nedvességtartalmuk csekély, és a mikrobák nagy része a hőkezelés során elpusztul.

Feldolgozott állati fehérjének nevezzük a kizárólag a 3. kategóriába sorolt állati hulladékok (ld. II.4. fejezet) anyagából származó állati fehérjét, amelyeket úgy kezeltek, hogy azokat alkalmasá tegyék közvetlen felhasználásra takarmány-alapanyagként, szerves trágyaként, talajjavítóként, vagy a haszonállatok számára készült tápanyagokban, vagy kedvtelésből tartott állatok eledelként (állateledelként). A feldolgozott állati fehérje magába foglalja a húslisztet, csontlisztet, hús- és csontlisztet, vérlisztet, száraz töpörtyűket, toll-lisztet, patalisztet, szaruslisztet, hallisztet (ld. a II.7.6.1. fejezetet) és egyéb hasonló termékeket, beleértve ezek keverékét, vagy ezeket a termékeket tartalmazó termékeket is.

Az állati eredetű melléktermékek egy részét komposztálással vagy anaerob rothasztással (biogáz-készítéssel) (ld. II.9.1. fejezet) hasznosítják, illetve feldolgozás után szerves trágyaként vagy talajjavítóként juttatják ki a talajba (ld. II.7.7. és II.7.8. fejezet).

A hús-, baromfi- és halfeldolgozás során jelentős mennyiségű szennyvíz keletkezik, melyet nagy biológiai oxigén-igény, nagy szuszpendált szilárdanyag-tartalom, nagy nitrogén-, foszfor-, és zsírtartalom és erős bűz jellemez. A húsipari szennyvizek mikrobiológiai fertőzöttsége jelentős lehet. A húsipari melléktermékek feldolgozása során keletkező szennyvizek kezelését egy hazai üzemben a II.11.6. fejezetben mutatjuk be.

A tengeri és édesvízi halak, illetve a rákfélék, kagylók, puhatestűek feldolgozása során is jelentős mennyiségben keletkeznek melléktermékek és hulladékok (II.3.3. ábra).

A halak feldolgozása során bőr, csont, uszony, fej, bél, belső szerv, halhúscafát, vér stb. keletkezik melléktermékként és hulladékként. Ezeket elsősorban hallisztnek (ld. II.7.6.1. fejezet; II.7.16. ábra), illetve halolajnak dolgozzák fel, melyet takarmányozásra lehet hasznosítani. A halhulladékban 58 % nyersfehérjét, 22 % hamut, 19 % nyerszsírt (éter-extraktumot) és 1 % nyersrostot mértek. A halászati hulladékokból enzim- és vitaminkészítményeket, fehérje-hidrolizátumokat, kollagént, zselatint, lipidkivonatokat lehet ipari úton előállítani. A rákfélék melléktermékei gazdagok fehérjékben, kitinben és karotinoidokban; elsősorban kitint állítanak elő belőlük.

A halfeldolgozók szennyvizeit jelentős szuszpendált szilárdanyag-tartalom, nagy biológiai oxigén-igény, nagy zsír- és olajtartalom, illetve a vérből származó nagy nitrogéntartalom jellemzi.



**II.3.3. ábra: Hús- és halfeldolgozás melléktermékei és hulladéka**

(Forrás: <http://codlapsa.pl/zywienie-barf-czesc-i/>; <http://www.worldfishing.net/news101/industry-news/harnessing-the-power-of-fish-by-products-9.jpg>)

### II.3.3. Az élelmiszer-hulladékok azonosítása és besorolása

Magyarországon a 2012. évi CLXXXV. törvény szabályozza a hulladékgazdálkodást. A hulladék termelőinek és kezelőinek pontos, mérésen alapuló nyilvántartást kell vezetniük hulladékaikról, a hulladék forgalmáról és kezeléséről, a kezelő létesítmények működéséről. A nyilvántartások alapján statisztikai és hatósági bejelentéseket kell tenniük. A nyilvántartások és a bejelentett adatok képezik az alapját a rendszeres hatósági ellenőrzéseknek, biztosítják a hulladék útjának nyomon követését. A hulladék adatbejelentés alapot nyújt továbbá az Európai Unió felé történő nemzeti adatszolgáltatáshoz, a hulladékgazdálkodási tervezési munkákhoz, valamint a nyilvánosság tájékoztatásához.

Az élelmiszer-hulladékok azonosítása és besorolása az Európai Hulladék Katalógusban (European Waste Catalogue, EWC) közölt kódszámok alapján történt. Jelenleg a 72/2013. (VIII.27.) VM rendelet van érvényben a hulladékjegyzékről. A jegyzékben a hulladékokat hat számjegű azonosító kóddal jellemzik. A hulladékjegyzék főcsoportokból, alcsoportokból és hulladéktípusokból áll. A kód első két számjegye a keletkezés tevékenység szerinti főcsoportra, a második két számjegye a főcsoporton belüli alcsoportra utal. A főcsoportok két számjegű, az alcsoportok négy számjegű, az egyes hulladéktípusok hat számjegű azonosító kóddal rendelkeznek. A (\*)-gal megjelölt kódszámok veszélyes hulladékot jelölnek.

Az élelmiszer-hulladékok általában a 02-es főcsoportba tartoznak (mezőgazdasági, kertészeti, akvakultúrás termelésből, erdőgazdálkodásból, vadászatból, halászatból, élelmiszer előállításból és feldolgozásból származó hulladék). Néhány példa az azonosító kódokra:

02 01 mezőgazdaság, kertészet, akvakultúrás termelés, erdészet, vadászat és halászat hulladéka;

02 01 01 mosásból és tisztításból származó iszap;

02 01 02 hulladékká vált állati szövetek (nem fertőző betegségben elhullott állatok tetemei, testrészei);

02 01 03 hulladékká vált növényi szövetek.

02 02 hús, hal és egyéb állati eredetű élelmiszerek előkészítéséből és feldolgozásából származó hulladék;

02 02 01 mosásból és tisztításból származó iszap;

02 02 02 hulladékká vált állati szövetek (csont, bőr, pata, köröm, szarv, sörte és szőr; paraffinos toll);

02 02 03 fogyasztásra vagy feldolgozásra alkalmatlan anyag (pl. hús és hústartalmú, állati eredetű élelmiszerek, melyeket kereskedelmi okból, előállítási vagy csomagolási hibák vagy egyéb, köz- és állat-egészségügyi kockázatot nem jelentő problémák következtében már nem szánnak emberi fogyasztásra, keltetői tojás és tojáshéj, vér, leölt állatok gyomor- és béltartalma, állati zsírok) stb.

02 03 gyümölcs, zöldség, gabonafélék, étolaj, kakaó, kávé, tea és dohány előkészítéséből és feldolgozásából; konzervgyártásból; élesztő és élesztő kivonat készítéséből, melasz feldolgozásból és fermentálásból származó hulladék;

02 03 01 mosásból, tisztításból, hámozásból, centrifugálásból és más szétválasztásokból származó iszap.

02 04 cukorgyártási hulladék;

02 04 01 cukorrépa tisztításából és mosásából visszamaradt föld; 02 04 02 nem szabványos kalcium-karbonát.

02 05 tejipari hulladék;

02 05 01 fogyasztásra vagy feldolgozásra alkalmatlan anyag.

02 06 a sütő- és cukrászipari hulladék.

02 07 alkoholtartalmú vagy alkoholmentes italok termeléséből származó hulladékok (kivéve kávé, tea és kakaó);

02 07 02 szeszfőzés hulladéka.

A lejárt minőségmegőrzési időtartamú élelmiszer-hulladékot a 16 03-as alcsoportban (az előírásoknak nem megfelelő és nem használt termékek) találjuk meg;

16 03 06 – szerves hulladék, amelyek különbözik a 16 03 05-től (veszélyes anyagokat tartalmazó szerves hulladék).

Egyes biológiailag lebomló hulladékok, illetve zsírok és olajok a 20-as főcsoportban (települési hulladékok (háztartási hulladék és a háztartási hulladékhoz hasonló kereskedelmi, ipari és intézményi hulladék, ideértve az elkülönítetten gyűjtött frakciót is) található;

20 01 08: biológiailag bomló konyhai és étkezési hulladék (moslék, használatokkal 2002 óta nem etethető, ld. 75/2002. (VIII. 16.) FVM rendelet);

20 01 25: étolaj és zsír; 20 01 26\*: olaj és zsír, mely különbözik a 20 01 25-től (\*veszélyes hulladék).

## II.4. Az élelmiszeripar különleges kezelést igénylő melléktermékei és hulladékai (Simon László)

Az élelmiszeripari és azzal összefüggő tevékenységek során jelentős mennyiségű olyan melléktermék és hulladék (romlott és elhasznált növényi olaj, zsírsavak, elhasznált zsiradékok, állati zsírok, húsnyesedékek, leölt állatok gyomor és béltartalma, toll, csont, bőr, pata, köröm, szarv, sörte, szőr stb.) keletkezik, melyek gyűjtésére, kezelésére, ártalmatlanítására vonatkozóan szigorú környezetvédelmi előírások vannak érvényben.

Az állati melléktermékek az állatok teljes teste vagy testrészei, állati eredetű termékek, vagy más, állatokból nyert termékek, amelyeket nem emberi fogyasztásra szántak, beleértve a petesejteket, embriókat és spermát is. A húsipari melléktermékek nagy szervesanyag-tartalmuk és bomló képességük miatt különleges gyűjtési, kezelési és ártalmatlanítási eljárásokat igényelnek. Az állati eredetű melléktermékek kezelésével és hasznosításával kapcsolatos tevékenységekre állategészségügyi és környezetvédelmi jogszabályok egyaránt vonatkoznak (ld. Irodalomjegyzék). Az állati eredetű melléktermékek ártalmatlanítása állategészségügyi, környezetvédelmi valamint közegészségügyi szempontból is kiemelt jelentőségű.

Az állati melléktermékeket csoportosíthatjuk:

- keletkezési helyük szerint,
- veszélyességük szerint,
- fizikai-kémiai tulajdonságaik szerint.

Az állati melléktermékek keletkezési helyük szerint lehetnek:

- állattartó telepek melléktermékei (sertés, szarvasmarha, baromfi vagy egyéb állat hullája)
- vágóhídi melléktermékek (baromfi, sertés, marha, nyúl és egyéb állatfaj vágóhídi hulladékai)
- élelmiszeripari hulladékok (konzervgyár, hűtőipar, húsipar, kereskedelem)
- lakossági állattartás tetemei (gazdasági állatok és kedvtelésből tartott állatok tetemei).

### II.4.1. Az állati eredetű melléktermékek kategóriákba sorolása

Az állati eredetű melléktermékeket, és az állati eredetű melléktermékekből származó termékeket köz- és állategészségügyi veszélyességük szerint 1., 2. és 3. kategóriába sorolhatjuk a 1069/2009/EK rendelet alapján. A lentiekben ennek legfontosabb kritériumait mutatjuk be, a teljességre való törekvés nélkül.

#### **1. kategória – kiemelkedő veszély (csak ártalmatlanításra)**

Az 1. kategóriába tartozó anyagok közé az alábbi állati melléktermékek tartoznak:

- a). A következő állatok teljes teste és valamennyi testrésze, beleértve a nyersbőrt és irhát is:
- a TSE-fertőzésre (TSE – transzmisszibilis spongiform encephalopathia; fertőző szivacsos agyvelőbántalom) gyanús állatok vagy olyan állatok, amelyeknél a TSE jelenléte hivatalos meg erősítést nyert;
  - a TSE-felszámolási intézkedések keretében leölt állatok;
  - haszonállatnak vagy vadon élő állatnak nem minősülő állatok, beleértve különösen a kedvtelésből tartott állatokat, az állatkerti állatokat és a cirkuszi állatokat;
  - kísérletek céljára felhasznált állatok;
  - vadon élő állatok, amennyiben fennáll annak gyanúja, hogy azok az emberre vagy állatra átvihető betegségekkel fertőzöttek;

- b). a következő anyagok:
  - különleges fertőzési veszélyt jelentő anyag;
  - elhullott állatok teljes teste vagy annak részei, melyek az ártalmatlanítás idején különleges fertőzési veszélyt jelentő anyagot tartalmaznak;
- c). olyan állatokból nyert állati melléktermékek, amelyeket illegális kezelésnek vetettek alá;
- d). állati melléktermékek, amelyek környezeti szennyező anyagok vagy más anyagok maradványait tartalmazzák, amennyiben e maradványok meghaladják a közösségi jogszabályokban, vagy ezek hiányában a nemzeti jogszabályokban előírt, engedélyezett szintet;
- e). olyan állati melléktermékek, amelyeket a szennyvízkezelés során gyűjtöttek be:
  - az 1. kategóriába tartozó anyagokat feldolgozó létesítményekből vagy üzemekből, vagy
  - más olyan létesítményekből vagy üzemekből, ahol különleges fertőzési veszélyt jelentő anyagokat távolítanak el;
- f). a nemzetközi viszonylatban működő közlekedési eszközökről származó élelmiszer-hulladék;
- g). az 1. kategóriába tartozó anyag keverékei a 2. kategóriába tartozó anyaggal, vagy a 3. kategóriába tartozó anyaggal, esetleg mindkettővel.

Az 1. kategóriába sorolt állati mellékterméket égetőműben történő égetéssel, vagy – az állategészségügyi és élelmiszer-ellenőrző állomás által engedélyezett kezelő és feldolgozó üzemben történt – nyomással történő sterilizálást (hőkezelést) követően égetéssel vagy együttégetéssel kell ártalmatlanítani.

A II.4.1. ábrán az 1. kategóriába sorolt állati hullák elkülönített gyűjtését mutatjuk be.

## **2. kategória – nagy veszély (nem állati takarmányozásra)**

A 2. kategóriába tartozó anyagok közé az alábbi állati melléktermékek tartoznak:

- a). trágya, nem mineralizált madárürülék és emésztőtraktus-tartalom;
- b). olyan állati melléktermékek, amelyeket szennyvízkezelés során gyűjtöttek be:
  - a 2. kategóriába tartozó anyagokat feldolgozó létesítményekből vagy üzemekből; vagy
  - olyan vágóhidakról, amelyek nem tartoznak az 1. kategóriába tartozó anyagokat feldolgozó létesítmények vagy üzemek közé;
- c). olyan állati melléktermékek, amelyekben az engedélyezett anyagok vagy szennyező anyagok maradvány-tartalma meghaladja az engedélyezett szintet;
- d). olyan állati eredetű termékek, amelyeket a bennük levő idegen testek miatt emberi fogyasztásra alkalmatlannak minősítettek;
- e). azon állatok vagy állatok részei,
  - amelyek nem emberi fogyasztás céljára történt levágás vagy leölés során hullottak el, beleértve a betegség elleni védekezés céljából leölt állatokat;
  - magzatok;
  - nem tenyésztési célokra szánt petesejtek, embriók és sperma; és tojásban elpusztult baromfi;
- f). a 2. kategóriába tartozó anyagok keveréke a 3. kategóriába tartozó anyagokkal;
- g). az 1. vagy 3. kategóriába tartozó anyagoktól eltérő állati melléktermékek.

A 2. kategóriába sorolt állati melléktermékeket engedélyezett kezelő és feldolgozó üzemben kell kezelni. A kezelendő, feldolgozandó állati melléktermékeket 50 milliméternél kisebb részecskékre kell aprítani, és 133 °C-nál nagyobb maghőmérsékletre fel kell melegíteni, és legalább 20



**II.4.1. ábra: Az 1. kategóriába sorolt állati hullák gyűjtése**  
(Forrás: Simon László fotója)

percen keresztül megszakítás nélkül, 3 bar telített gőzzel létrehozott nyomáson kell tartani. A keletkező anyagot glicerín-triheptanoáttal (GTH) tartósan meg kell jelölni. A keletkező fehérjeteralmú mellékterméket el lehet égetni, szerves trágyaként vagy talajjavítóként lehet felhasználni, illetve a keletkező mellékterméket biogáz vagy komposztáló telepen lehet felhasználni. A trágyát, hígtrágyát külön jogszabály szerint kell kezelni. Bármely állatból származó bendő-, gyomor- és bél-tartalom alapanyagként felhasználható komposztáló vagy biogáz-telepen.

### **3. kategória – kis veszély (nem emberi fogyasztásra)**

A 3. kategóriába tartozó anyagok közé az alábbi állati melléktermékek tartoznak:

- a). hasított-testek, illetve vadon élő állatok esetében leölt állatok teste és azok részei, amelyek a közösségi jogszabályok értelmében emberi fogyasztásra alkalmasak, de amelyeket kereskedelmi okokból nem emberi fogyasztásra szánnak;
- b). hasított-testek és a vágóhídon levágott és a levágás előtti vizsgálatot követően emberi fogyasztásra alkalmasnak ítélt állatokból származó következő részek, vagy a közösségi jogszabályokkal összhangban emberi fogyasztás céljából elejtett vadon élő állatok teste vagy az azokból származó következő részek:
  - olyan hasított testek, vagy állati testek és annak részei, amelyeket a közösségi jogszabályokkal összhangban emberi fogyasztásra alkalmatlannak minősítettek, de amelyek nem mutatnak emberre vagy állatra átvihető betegség tünetét;
  - baromfifej;
  - az alábbi állatokból származó nyersbőr és irha, beleértve azok vágási melléktermékeit és a belőlük származó hasított bőrt, a szarvakat és lábakat, beleértve az ujjperceket, az elülső és a hátsó lábtő-, valamint lábközépcsontokat: minden állat, kivéve a TSE-vizsgálatot igénylő kérődzőket, és azok a kérődzők, amelyek vizsgálata negatív eredményt mutatott
  - sertéssörte, tollak;
- c). olyan baromfiból és nyúlalakúakból származó állati melléktermékek, amelyeket a gazdaságban vágtak le, és amelyek nem mutatták emberre vagy állatra átvihető betegség tünetét;
- d). állati vér, amely emberre vagy állatra vérrel átvihető betegség klinikai tüneteit nem mutató, az alábbi, vágóhídon levágott és a közösségi jogszabályokkal összhangban a levágás előtti vizsgálatot követően emberi fogyasztásra alkalmasnak ítélt állatokból származik:
  - minden állat, kivéve a TSE-vizsgálatot igénylő kérődzőket; és
  - azok a kérődzők, amelyek vizsgálata negatív eredményt mutatott;
- e). az emberi fogyasztásra szánt termékek előállításából származó állati melléktermékek, a zsírtalanított csontokat, töpörtyűt és tejfeldolgozásból származó centrifuga- vagy szeparátoriszapot is beleértve;
- f). állati eredetű termékek, vagy állati eredetű termékeket tartalmazó élelmiszerek, amelyeket kereskedelmi okok, előállítási vagy csomagolási hibák vagy egyéb, köz- és állat-egészségügyi kockázatot nem jelentő problémák következtében már nem szánnak emberi fogyasztásra;
- g). kedvtelésből tartott állatok állati eredetű eledele és állati eredetű takarmány, vagy állati melléktermékeket vagy azokból származó termékeket tartalmazó takarmány, amelyeket kereskedelmi okok, előállítási vagy csomagolási hibák vagy egyéb, köz- és állat-egészségügyi kockázatot nem jelentő problémák következtében már nem szánnak takarmányozásra;
- h). olyan vér, placenta, gyapjú, toll, szőr, szarvak, paták és nyerstej, amelyek olyan élő állatból származnak, amelyek e terméken keresztül emberre vagy állatra átvihető betegség tünetét nem mutatták;
- i) az olyan állatokból származó alábbi anyagok, amelyek emberre vagy állatra e termékeken keresztül átvihető betegség tünetét nem mutatták:
  - méshéjú állatok héja, lágyszövettel vagy hússal;



- a szárazföldi állatokból származó alábbi anyagok:
- keltetési melléktermékek,
- tojás,
- tojás-melléktermékek, ideértve a tojáshéjat is;
- kereskedelmi okokból leölt naposcsibék; stb.

A 3. kategóriába sorolt állati melléktermékek ártalmatlaníthatóak vagy hasznosíthatóak együttégetéssel, továbbá hasznosíthatóak kezelő és feldolgozó üzemben, vagy állateledelt és műszaki terméket gyártó üzemben, illetve átalakíthatóak biogáz vagy komposztáló üzemben. A II.4.2. ábrán a 3. kategóriába sorolt állati mellékterméket mutatunk be feldolgozás előtt.



**II.4.2. ábra: A 3. kategóriába sorolt állati melléktermékek feldolgozás előtt**  
(Forrás: Simon László fotója)

#### **II.4.2. Állati eredetű melléktermékek hasznosítására vonatkozó előírások**

Az 1. és 2. kategóriájú állati eredetű melléktermékek nem használhatók fel gazdasági haszonállatok takarmányozására, illetve állati eredetű hulladékot csak speciális esetben lehet elásni. Tilos az állati hulladék elföldelése és döngkutakba, döngterekbe való elhelyezése, ezért 2005. december 31-ig az önkormányzatoknak be kellett záratniuk az összes döngkutát, döngteret.

Az engedélyezett feldolgozó üzemekben az 1. és a 2. kategóriába sorolt állati eredetű melléktermékek feldolgozása során a nyomással történő sterilizálást kell alkalmazni akkor is, ha a keletkezett csont- és húslisztet égetésre vagy együttégetésre szánják.

A 1069/2009/EK rendelet szerinti 2. és 3. kategóriába sorolt melléktermékek nem minősülnek veszélyes hulladéknak, míg az 1. kategóriába sorolt hulladékok továbbra is veszélyes hulladékként kezelendők. A 45/2012. (V. 8.) VM rendelet további információkat nyújt a nem emberi fogyasztásra szánt állati eredetű melléktermékekre vonatkozó állategészségügyi szabályokról.

#### *Nem hasznosítható állati melléktermékek*

A hallisztet, tej-, illetve a tojásfeldolgozásból származó termékeket korábban sem tiltották teljes mértékben takarmányozási célra, később pedig már engedélyezték a nem kérődző állatok esetében a nem kérődző állatokból származó bőr, szőr, zselatin felhasználását is. Megkötésekkel napjainkban már etethető a nem kérődző állatokból származó vörösvérsejt kivonat és a vérplazma is. A csontliszt is felhasználható, ha bizonyított, hogy nem tartalmaz fehérjét. A nagy tömegben visszamaradó húsnyesedékek, belsőségek takarmányozási célú hasznosításában változatlanul nincs engedély, a direktívák életéig csak kissé tompították 2011-ben.



**II.4.3. ábra: A különféle kategóriákba sorolt állati eredetű melléktermékek gyűjtő- és átrakóhelye**  
(Forrás: Simon László fotója)

## **II.5. Az élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok gyűjtése és szállítása** (Simon László, Antal Tamás, Kiss Jenő)

A következő fejezetekben az élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok, illetve az ételmaradékok, az állati eredetű melléktermékek és a használt sütőzsiradék gyűjtését és szállítását tekintjük át. A jogi szabályozás különbséget tesz az élelmiszeripari hulladékok és a melléktermékek között. Különösen igaz ez az állati eredetű melléktermékek gyűjtésére és szállítására, melyre külön európai és hazai jogszabályok vonatkoznak.

### **II.5.1. Élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok gyűjtésével, nyilvántartásával, tárolásával, szállításával és kereskedelmével kapcsolatos alapfogalmak és előírások**

A gyűjtés fogalmát az II.1. fejezetben ismertettük. Az elkülönített gyűjtés olyan gyűjtés, amelynek során a hulladékáramot a hulladék fajtája és jellege szerint elkülönítik, lehetővé téve annak egyedi módon történő kezelését. Az elkülönítetten gyűjtött hulladék olyan hulladék, amelyet fajta és jelleg szerint elkülönítve gyűjtenek, ide nem értve a vegyes hulladékot. A gyűjtőedény szabványosított mérettel rendelkező hulladékgyűjtő edényzet, hulladékgyűjtő zsák, valamint az elkülönített hulladékgyűjtés céljából üzemeltetett eszköz, berendezés. A gyűjtőhely a hulladékgyűjtő pont, a hulladékgyűjtő udvar, az át-, illetve visszavételi hely, valamint a munkahelyi és az üzemi gyűjtőhely. A szállítás a hulladék telephelyen kívüli mozgatása.

A 2012. évi CLXXXV. hulladékról szóló törvényben szerepel a biológiailag lebomló hulladék hasznosításának elve, mely szerint elő kell segíteni a biológiailag lebomló hulladék elkülönített gyűjtését és hasznosítását annak érdekében, hogy a hasznosítás után a természetes szervesanyag-körforgásba minél nagyobb tisztaságú anyag kerülhessen vissza, valamint a hulladéklerakókon lerakásra kerülő települési hulladék biológiailag lebomló tartalma csökkenjen.

A hulladékgazdálkodást szabályozó fenti törvény és a hulladékkezelést szabályozó 439/2012. (XII. 29.) kormányrendelet (a hulladékgazdálkodási tevékenységek nyilvántartásbavételéről, valamint hatósági engedélyezéséről) 2013. január 1-én lépett hatályba. Az új szabályozás szerint a hulladékszállítás továbbra is engedélyköteles tevékenység maradt. A szállítási, közvetítési, kereskedelmi tevékenység végzésére vonatkozó hulladékgazdálkodási engedély iránti kérelmet a környezetvédelmi hatósághoz kell benyújtani. E tevékenységek végzésére vonatkozó hulladékgazdálkodási engedély együttesen is kérelmezhető.

A 440/2012. (XII. 29.) kormányrendelet írja elő a hulladékkal kapcsolatos nyilvántartási és adatszolgáltatási kötelezettségeket (kísérőjegyek tartalmi követelményei, hulladék termelőjéről, kezelőjéről, hasznosítójáról, ártalmatlanítójáról nyilvántartandó kötelező adatok, hatóságok felé kötelező adatszolgáltatások stb.). Nyilvántartásba vételi kötelezettsége csak azon kereskedő, közvetítő szervezeteknek van, amelyeknek nem kerül birtokukba a hulladék. A hulladéktermelő a fenti rendelet alapján köteles a telephelyén keletkezett hulladékokról fajtánként és technológiánként heti rendszerességgel nyilvántartást vezetni. Emellett telephelyenként és hulladéktípusonként rendszeres adatszolgáltatást teljesít, feltéve, hogy a telephelyén a tárgyévben képződött, továbbá birtokolt hulladék összes mennyisége nem veszélyes hulladék esetén meghaladja a 2000 kg-ot. A rendelet értelmében a hulladék szállítója szintén köteles nyilvántartást vezetni, és a nem veszélyes hulladék esetén az egyes hulladékszállítmányra vonatkozó, a nem veszélyes hulladék nyilvántartásának részét képező fuvarokmányokat a szállítás megkezdésének időrendje szerint rendezve

5 évig megőrzi. A nem veszélyes hulladék kereskedelemre történő átvételéről a tárgyévét követő év március 1. napjáig adatszolgáltatási kötelezettséget teljesít a begyűjtő.

A hulladékok azonosítószámát és besorolási nomenklatúráját a hulladékok jegyzékéről szóló 72/2013 (VIII.27.) VM rendelet alapján határozza meg a hulladék termelője, birtokosa (II.3.3. fejezet).

A 2012. évi CLXXXV. hulladékgazdálkodási törvény bevezette a melléktermék fogalmát (II.1. fejezet), meghatározva, hogy mikortól, milyen feltételek teljesülésekor lehet a hulladékot mellékterméknek tekinteni.

Az élelmiszer- és konyhai hulladéokra –mint állati eredetű melléktermékre– vonatkozó előírásokat a nem emberi fogyasztásra szánt állati melléktermékekre és a belőlük származó termékekre vonatkozó egészségügyi szabályok megállapításáról szóló 1069/2009/EK és 142/2011/EU rendeletekkel, valamint a 45/2012. (V. 8.) VM rendelettel összhangban kell értelmezni. 2002-ben az élelmiszer- és ételhulladékokra vonatkozó jogszabály (75/2002. (VIII. 16.) FVM rendelet) megtiltotta az étkezési hulladékok takarmánycélú felhasználását a sertéspestis elterjedésének megakadályozása céljából. A rendelet értelmében az étkeztetéssel foglalkozó közkonyháknak, vendéglátó-ipari egységeknek, cégeknek, kereskedelmi áruházláncoknak gondoskodniuk kell élelmiszer- és ételhulladékai összegyűjtéséről, elszállításáról és ártalmatlanításáról.

A lejárt fogyaszthatósági idejű élelmiszereket a hatályban lévő jogszabályok alapján hulladékként – amennyiben növényi eredetű –, illetve állati melléktermékként – amennyiben állati eredetű – a következők szerint csoportosítjuk:

1. Növényi eredetű (zöldség, gyümölcs, és kizárólag növényi eredetű alapanyagokat tartalmazó élelmiszerek) élelmiszerek – hulladékok a 2012. évi CLXXXV. törvény alapján.

2. Állati eredetű, vagy vegyesen állati és növényi eredetű élelmiszerek – állati eredetű melléktermékek a 1069/2009/EK és 142/2011/EU rendeletek alapján.

A 45/2012. (V.8.) VM rendelete nem emberi fogyasztásra szánt állati eredetű melléktermékekre vonatkozó állategészségügyi szabályok megállapításáról szóló jogszabály, mely a 1069/2009/EK és 142/2011/EU rendeleteket hivatott harmonizálni. Ebben hazai eltéréseket és eljárási kérdéseket szabályoznak, új jelentési és nyilvántartási kötelezettség jelent meg, illetve új formaként bevezették a kereskedelmi okmányt. A rendelet hatálya kiterjed az állati eredetű melléktermékekre és a belőlük származó termékekre, amelyek a közösségi jogszabályok értelmében emberi fogyasztásra nem használhatók fel; továbbá azon termékekre, amelyeket az üzemeltető visszafordíthatatlan döntése értelmében az emberi fogyasztástól eltérő célra szánnak (állati eredetű termékek, amelyek a közösségi jogszabályok értelmében emberi fogyasztásra használhatók; állati eredetű termékek előállítására használt alapanyagok). Az állati melléktermékeket a 1069/2009/EK rendeletben található listákkal összhangban kategóriákba (1. 2. és 3.) kell sorolni, melyek tükrözik az adott állati melléktermék jelentette köz- és állategészségügyi kockázat mértékét. A fentiek alapján az állati melléktermékek környezetvédelmi hulladék azonosítóval már nem rendelkeznek.

A fenti rendelet alapján az állati eredetű melléktermék tulajdonosa a keletkezett állati melléktermékekről nyilvántartást köteles vezetni, melyet legalább két évig köteles megőrizni. A VM rendelet alapján az állati melléktermék tulajdonosa a kezelésre, ártalmatlanításra átadott állati eredetű melléktermék mennyiségét telephelyenként köteles évente egy alkalommal – a tárgyévét követő év március 1-jéig, a jogszabályban megadott tartalommal – bejelenteni a telephelye szerint illetékes járási állategészségügyi hivatalnak. Az állati eredetű melléktermékekre vonatkozóan kizárólag az állategészségügyi hatóságnak kell a 45/2012. (V. 8.) VM rendelet előírásai alapján adatot szolgáltatni. A környezetvédelmi felügyelőség felé csak a 2008/98/EK irányelv alá tartozó, azaz hulladékként ártalmatlanított állati eredetű anyagokról, illetve a nem állati eredetű hulladékokról szóló adatok bejelentése szükséges. A rendelet értelmében az állati melléktermékeket a szállítás során meghatározott tartalommal rendelkező, 3 példányos kereskedelmi okmányt

kell kísérnie, melyet a melléktermék tulajdonosa, illetve átadója tölt ki. A kereskedelmi okmányt az átadás helyszínén az átadónak és a szállítónak is alá kell írnia.

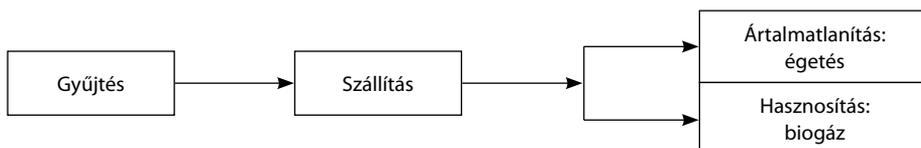
Az élelmiszert előállító, feldolgozó és értékesítő vállalkozásoknál keletkező élelmiszer-hulladékok, illetve állati melléktermékeknek minősülő anyagok elszállítását speciális technológiával és a fenti jogszabályokban meghatározott engedélyekkel rendelkező vállalkozások végzik, és átadják az összegyűjtött anyagokat az azok kezelését, ártalmatlanítását vagy hasznosítását végző vállalkozásoknak (amelynek tevékenysége szintén engedélyköteles).

## II.5.2. Élelmiszer-hulladékok és állati eredetű melléktermékek gyűjtése, tárolása, szállítása és feldolgozása

A biológiailag bomló hulladékok/melléktermékek begyűjtése és tárolása során az alábbi általános elveket szükséges betartani:

- elkülönített gyűjtés a nyersanyag jellege szerint (vegyes kobzás és lágy anyagok, pl. vér, toll, csont),
- csepegés-mentes, lefedhető konténerek (bűzvédelem),
- hűvös helyen, vagy hűtve történő tárolás,
- mielőbbi elszállítás,
- mechanikus anyagmozgatás (emberi kontaktus minimalizálása),
- védelem légy, rovar, madár, rágcsáló és egyéb állatoktól,
- dezinficiális (fertőtlenítési) igények (felületek, elfolyó vizek, ürülékek, ruhák, védőkesztyűk).

A II.5.1. ábrán mutatjuk be az élelmiszer-hulladékok (pl. ételmaradékok) és melléktermékek gyűjtésének, szállításának, feldolgozásának általános sémáját. Hazánkban az összegyűjtött ételmaradékokat elsősorban biogáz-készítésre hasznosítják vagy égetéssel ártalmatlanítják. Az élelmiszer-hulladékok és melléktermékek komposztálással is hasznosíthatók.



**II.5.1. ábra: Élelmiszer-hulladékok és melléktermékek kezelési folyamata**

(Forrás: Biofilter Zrt., 2014)

Az élelmiszer-hulladékot gyűjtő és kezelő vállalkozások a szerződéskötést követően partnereikhez az élelmiszer- és ételhulladék (hulladékaazonosító: 20 01 08), vagy a 3. kategóriába sorolt állati melléktermék) gyűjtésére szolgáló, az MSZ 7540-1998 szabványnak megfelelő 60 literes, fedeles, bilincsel záródó műanyag gyűjtőedényeket helyeznek ki (II.5.2. ábra).

A szolgáltatás során ezeket cserélik tisztított, fertőtlenített gyűjtőedényzetre. A begyűjtést és elszállítását az ügyféllel egyeztetett szállítási napokon végzik. A hulladék átvételekor a vállalkozás gépjárművezetője kereskedelmi okmányt, szállítólevelet állít ki, melyet a megrendelő pecséttel és aláírással igazol le. A hulladék a meg-

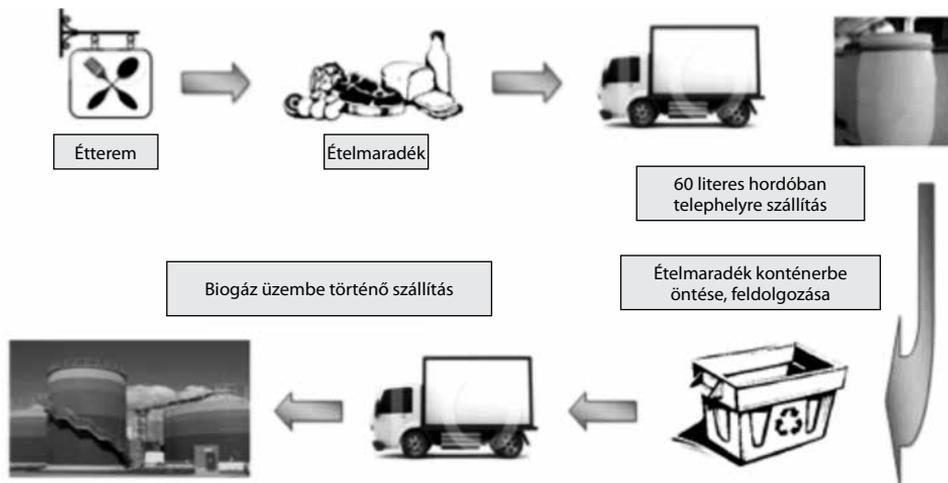


**II.5.2. ábra: Műanyag gyűjtőedények az élelmiszer-hulladékok és melléktermékek gyűjtésére**

(Forrás: Biofilter Zrt., 2014)

rendelőtől az elszállítást követően eljut a megfelelő engedéllyel rendelkező hasznosítóhoz, kezelőhöz, ahol a hulladékok jogszabályokban rögzített módon történő kezelése, hasznosítása történik.

Az ételmaradékok gyűjtését és kezelését egy hazai vállalkozásnál a II.5.3. ábra szemlélteti.



**II.5.3. ábra: Ételmaradékok gyűjtésének és kezelésének folyamata** (Forrás: Biofilter Zrt., 2014)

A gyorsan romló élelmiszer-hulladékok megfelelő tárolása a szállítás időpontjáig sok helyen gondot jelenthet. Egy újszerű hűtő-tároló berendezés állattartó telepek, hulladékudvarok, húsüzemek, élelmiszer-gyártók és -forgalmazók, önkormányzatok, szállodák, éttermek számára kínál higiénikus hulladéktárolási lehetőséget kis mennyiségben keletkező élelmiszer-hulladékok, illetve állati eredetű melléktermékek és hulladékok tárolására. A hűtő-tároló berendezés 1 vagy 2 db 240 literes edény befogadására alkalmas. A tároló belső hőmérséklete 0-12 °C között szabályozható. Alkalmazásával megoldhatóvá vált a hulladék kezelése, minimálisra csökkent a szállítás gyakorisága, a fertőzésveszély és a bűzhatás (II.5.4. ábra).

Hazánkban a háztartásokban keletkező konyhai hulladékok, ételmaradékok teljes körű, szelektív gyűjtése egyelőre még nincs megoldva. Fejlettebb európai országokban már vannak erre jó példák, pl. a konyhai hulladékokat gyűjtőjáráttal elkülönítetten, szelektíven gyűjtik, házhoz menő vagy szigetes rendszerben. Nagy költséggel jár, de rendkívül előremutató megoldás olyan lakótömbök építése, melyek külön csatornahálózattal rendelkeznek az ételhulladékok összegyűjtésére. Itt speciális vákuumrendszerrel tudják egy ponton összegyűjteni akár több, a lakók számára kialakított leadási pontról az ételhulladékokat.

Az állati hullák a környezetre kockázatot jelentő fertőzést okozó állati melléktermékek. Függetlenül attól, hogy az elhullás megbetegedés vagy baleset miatt következett-e be, a tetemet fertőzőnek kell tekinteni. A tetem szerves anyagai a talajban, vízben mineralizálódnak; oxigénmentes környezetben anaerob rothadás során metán, ammónia, hidrogén képződik, a levegővel érintkező részekben aerob korhadás játszódik le, amelyet a szén-dioxid és víz képződése kísér. A rothadó tetem-



**II.5.4. ábra: Élelmiszer-hulladék és állati melléktermék tárolására alkalmas hűtőtároló berendezés** (Forrás: www.ltvtrans.hu)

ben elszaporodhatnak a Clostridium baktériumok, melyek tetanuszt, gázödémát okozhatnak. Az állati tetemek terjeszthetik az anthrax- (Bacillus anthracis) fertőzést. Ez az anaerob baktérium évtizedekig megőrzi fertőző képességét (ld. II.12. fejezet). Általános alapelvként megfogalmazható, hogy elsősorban nem az állathullák és állati eredetű melléktermékek tárolására, tartósítására, hanem mielőbbi feldolgozására kell törekedni. A gyűjtés és tárolás csak rövidtávú, átmeneti megoldás lehet.

Az állati hullák és állati melléktermékek gyűjtése, szállítása és kezelése kizárólag engedéllyel rendelkező szakcégek által, a hatályos jogszabályoknak megfelelően történhet. A tárolóedényeken, gyűjtőkonténereken az 1-es, 2-es vagy 3-as állati eredetű melléktermék kategóriára utaló feliratot, táblát helyeznek el. Ezeket a táblákat és a fertőzésveszélyre utaló figyelmeztető táblát a II.5.5. ábrán mutatjuk be.



**II.5.5. ábra: Állatieredetű melléktermék kategóriákra és fertőzésveszélyre figyelmeztető táblák**

(Forrás: ATEVSZOLG Zrt., 2014 (balra); www.back-tags.com (jobbira))

A települési állati melléktermék gyűjtőhely a település közigazgatási határán belül – beleértve a település külterületét is – található, kizárólag a 45/2012 (V.8.) rendeletben meghatározott állati eredetű melléktermékek gyűjtésére szolgáló olyan létesítmény, ahol az ideiglenes tároláson és az esetleges hűtésen kívül egyéb műveletet nem végeznek, és ahonnan az állati eredetű mellékterméket további kezelésre, illetve feldolgozásra a 1069/2009/EK európai parlamenti és tanácsi rendelet szerint engedélyezett létesítménybe szállítják el. A települési gyűjtőhelyet a környezetére köz- és állategészségügyi, valamint környezetvédelmi szempontból veszélyt nem jelenthet, bűz- illetve szagterhelést nem okozhat. A gyűjtőhelynek közútról az időjárási viszonyoktól függetlenül jól megközelíthetőnek kell lennie. A gyűjtőhelyet legalább 150 cm magas kerítéssel és zárható kapuval kell ellátni.

A települési gyűjtőhelyen olyan építményt kell létesíteni, amely alkalmas az állati eredetű melléktermékek gyűjtésére szolgáló konténer (II.5.6. ábra), és a takarításhoz, fertőtlenítéshez szükséges eszközök, vegyszerek tárolására, illetve – ha egyébként nem megoldott – kielégíti a személyzet alapvető személyi higiéniai szükségleteit. A konténeres szállítási rendszer (II.5.6. ábra) nagy előnye, hogy az anyag berakodása és ürítése nem igényel fizikai munkát, valamint a cserekonténerek egyszerűsítik és gyorsítják a szállítást. A konténer-tároló építmény határoló felületeinek, valamint az építmény előtti térnek moshatónak és fertőtleníthetőnek kell lennie. A takarításhoz, fertőtlenítéshez és a személyzet tisztálkodásához megfelelő vízellátásról, valamint a szennyvízkezelésről gondoskodni kell. A települési gyűjtőhelynek rendelkeznie kell olyan mérleggel, amely legalább a kis és közepes testű állatok testtömegének lemérésére alkalmas.

A telephelyi állati melléktermék gyűjtőhely az általános járványügyi szabályoknak megfelelően kialakított, kizárólag az adott létesítményben keletkezett állati eredetű melléktermékek összegyűjtésére, ideiglenes tárolására, esetleges hűtésére szolgáló épület, épületrész, amely olyan állattartó telepen, vágóhídon, élelmiszer-előállító helyen, kereskedelmi egységben, vendéglátó-ipari létesítményben, illetve egyéb olyan létesítményben található, ahol állati eredetű mel-

léktermék keletkezik. A vágóhidakon a melléktermékeket arra rendszeresített konténerekben elkülönített helyen tárolják. Az állati eredetű melléktermék gyűjtő konténerekbe nem szabad más anyagot, hulladékot (pl. vaskampó, kő, műanyag zacskó stb.) dobni, mivel azok a feldolgozás során műszaki problémát okozhatnak.

Az állati eredetű mellékterméket belföldi szállításuk során kereskedelmi okmányoknak kell kísérnie, amelyet 3 példányban kell kiállítani és 2 évig megőrizni. Ez alapján számítógépes nyilvántartást vezetnek, így üzletpartnerenként, valamint időszakonként is áttekinthető az egyes melléktermékek elszállított mennyisége. A kereskedelmi okmányt az állati eredetű melléktermék tulajdonosa, illetve átadója tölti ki, de elhullott állatok esetén a tulajdonos közreműködésével az állati eredetű melléktermék szállítója is kiállíthatja.

A nagy létszámú állattartó telepeknek, a vágóhidaknak, az élelmiszer-előállítóknak, a kereskedelmi, vendéglátó ipari egységeknek az állati eredetű melléktermék szállítására és kezelésére feljogosított szállítóval, illetve engedélyezett létesítménnyel kötött szerződéssel kell rendelkezniük.

Az állati eredetű melléktermék tulajdonosa a kezelésre, ártalmatlanításra átadott állati eredetű melléktermék mennyiségét telephelyenként köteles évente egy alkalommal bejelenteni a telephelye szerint illetékes állategészségügyi hivatalnak. A kis létszámú állattartó telepeken keletkezett állati eredetű melléktermékekről nem kell jelentést tennie, ha azt települési gyűjtőhelynek, nyilvántartott szállítónak vagy létesítménynek adta át, és az erről szóló bizonylatot legalább két évig megőrzi.

Az állati eredetű melléktermékek szállítására – a hatóság által rendszeresen (negyedévente) ellenőrzött – speciális, dobozos zárt felépítményű, csepegés- és szegletmentes kialakítású, könnyen mosható és fertőtleníthető, emelőhátfallal rendelkező korszerű tehergépkocsikkal történik, melyeket más célra nem használnak. A II.5.6. ábrán állati eredetű melléktermék begyűjtő és szállító gépjárműveket mutatunk be.



**II.5.6. ábra: Állati mellékterméket begyűjtő és szállító gépjárművek**

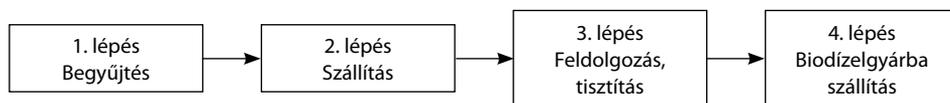
(Forrás: Biofilter Zrt.; ATEVSZOLG Zrt., 2014)

### **II.5.3. Használt sütőolaj és zsiradékgyűjtése, tárolása, szállításra és feldolgozása**

A használt sütőolaj és zsiradék az étkezési célra forgalomba hozott étolajból és zsírból éttermekben, vendéglátó-ipari egységekben és konyhákban – a központi konyhákat és a háztartások konyháit is beleértve – keletkező hulladék. A zsírban, illetve olajban való sütés napjainkban a legelterjedtebb konyhatechnikai eljárások egyike. A többszöri sütés folyamán a sütőolajban olyan elváltozások jönnek létre, amelyek gasztronómiai értékvesztéssel járnak, azaz az étolaj elfárad, elhasználódik, ennek következtében a zsiradék előbb-utóbb alkalmatlanná válik a további élelmiszeri célú felhasználásra. A túlhevült növényi eredetű olajban a túlhevítés hatására – főleg a 170-180 °C feletti tartományban – egyes komponenseinek bomlásából az egészségre káros rákkeltő anyagok (PAH) halmozódhatnak fel. Magyarországon évente több tízezer tonna étolajat használnak

fel, becslések szerint azonban a sütőolaj 30 százaléka a csatornába jut. A használt sütőolaj és zsiradék káros hatást gyakorol a környezeti elemekre.

A II.5.7. ábrán a használt sütőzsiradék kezelésének sémáját mutatjuk be egy hazai vállalkozás esetében.



**II.5.7. ábra: Használt sütőzsiradék kezelésének folyamata**

(Forrás: Biofilter Zrt., 2014)

A használt sütőolaj (zsiradék) begyűjtése során a legnagyobb volumet a gasztronómiai szektor adja. A jogszabályi előírások értelmében a vendéglátóhelyeknek kötelességük minden használt sütőzsiradékot engedéllyel rendelkező cégeknek átadni. A közétkeztetést ellátó szervezeteknél, a nagy szállodákban és éttermekben szelektíven gyűjtik ezt a hulladékot, és feldolgozásával elkerülhető a környezet szennyezése.

A használt sütőolaj tekintetében azonban a lakossági begyűjtés is egyre növekvő tendenciát mutat, amely a társadalom erősödő környezettudatosságát jelzi. A lakossági használt sütőzsiradék gyűjtésbe a hulladékudvarok, illetve egyes benzinkutak is bekapcsolódtak. Egyes lakóközösségek már szelektíven is gyűjtik a használt sütőzsiradékot, és időszakonként használtolaj-gyűjtési akciókat is szerveznek hazánkban (II.5.8. ábra).



**II.5.8. ábra: Használt sütőzsiradék szelektív gyűjtése és elszállítása**

(Forrás: <http://gondolkodjegyesszesen.hu/olaj-a-tuzre/>; <http://transpack.hu/hirek/ismet-hasznalt-sutoolajgyujto-kampanyt-inditott-mol>; <http://www.sibio.hu/hasznalt-sutozsiradek-elszallitas>)

Elsősorban a vendéglátás és a közétkeztetés melegkonyháiról gyűjti be egy hazai vállalkozás a használt sütőolajat- és zsiradékot, melyet kezelési felelősséggel és tulajdonjoggal vesznek át, korszerű technológiával kezelik, és újrahasznosítanak.

A használt sütőolaj és zsiradék gyűjtését az élelmezési egységek ún. szennyes övezetében kell végezni, könnyen mosható, fertőtleníthető, zárható edényben, és elkülönített, lehetőleg hűvös (hűtött) helyiségben. Elkerülhető ez által a kellemetlen szag és rovarok általi közegészségügyi veszélyeztetés. A hulladékok gyűjtését az élelmezési egységen belül és kívül úgy kell megoldani, hogy a készülő, vagy forgalmazni kívánt élelmiszereket, ételeket ne szennyezhesse. A gyűjtő- és tároló edények jól záródó fedéllel ellátottak, résmentes kialakításúak legyenek, könnyen tisztítható és fertőtleníthető anyagból készüljenek. Az éttermekben, vendéglátó-ipari egységekben és konyhákban keletkező használt sütőolaj és zsiradék gyűjtése 60 literes, fedeles, bilincsel záródó műanyag gyűjtőedényekben történik (II.5.2. és II.5.8. ábra).



A begyűjtött használt sütőolaj a vállalkozás feldolgozó üzemébe kerül, ahol zárt rendszerű technológiában kezelik (II.5.9. ábra). A vállalkozás által egyedileg kidolgozott technológia lehetővé teszi, hogy a szeparálási, ülepitési, dekantálási eljárás után a sütőolajat a felhasználási terület szerint tartálparkukban helyezték el. A 60 literes gyűjtőedény automata hordómosó berendezésben kerül tisztításra.

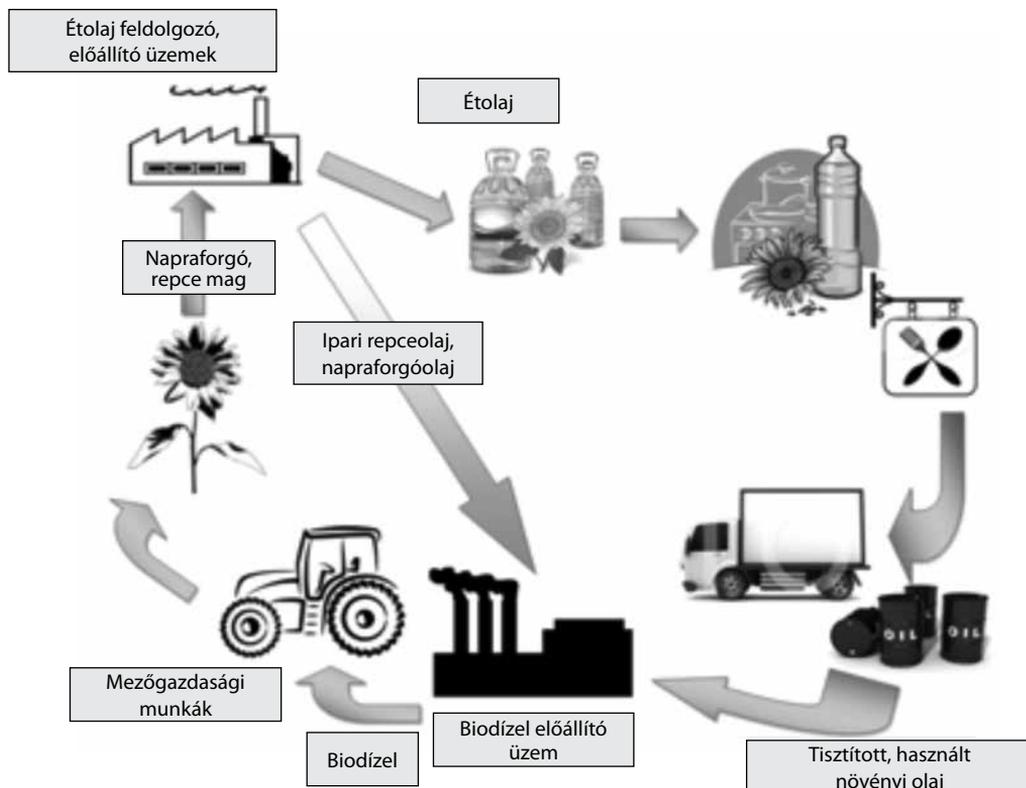


**II.5.9. ábra: Használt sütőolaj és -zsiradék telephelyi kezelése** (Forrás: Biofilter Zrt., 2014)

A tisztított növényi olajat a feldolgozást követően elsősorban a biodízel iparág, csekély mértékben pedig az aszfaltgyártás, gipszgyártás, festékgyártás, asztalos üzemek számára értékesítik. A használt sütőolaj begyűjtése, feldolgozása és a tisztított növényi olajok importja biztosítja a Magyarországon és a környező országokban található biodízel üzemek alapanyag-ellátását. A biodízel használata környezetvédelmi szempontból a kőolajénál sokkalta kedvezőbb, tekintve hogy ez utóbbi képződése évmilliók eredménye, míg a biodízel alapanyagai viszonylag gyors biológiai folyamatok útján jönnek létre. A használt sütőzsiradék feldolgozása során létrejövő úgynevezett tisztítási maradék (prézli-, ételmaradék) biogáz-üzemben kerül hasznosításra.

A használt sütőolaj gyűjtésének és kezelésének folyamatát a bemutatott vállalkozásnál a II.5.10. ábra foglalja össze.

A használt sütőolaj gyűjtésének és kezelésének folyamatát a bemutatott vállalkozásnál a II.5.10. ábra foglalja össze.



**II.5.10. ábra: Használt sütőolaj gyűjtésének és kezelésének folyamata**

(Forrás: Biofilter Zrt., 2014)

## II.6. Élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok hasznosítása (Simon László)

A hulladékhasznosítás olyan tevékenység, mely révén a termelés és egyéb tevékenységek során keletkező melléktermékeket, hulladékokat, közvetlenül vagy közvetve a felhasználó igényeinek megfelelő termékké alakítják. A hasznosításkor az élelmiszeripari melléktermék/hulladék nyersanyagként, energiahordozóként vagy félkész- és késztermékként kerül vissza a termelési folyamatba, vagy közvetlenül felhasználásra.

A hasznosítással a hulladékban megjelenő anyag és energia nagy része nemvész el, így gazdasági szempontból kiemelt fontosságú az élelmiszeripari melléktermékek/hulladékok minél nagyobb mértékben történő újrafeldolgozása, értékesítése. Az élelmiszergyártás során keletkező melléktermékek és hulladékok jelentős része értékes anyagtartalommal rendelkezik, mely különböző eljárásokkal kinyerhető. Ez környezetvédelmi szempontból is fontos, mivel a feldolgozásra kerülő hulladékok révén csökken a környezet terhelése, szennyezése.

### II.6.1. Az élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok hasznosítható összetevői

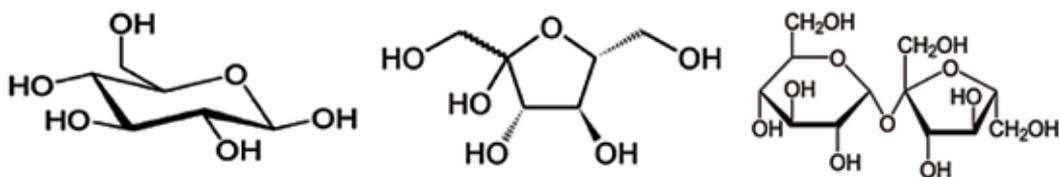
Az élelmiszeriparban keletkező, általában jelentős szervesanyag-tartalmú melléktermékek és hulladékok hasznosítása fizikai, kémiai és biológiai eljárásokkal történik. Ahhoz, hogy a megfelelő eljárás kiválasztható legyen, alapvető a feldolgozásra kerülő anyagok alkotórészeinek, fő vegyületcsoportjainak ismerete, melyeket a következő fejezetekben mutatunk be.

#### II.6.1.1. Szénhidrátok

A szénhidrátok a bioszféra szerves anyagainak főtömegét alkotó vegyületek. Polihidroxi-aldehid, polihidroxi-keetonok vagy származékaik. Általános képletük  $(CH_2O)_n$ , ahol  $n \geq 3$ . A szénhidrátokat három nagyobb csoportba lehet besorolni:

- monoszacharidok vagy egyszerű szénhidrátok,
- oligoszacharidok (2-10 monoszacharid kapcsolódása útján jönnek létre)
- poliszacharidok, melyek nagyszámú monoszacharid egyenes vagy elágazó láncú kapcsolódása útján keletkeznek.

A monoszacharidok savas hidrolízissel nem bonthatók kisebb egységekre. A természetben a hexózok a legelterjedtebb monoszacharidok, melyek szabad állapotban is előfordulnak (pl. a glükóz). A monoszacharidok legismertebb képviselője a glükóz vagy szőlőcukor (II.6.1. ábra).

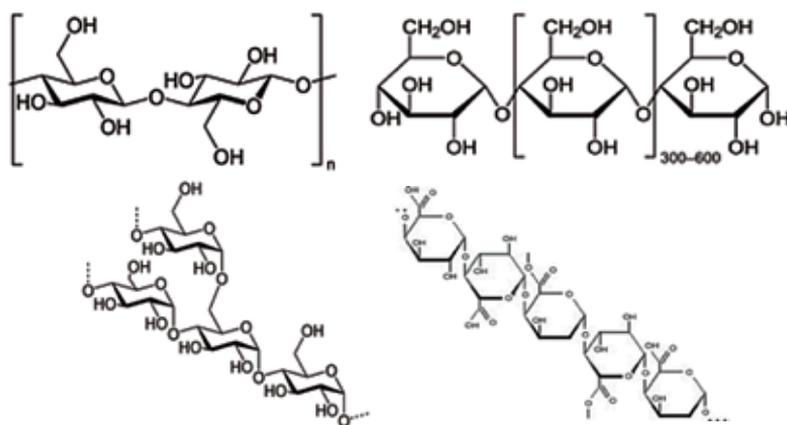


II.6.1. ábra: Glükóz, fruktóz és szacharóz (Forrás: <http://hu.wikipedia.org/wiki/Glükóz>; [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Skeletal\\_Structure\\_of\\_Cyclic\\_D-Fructose.svg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Skeletal_Structure_of_Cyclic_D-Fructose.svg); <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Saccharose2.svg>)

A glükóz iparilag keményítő (például kukorica- vagy burgonyakeményítő) savas vagy enzimes hidrolízisével állítható elő. A burgonyakeményítő savas hidrolízisekor keletkező glükózt krumpli-

cukornak nevezzük. A fruktóz (II.6.1. ábra) vagy gyümölcscukor a legédesebb cukorféleség, a gyümölcsökben és a mézben található meg természetes formában. A glükóz és fruktóz összekapcsolódásával alakul ki a szacharóz (nádcukor, répacukor) nevű diszacharid (II.6.1. ábra), mely az emberiség fontos tápláléka, édesítőszer. Cukornádból és cukorrépából állítják elő.

A poliszacharidok élővilágban elterjedt képviselője a cellulóz (II.6.2. ábra) és a keményítő (amilóz, amilopektin, II.6.2. és II.8.3. ábra) – mindkettő glükóz-láncokból épül fel – melyek a Föld legnagyobb mennyiségben előforduló természetes szénvegyületei. A cellulóz (pl. a karboxi-metil cellulóz) az élelmiszerek széles skálájában megtalálható emulgeálószerként, térfogatnövelő vagy diétás rostanyagként. A keményítő az alapvető élelmiszereink (gabonafélék, burgonya, hüvelyesek) legfontosabb összetevője. Ételekben sűrítésre, tészták készítésére, ipari szőlőcukor előállítására, valamint textíliák keményítéséhez használjuk fel. A keményítőből nyert csiriz olcsó ragasztóanyag. A keményítőtartalmú anyagok bontásával szőlőcukrot, illetve abból etil-alkoholt lehet előállítani. A gyümölcsökben található pektinek (II.6.2. ábra) különböző monoszacharidokból tevődnek össze (almahéjból, egresből, szőlőbogyóból, körtéből, citrusfélék héjából vagy cukorrépa-szeletekből állíthatók elő), élelmiszeripari gélképző, zselírozószer (E440).

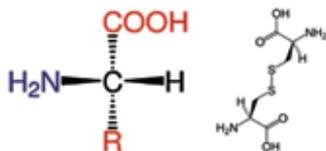


**II.6.2. ábra: Cellulóz, amilóz és amilopektin (keményítő), pektin (poligalakturonsav)**

(Forrás: [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Cellulose\\_Sessel.svg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Cellulose_Sessel.svg); <http://en.wikipedia.org/wiki/File:Amylose2.svg>; [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Amylopektin\\_Sessel.svg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Amylopektin_Sessel.svg); <http://sci-toys.com/ingredients/pectin>)

### II.6.1.2. Aminosavak és fehérjék

Az aminosavak (II.6.3. ábra) olyan karbonsav-vegyületek, ahol a savjellegét biztosító karboxil-csoport mellett a bázikus jellegű aminocsoport (-NH<sub>2</sub>) is megtalálható. Az aminosavak nagy része az élő szervezetek anyagának, a fehérjéknek a felépítésében vesz részt. Ezen fehérjék felépítésében részt vevő, a karboxilcsoport melletti szénatomon amino-csoportot tartalmazó vegyületet L-aminosavnak nevezik.



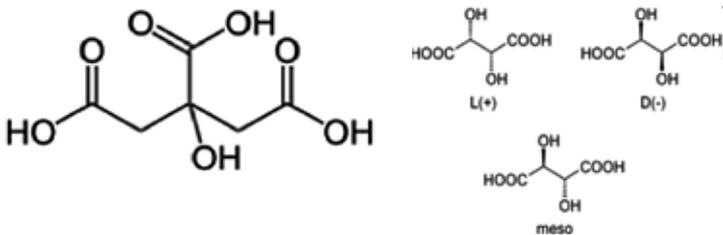
**II.6.3. ábra: L-aminosav és cisztin** (Forrás: [http://hu.wikipedia.org/wiki/Aminosavak#mediaviewer/F%C3%A1jl:L-aminoc\\_acid\\_general.svg](http://hu.wikipedia.org/wiki/Aminosavak#mediaviewer/F%C3%A1jl:L-aminoc_acid_general.svg); <http://hu.wikipedia.org/wiki/Cisztin#mediaviewer/F%C3%A1jl:Cystine-skeletal.png>)

Az aminosavak összekapcsolódásából jönnek létre a peptidek. A tíz-száz aminosavból álló polipeptidek láncainak összekapcsolódásából jönnek létre a fehérjék (proteinek). A fehérjék komplex makromolekulák, amelyek mind a növényi, mind az állati sejtekben előfordulnak. Az élő sejtek szárazanyagának legalább a felét fehérjék alkotják.

A fehérjék hidrolízissel polipeptidekké, majd aminosavakká bonthatók. A keratinban gazdag baromfitollból pl. takarmány, illetve cisztinben (II.6.3. ábra) (leucinben, szerinben) gazdag aminosav-készítmény állítható elő.

### II.6.1.3. Karbonsavak, zsírok és olajok

A karbonsavak a növény- és állatvilágban egyaránt előforduló olyan szénvegyületek, melyekben karboxilcsoport (-COOH) található. Az egyértékű, alifás karbonsavak képlete R-COOH. A legegyszerűbb karbonsav a hangyasav (H-COOH) és a szénatomszám növelésével kapjuk az ecetsavat (CH<sub>3</sub>-COOH), propionsavat (CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>-COOH) és a vajsavat (CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>CH<sub>2</sub>-COOH). A propionsavból levezethető hidroxipropionsavat tejsavnak nevezzük, mely tejsavas erjedés során keletkezik a tejcukor (II.8.7. ábra) bomlásával. Az élelmiszeripari melléktermékekben szintén megtalálható citromsav (E330) és borkősav (E334) (II.6.4. ábra) (az élelmiszeriparban antioxidáns hatású, savanyúságot szabályozó anyagok) több karboxilcsoportot tartalmazó karbonsavak.



II.6.4. ábra: Citromsav és borkősav

(Forrás: <http://hu.wikipedia.org/wiki/Citromsav>; [http://hu.wikipedia.org/wiki/Tartaric\\_acid.png](http://hu.wikipedia.org/wiki/Tartaric_acid.png))

A citromsav szabad állapotban vagy kálium-, illetőleg kalcium-só alakjában számos savanyú gyümölcsben előfordul. Előállítható citromléből vagy fermentációval kukoricakeményítőtől, élelmiszeripari hulladékokból (pl. almatörkölyből). A borkősav előállítható szőlőtörkölyből.

A nagyobb szénatom-számú telített, alifás karbonsavak egy része (zsírsavak) a növényi és állati eredetű zsíradékok fontos összetevői. A zsírok és olajok a zsírsavaknak glicerinnel képzett észterei. Zsírokban a telített zsírsavak, olajokban pedig a telítetlen zsírsavak dominálnak. A telített zsírsavak (pl. palmitinsav, sztearinsav) egy karboxilcsoportot tartalmaznak, amihez hosszabb-rövidebb nem elágazó, telített szénhidrogén-lánc kapcsolódik. Telített zsírsavak szabad formában csak kis mennyiségben található meg az élelmiszerekben. A telítetlen zsírsavak közül a magasabb rendű szervezetekben a legnagyobb mennyiségben az olajsav, a linolsav, a linolénsav és az arachidonsav fordul elő. Többszörösen telítetlen esszenciális zsírsavakat lehet kinyerni pl. a mélytengeri halakból (halolaj).

A növényi olajokból vagy (állati) zsírokból rövid lánc hosszúságú mono-alkohollal (metanollal vagy etanollal) történő átészterezéssel bioüzemanyagot (biodizelt) lehet előállítani a dízelmotorok számára.

### II.6.1.4. Alkoholok

Az alkoholok olyan szénvegyületek, ahol a telített nyílt láncú, gyűrűs vagy telítetlen szénhidrogének egy vagy több hidrogénatomja helyébe hidroxil (OH-) csoport kapcsolódik. Az alkoholok legismertebb képviselői az egyértékű, nyílt szénláncú alifás alkoholok (általános képlet: R-OH). A legegyszerűbb vegyületei a metil-alkohol (CH<sub>3</sub>-OH), mely kis mennyiségben is mérgező hatású vegyület, és az etil-alkohol (CH<sub>3</sub>CH<sub>2</sub>OH), mely a szeszes italok fő komponense. Etil-alkohol erjeszhető számos élelmi-

széripari melléktermékből (pl. melasz), illetve kinyerhető a szőlőtörkölyből vagy borseprőből.

A bioalkohol (finomítatlan etil-alkohol) üzemanyagként hasznosítható. A biodízel-gyártáshoz metil-alkohol szükséges.

## II.6.2. Az élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok hasznosítási eljárásai

Az élelmiszergyártás közben keletkező melléktermékek és hulladékok hasznosítására alkalmas eljárásokat ezen anyagok összetétele, tulajdonságai határozzák meg. A hasznosításra alkalmas technológia, eljárás kiválasztásakor azonban a melléktermék/hulladék összetétele és mennyiségi jellemzői mellett azt is meg kell vizsgálni, hogy:

- a melléktermék/hulladék milyen mennyiségben és milyen területen képződik,
- keletkezése rendszeres vagy időszakos,
- milyen hasznosanyag-tartalommal rendelkezik,
- a hasznosításhoz szükséges műszaki, technikai feltételek (épület, terület, gépek, berendezések, stb.) adottak-e,
- a melléktermék/hulladék összegyűjtése, tárolása és a keletkezés, valamint a feldolgozás helye közötti szállítás gazdaságosan megoldható-e?

A feltételek vizsgálata és értékelése után választható ki az eljárás, amellyel a melléktermék /hulladék gazdaságos feldolgozása megkezdhető.

A II.6.1. táblázatban foglaljuk össze néhány jellemző élelmiszeripari melléktermék és hulladék hasznosítási eljárásait.

### II.6.1. táblázat: Élelmiszeripari ágazatokban keletkező melléktermékek és hulladékok hasznosítási eljárásai

(Forrás: Kónya, 1999 nyomán Simon, 2013 módosításaival)

Élelmiszeripari ágazat	Jellemző melléktermék/hulladék	Alkalmazott hasznosítási eljárás			
		Mezőgazdasági		Ipari	Energetikai
		Talajérőgazdálkodás	Takarmányozás		
<b>Tartósítóiipar (konzervipar, hűtőiipar, szárítóiipar)</b>	zöldség- és gyümölcs maradványok	+	++	++	-
<b>Malomipar</b>	korpa, csíra, takarmányliszt, hántolóiipar melléktermékei <sup>a</sup>	-	+++	+	+ <sup>a</sup>
<b>Növényolaj-ipar</b>	extrahált szója (napraforgó) dara <sup>b</sup> , napraforgó héj <sup>c</sup>	-	+++ <sup>b</sup>	+ <sup>c</sup>	++ <sup>c</sup>
<b>Cukoripar</b>	cukorgyári mésziszap <sup>d</sup> , kilúgozott cukorrépa-szelet <sup>e</sup> , melasz <sup>f</sup>	+ <sup>d</sup>	++ <sup>ef</sup>	++ <sup>f</sup>	+ <sup>e</sup>
<b>Szeszipar</b>	vinasz <sup>g</sup> , cefremslék <sup>h</sup> , szőlő- és gyümölcstörköly <sup>i</sup> , szeszélesztő <sup>j</sup>	+ <sup>g</sup>	++ <sup>ghij</sup>	++ <sup>hi</sup>	+
<b>Sőripar</b>	sörtörköly <sup>k</sup> , sörélesztő <sup>l</sup>	-	+ <sup>kl</sup>	-	+ <sup>k</sup>
<b>Baromfi- és húsiipar</b>	vér, csont, pata, szarv, toll, szőr, hús, zsír, belsőség, stb.	+	++ <sup>*</sup>	+	+
<b>Tejiipar</b>	író, savó	-	+	++	-

\*korlátozásokkal

Az élelmiszeripari melléktermékeket és hulladékokat a hasznosítás célja szerint a következő jellemző eljárásokkal hasznosíthatjuk:

1. Értékesíthető termék előállítás a melléktermék kisebb átalakításával.
2. Mezőgazdasági célú hasznosítás, mely során az élelmiszeripari melléktermékekben jelen lévő – gyakran még jelentős mennyiségű – fehérje-, szénhidrát-, vitamin- és ásványianyag-tartalmat nyerik ki különböző eljárásokkal. A mezőgazdasági hasznosításon belül 2 fő csoportot lehet megkülönböztetni:
  - a takarmányozás során a melléktermékben lévő anyagokat a haszonállatok táplálására használják fel,
  - a komposztálás vagy trágyázás révén a melléktermékben/hulladékban lévő anyagok a talaj-erő-gazdálkodásban hasznosulnak.
3. Ipari nyersanyagként történő hasznosítás, mely során az élelmiszeripari melléktermékekben/hulladékokban lévő értékes anyagok (pl. antioxidánsok, diétás rostok, pektin, aromák, szerves savak stb.) kinyerhetők, és emberi táplálkozásra alkalmas termékekké alakíthatók.
4. Energetikai célú hasznosítás során a hulladék energiatartalmát kinyerik, illetve az élelmiszeripari hulladékot olyan anyaggá dolgozzák fel, amelyet üzemanyagként (pl. bioalkohol, biodízel), illetve tüzelőanyagként (pl. biogáz) használnak. Ezen eljárások során a hulladékok szerves anyagainak energiatartalma hasznosul.

A következő fejezetekben az élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok mezőgazdasági, ipari és energetikai hasznosítását, illetve annak technológiáit mutatjuk be.

## II.7. Élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok mezőgazdasági hasznosítása (Simon László)

Az élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok mezőgazdasági célra elsősorban takarmányozással, illetve komposztálással vagy trágyázással talajerő-utánpótlásra hasznosíthatók. A következő fejezetben az élelmiszeripar különféle ágazataiban keletkező melléktermékek és hulladékok mezőgazdasági célra történő hasznosításának lehetőségeit foglaljuk össze.

### II.7.1. Konzerv-, hűtő-, és szárítóipar melléktermékeinek és hulladékainak mezőgazdasági hasznosítása

A konzerviparban, illetve a hűtő- és szárítóiparban a zöldségek és gyümölcsök feldolgozása közben sok olyan melléktermék, illetve hulladék (pl. szár, levél, mag, héj, feldolgozás során keletkező zöldség- és gyümölcsmaradványok, préselés után visszamaradt törköly) keletkezik, melyek a haszonállatok takarmányozására közvetlenül, vagy kisebb átalakítással (pl. szárítás, darálás, erjesztés után) jól hasznosítható. Ezekben a melléktermékben, illetve hulladékokban többféle hasznos tápanyag (szénhidrát, fehérje, zsír és olaj) található. Nagy víztartalmuk miatt takarmányként hasznosítva gyorsan romlanak. Egyes melléktermékek silótakarmányhoz adagolva hasznosulnak, vagy komposztálás után bedolgozzák azokat a talajba. A zöldségek és gyümölcsök feldolgozása során keletkező melléktermékek várható százalékos aránya: paradicsom 10 %, alma 15 %, barack 25 %, körte 18 %, meggy, cseresznye 25 %, málna 12 %.

A paradicsomtörköly (II.7.1. ábra) darálás után kérődzőkkel etethető, mert nyersrost-tartalma nagy. Az almatörköly (II.7.1. ábra) szintén a kérődzők (tehének, hizómarhák, juhok) takarmánya. A csemegekukorica feldolgozása során csuhélevél és csutka (magvak eltávolítása után visszamaradt torzsa) marad vissza. Szénhidrát-tartalmuk nagy, silózhatók, takarmány-adalékként is használhatók.



II.7.1. ábra: Szárított paradicsomtörköly és almatörköly

(Forrás: <http://premiumpetfood.wikidot.com/tomato-pomace> (balra); Simon László fotója (jobbra))

### II.7.2. Malomipar és hántolóipar melléktermékeinek és hulladékainak mezőgazdasági hasznosítása

A malomiparban és hántolóiparban keletkező legtöbb melléktermék/hulladék nagy keményítő- (és fehérje-) tartalma miatt elsősorban takarmányozásra használható fel. Több anyag (pl. kukoricacsutka, rizshéj) azonban nagy rosttartalma miatt állatok etetésére nem alkalmazható. A búzaborpa (II.7.2. ábra) széles körben etetett, jól emészthető, ízletes, B-vitaminokban, rostokban gazdag takarmány, főleg tehén és tenyészkoca, illetve hizósertés abrakkeverékekbe kerül be. A premixekben a mikro-komponensek hordozóanyaga.



**II.7.2. ábra: Takarmányozási célra hasznosítható malomipari és hántolóipari melléktermékek**  
(Forrás: Simon László fotói)

A búzacsíra (II.7.2. ábra) olajban, fehérjében, E-vitaminban gazdag, értékes takarmány. A takarmánylisztek a gabonafélék őrlése során keletkező melléktermékek, keményítőtartalmuk 35 % felett van, fehérjetartalmuk 15 % körüli. A búza takarmányliszt (II.7.2. ábra) a búzakorpához hasonló módon használható takarmányozásra, hasonlóan az árpa-, rozs- és a kukorica takarmányliszthez (II.7.2. ábra). A borsótakarmányliszt (II.7.2. ábra) a borsó hántolása után a fényezése, csiszolása során keletkezik, fehérjében gazdag takarmány. A rizstakarmányliszt (rizskorpa, II.7.2. ábra) a rizs csiszolása során keletkezik, nagy a keményítőtartalma.

### **II.7.3. A növényolaj-ipar melléktermékeinek és hulladékainak mezőgazdasági hasznosítása**

A növényolaj-iparban jelentős mennyiségű olyan melléktermék keletkezik, melyből nagy energia-tartalmú tápok készíthetők. A repce, a tök, a kender, a len, a napraforgó, a szójabab stb. olajos magvaiból nagyüzemi módon ún. meleg eljárással (oldószeres extrakcióval), míg kisüzemi körülmények közt pl. a paradicsom és paprikamagból általában hideg eljárással (kíméletes préssel) nyerik ki a növényi olajat. A keletkező melléktermékek és hulladékok közé tartozik a maghéj, a présogácsa, az extrahált dara és a szűrési maradék.

A présogácsa (II.7.3. ábra) 4-8 % olajtartalmú hulladék, mely az 50 % olajtartalmú nyersanyagok (pl. napraforgó) többszöri prése után keletkezik. A présekről lekerülő olajpogácsákat aprítani szükséges a tápokba történő bedolgozásuk előtt. A pogácsák olajtartalma növeli takarmányozási értéküket. Gyors felhasználásukról azonban gondoskodni kell, mert az olaj a levegővel érintkezve avasodásnak, savasodásnak indul, ami csökkenti a takarmányértéket.



**II.7.3. ábra: Napraforgó présogácsa** (Forrás: Simon László)



A különböző magvak olajtartalmát – préselés után – zsíroló szerekkel (hexán, benzín) is kivonhatják, tehát az extrahálást alkalmazzák. Az extrahált darák olajtartalma rendszerint 1 % alatt van, így hosszabb ideig tárolhatók. Fehérjetartalmuk jelentős (35-50 %). Megtartják daraszerű jellegüket, előtörésük, ismételt aprításuk általában nem szükséges takarmányként történő felhasználásuk esetén. Az extrahált darák zsíroló szereket még nyomokban sem tartalmazhatnak, mert ezek az állatokra mérgezőek. A keverék-takarmányok növényi fehérjetartalmát általában extrahált olajosmag-darakkal állítják be. A dara ne legyen avas, dohos, penészes vagy egyéb ok miatt idegen szagú. Az extrahált darák víztartalma akkor a legkedvezőbb, ha az nem haladja meg a 10 százalékot. A takarmánygyártásban felhasznált extrahált darák közül fontosabbak a következők: szójadara (II.7.4. ábra), napraforgó-dara (II.7.4. ábra), földimogyoró-dara, gyapotmag-dara, lenmagdara, repcedara (II.7.4. ábra), lucernamag-dara, kukoricacsíra-dara (II.7.4. ábra).

Az extrahált darák oldószer-mentesítés, hőkezelés (szója estén tripszin-inhibitor lebontása hővel 100 °C felett 30 percig) után jó minőségű, értékes, takarmányozásra alkalmas anyagok, habár nem tartoznak az ízletes takarmányok közé. Az extrahált szójadarát (II.7.4. ábra) fiatal növényekkel, sertéssel, tejelő tehenekkel etetik, az egygyomrú haszonállatok legjelentősebb takarmány alapanyagai közé tartozik. Fehérjetartalma 44-49 %, nyerszsír-tartalma 1-2 %. Az extrahált napraforgó darát (II.7.4. ábra) jó étrendi hatása miatt keveréktakarmányok gyártására hasznosítják. Jó az étrendi hatása, nagy a fehérjetartalma (40 %), kalcium- és foszfortartalma. A terméket főleg kérődzők takarmányozására használják fel, de kis mennyiségben tojó-, brojler és sertéstápokban is szerepelhet.



**II.7.4. ábra: Takarmányozási célra hasznosítható extrahált olajipari darák** (Forrás: Simon László fotói)

#### **II.7.4. A cukoripar és édesiparmelléktermékeinek és hulladékainak mezőgazdasági hasznosítása**

A cukoriparban legnagyobb mennyiségben a cukorrépa feldolgozásakor keletkezett, kilúgozott répaszeleteket (II.7.5. ábra), használják takarmányozásra. Ezt a mellékterméket vagy közvetlenül felletetik az állatokkal (kérődzőkkel), vagy megszáritják és pelletizálják, és tápérték-növelő adalékanyagokkal keverik össze.

A cukorgyártás jelentős mennyiségben keletkező mellékterméke a melasz (II.7.5. ábra), a cukor kikristályosításakor visszamaradó szörpszerű anyag. Színe barna, íze édeskes, karamellre emlékeztet. Cukortartalma 46-48 %, mintegy 7-8 % ásványi sót tartalmaz. Nagy szénhidrátartalma miatt – a szarvasmarha-tápbba bedolgozva – kedvezően hat a zsír- és tejképződésre. Karbamiddal, vitaminnal dúsítható. Ízét az állatok szeretik. A granulált tápgyártás során, a tápok energiataralmának növelése mellett, kötőanyagként is használják. A melasz – ízesítő és ragacsos tulajdonsága miatt – a dercés tápokhoz is adagolható. A dercés tápok közül főleg a baromfitápokba adagolják.



**II.7.5. ábra: Száritott cukorrépa-szelet és cukornád melasz**

(Forrás: Simon László fotója (balra), [http://hu.wikipedia.org/wiki/Melasz\\_\(élelmiszer\)](http://hu.wikipedia.org/wiki/Melasz_(élelmiszer)) (jobbra))

Az édesipari célra feldolgozott kakaóbab (II.7.6. ábra), illetve melléktermékként keletkező kakaóbab héj és présbogácsa tápanyagokban gazdag, takarmányként történő felhasználásukat azonban korlátozza a nagy teobromin-tartalmuk. A kakaófa termésének hüvelyében kicsi a teobromin-tartalom, ezért szárítás és darálás után a szarvasmarhákkal feletethető. A kakaóbabhéj (II.7.6. ábra) talajtakarásra (mulcsként) alkalmazható, illetve komposztálás után a talajba juttatható.



**II.7.6. ábra: Kakaóbab héj**

(Forrás: <http://www.garberfarms.com/shell/>)

### **II.7.5. Szesz-, bor-, és söripár melléktermékeinek és hulladékainak mezőgazdasági hasznosítása**

A gyümölcspálinkák főzésekor, lepárlásakor nyert kimerjedt cefremoslékok (szeszgyári moslékok), illetve törkölyök takarmányértéke változó. A kukorica szeszmosléknak jelentős a fehérjetartalma (a szárazanyag 30 %-a), szarvasmarhák hizlalására alkalmazzák, tejelő takarmánynak is alkalmas. A vinasz sűrített melaszmoslék. A melaszmoslék 70 %-os szárazanyag-tartalomra való sűrítésével állítják elő. Nyersfehérje-tartalma 21 %, a szarvasmarha takarmányozásban használják. A cukorrépa melasz erjesztési maradékából készült vinasz (II.7.7. ábra) a talajba juttatva tápanyag-utánpótlásra, talajkondicionálásra is használható.



**II.7.7. ábra: Vinasz talajra permetezése**

(Forrás: [www.mokkka.hu](http://www.mokkka.hu))

A szeszgyártás során kis mennyiségben keletkező, de igen sok biológiailag hasznos fehérjét, ásványi anyagot tartalmazó melléktermék a szeszélesztő. A szeszélesztőt a cefre lepárlása után az élesztősejtek szeparálása útján nyerik. Folyékony, préselt, vagy szárított alakban hozzák forgalomba, a sertés- és baromfitápokba kerül. A szeszgyári moslékban *Torulopsis utilis* vagy *Candidasp.* élesztőket is fel lehet szaporítani. A kapott élesztőtömeget szárítás után szintén takarmányozásra lehet hasznosítani.

A szőlőbogyók héjából és magvaiból, illetve a szőlőfürt kocsányából álló szőlőtörköly (II.7.8. ábra) szükségtakarmány, mert szárazanyagának energiatartalma csak akkor haladja meg a takarmányszalmakét, ha finomra darálják, és így a kemény héjú szőlőmag zsírtartalma is megemésztődhet. A borseprő (II.7.8. ábra) takarmányként hasznosítható. Nagy rostanyag-tartalma miatt csak kérődzőknek adható. A fenti két boripari melléktermék felhasználható szerves trágyaként is, illetve komposztálható.

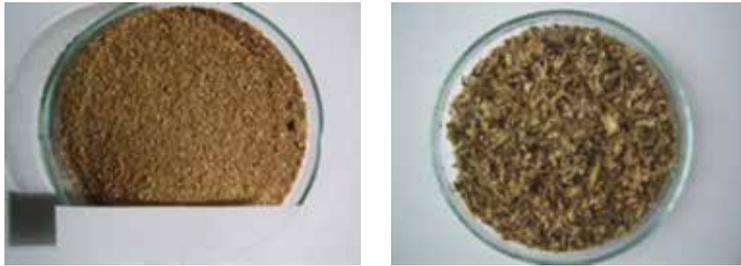


**II.7.8. ábra: Szőlőtörköly és borseprő**

(Forrás: <http://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-2072166/Feeding-cows-wine-dregs-improves-milk-cuts-ahem-methane-emissions.html>; [http://en.wikipedia.org/wiki/File:W0470-Muscadet\\_5\\_Bourbes\\_15342.JPG](http://en.wikipedia.org/wiki/File:W0470-Muscadet_5_Bourbes_15342.JPG))

A sörgyártáskor nagy mennyiségben keletkezik olyan szennyvíz, mely jelentős szervesanyag-talommal rendelkezik. Mivel ezek az anyagok értékes fehérjéket és cukrot tartalmaznak, ezért az elkülönítésükkel (szűréssel, derítéssel) nyert anyagok a takarmányozásban felhasználhatók. A sör érlelése során a cefrében elszaporodott élesztő lassan leülepszik. Ennek leszűrésével nyerik a 8-10 % szárazanyag-tartalmú élesztőtejet, mely besűrítésével 20-25 % szárazanyag-tartalmú friss (nedves) sörélesztő keletkezik. Ezt romlékonysága miatt 90 %-os szárazanyag-tartalomig szárítják, így keletkezik a szárított sörélesztő (II.7.9. ábra). A sörélesztő értékes takarmány, közel 50 % nyersfehérjét tartalmaz, gazdag B vitaminokban, a sertés- és baromfi-takarmányozásban használható fel.

A sörtörköly (II.7.9. ábra) az édes cefre leszűrése után marad vissza. A nedves sörtörköly (II.7.12. ábra) szárazanyag-tartalma 20-22 %, nyersfehérje-tartalma 23 %, több értékes aminosavat tartalmaz. Gyorsan megromlik, erjesztéssel, szárítással konzerválják. Húsmarhák etetésére használható fel.



**II.7.9. ábra: Sörlesztő és szárított sörtörköly** (Forrás: Simon László fotói)

Az erjedési iparok melléktermékeként keletkező moslék, törköly és a seprő szerves trágyaként is felhasználható a mezőgazdaságban.

### **II.7.6. Állati eredetű melléktermékek mezőgazdasági hasznosítása**

Az állati eredetű takarmány-alapanyagok (a húsipar és a tejipar melléktermékei) könnyen emészthető készítmények. Nagy a fehérjetartalmuk és kedvező azok biológiai értéke, aminosav-összetétele, elsősorban jelentős lizintartalmuk miatt. A- és B-vitaminokban gazdagok. Az állati eredetű fehérjék a növényi fehérjék hasznosulását is segítik. Színük a sárgásbarnától a vörösbarnáig változhat. Szaguk a termékre jellemző. Nedvességtartalmuk maximum 10-11 % lehet, mert nagyobb nedvességtartalom esetén különböző mikrobiológiai és enzimológiai romlási folyamatok jönnek létre.

Az állati eredetű tápanyagokra főleg a fiatal növedék állatoknak van szüksége. Az állati eredetű alapanyagok általában gyorsan romlanak, a bennük levő zsír könnyen avasodik. A fehérjék kedvezőtlen tárolási körülmények esetén bomlásnak indulnak. A bomlási folyamat során hullamérgek keletkezhetnek, ami az állatokra nézve rendkívül veszélyes. Ezek a termékek a különböző kórokozók jó táptalajai, ezért az állati eredetű alapanyagokat – a felhasználás előtt – gondos minőségi vizsgálatnak kell alávetni (ld. II.12. és II.13. fejezet). Az állati eredetű melléktermékekből készült takarmányok, a jelenleg érvényben lévő szabályozás alapján, korlátozásokkal hasznosíthatóak.

A fontosabb állati eredetű keveréktakarmány-alapanyagok a következők:

– húsliszt, vérliszt, csontliszt, toll-liszt, extrahált tepertőliszt, takarmányzsír, halliszt, tejpor, savó, író.

#### **II.7.6.1. A húsipar melléktermékei, mint takarmány alapanyagok Vegyes állatifehérje-liszt**

A vegyes állatifehérje-liszt (húsliszt, húscsontliszt, csonthúsliszt) (II.7.10. ábra) 3. kategóriába sorolt állati melléktermékekből sterilizálással, zsírtalanítással előállított majd szárított termék. A termék állagában egynemű, finomra darált, zsíros tapintatú, barnás színű takarmányalkotó. Szemcsézettségét jellemzi, hogy 90 %-a a 2 mm átmérőjű, 10 %-a a 3 mm átmérőjű szitán átesik. Antioxidánsal (BHA, BHT) kezelt. Szárazanyag-tartalma min. 90 %, nyersfehérje-tartalma 50, 54 vagy 62 %. A termék fajlagos esszenciális aminosav-tartalma nagy, kalcium- és foszfortartalma jól hasznosul. Mikroelem- és vitamintartalma hozzájárul a keveréktakarmányokban lévő hatóanyagok jobb értékesüléséhez. Hullamentes, kizárólag baromfiipari és sertés vágóhídi melléktermékekből előállított termék. Specifikus kockázati anyagként meghatározott anyagot (SRM) nem tartalmaz. Felhasználható ta-



**II.7.10. ábra: Vegyes állati fehérjeliszt (húsliszt)**  
(Forrás: www.hu.all.biz)

karmányok fehérjetartalmának szükség szerinti beállításához. Az Európai Unión belül élelmiszert termelő állatok takarmányozására jelenleg felhasználni tilos(!), egyes külföldi országokba azonban exportálható.

### **Vérliszt**

A vér szervesanyag-tartalmát csaknem teljesen fehérjék alkotják, mely lizin és leucin aminosavakban kiemelkedően gazdag. A vérliszt (II.7.11. ábra) vágóhidakon felfogott, 3. kategóriába sorolt, kérődzőmentes gazdasági állatok vérből készült, barnás-vörös színű, sterilizált, szárított, aprított termék. Nyersfehérje-tartalma  $88 \pm 2$  %, szárazanyag-tartalma 90 %. A tápokba vérral kijuttatott fehérjetartalom nem haladhatja meg az állat fehérjeszükségletének 15-20 %-át. A baromfi takarmányába 3 %-nál, a sertésébe 4 %-nál többet nem célszerű bekeverni, mert az aminosav-egyensúlyt felborítva csökkenti az étvágyat és ez által a takarmányfelvételt.



**II.7.11. ábra: Vérliszt**  
(Forrás: [www.carpmania.hu](http://www.carpmania.hu))

### **Csontliszt**

Az állatok testsúlyának mintegy 12-18 %-a csont, amely a húsfeldolgozás melléktermékeként keletkezik. Csontlisztet (II.7.12. ábra) nyers csontból, vagy az enyvgyártás maradékeként keletkező főtt csontból lehet gyártani. A nyers állati csont sterilizálásával, zsírtalanításával, szárításával és őrlésével előállított terméket vegyes állaticsont-őrleménynek nevezzük. Az enyvtelenített és extrahált (zsírtalanított) csontból előállított termék a takarmánycsontliszt. A csontliszt (korlátozásokkal!) takarmány-adalékként, vagy kalcium-foszfát tartalma miatt trágyaszerként kerülhet forgalomba. Foszfáttartalma a talajban lassan tárolódik fel.



**II.7.12. ábra: Csontliszt**  
(Forrás: [www.co.all.biz/hu/csontliszt-g16329](http://www.co.all.biz/hu/csontliszt-g16329))

### **Toll-liszt**

A baromfi vágóhidakon nagy tömegben összegyűlő tollnak előzetes feldolgozás nélkül nincs takarmányértéke. A keratin bontásával, nagy nyomás alatt történő főzéssel (vegyszeres, enzimes kezeléssel) majd szárítással, darálással toll-liszt (II.7.13. ábra) állítható elő, mely tisztán aminosavban gazdag. A toll-lisztet 1-2 %-os arányban baromfifélék és kérődzők takarmányozására használják kéntartalmú aminosav forrásként.



**II.7.13. ábra: Toll-liszt**  
([www.ventus-aliance.cz](http://www.ventus-aliance.cz))

### **Tepertőliszt**

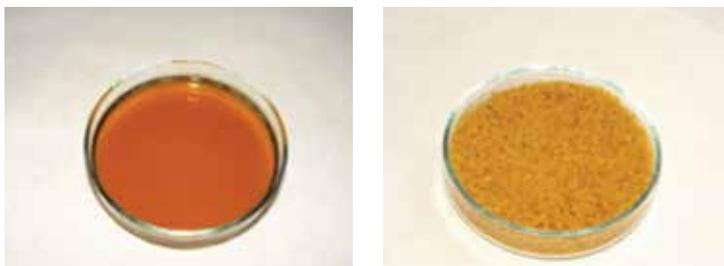
A vágóhidak a sertézsír-olvasztás melléktermékeként kapják a tepertőt. Az emberi fogyasztásra nem kerülő tételeket préselik vagy extrahálják, és darálás után kapott tepertőlisztet (II.7.14. ábra) takarmányként hozzák forgalomba. A tepertő fehérjetartalmának legnagyobb része bőr- és kötőszövetből származik, biológiai értéke tehát a húsliszténél sokkal gyengébb, azonban fehérje- és zsírtartalma jól emészthető. 2-4 %-nál nem nagyobb arányban keverik baromfi- és sertéstápokba.



**II.7.14. ábra: Tepertőliszt**  
([www.ventus-aliance.cz](http://www.ventus-aliance.cz))

### **Takarmányzsír**

A takarmányzsír (II.7.15. ábra) 3-as kategóriába sorolt állati melléktermékekből készül (133 °C hőmérsékleten, 3 bar abszolút nyomáson, min. 20 percig hőkezelik), zsírtartalma min. 97 %. A takarmányzsír sertés és baromfi zsírból készülhet, SRM anyagokat nem tartalmazhat. A tápokba egy menetben is bekeverhető, vagy felületnövelt gabonával keverten zsírpor (II.7.15. ábra) formájában etethető. Elsősorban energia-kiegészítő, minőségét zsírsav-összetétele is befolyásolja. A keveréktakarmányokba csak egészséges állatból származó, és avasodás-gátló anyagokkal (antioxidánsokkal) megfelelően stabilizált zsírt szabad bedolgozni. Általában a baromfi és sertés takarmányához keverve használják fel.



**II.7.15. ábra: Takarmányzsír és zsírpor** (Forrás: [www.atev.hu](http://www.atev.hu))

A technikai zsírt 1-es és 2-es kategóriába sorolt állati melléktermékekből készítik (133 °C hőmérsékleten, 3 bar abszolút nyomáson, min. 20 percig hőkezelik). A vegyiparban, mosószeriparban, illetve biodízel-gyártásra használható fel. Az állatifehérje-feldolgozó üzemekben energiatermelésre alkalmazzák (kazánokban elégetik), fűtőértéke 36 MJ/kg.

### **Halliszt**

A halliszt (II.7.16. ábra) halakból vagy vízi gerinctelen állatokból származó fehérjetartalmú takarmány-alapanyag. Biológiai szempontból a legértékesebb állati eredetű takarmány alapanyagok közé tartozik. Fehérjékben (65-75 %), lizinben, triptofánban, metioninban, valamint kalciumban, foszforban, mikroelemekben és vitaminokban gazdag. A hallisztet vagy egész halakból (pl. tőkehal, hering), vagy a halfeldolgozás során keletkező hulladékból, továbbá a halak kisebb értékű testrészeiből gyártják.

A 10 %-nál nagyobb zsírtartalom káros, mert ilyen esetben a halliszt egyrészt gyorsan avasodik, másrészt a fokozott zsírtartalmú halliszttal etetett állatok húsa és zsírja a halliszt jellegzetes ízét és szagát átveszi. A hallisztek sótartalma nem haladhatja meg a 2-3 %-ot. A hallisztek színe a sárgásbarnától a vörösesbarnáig változik. A halliszt a sertés és baromfi abrakkeverékekbe kerül be 3-5 %-nál nem nagyobb arányban.



**II.7.16. ábra: Halliszt**  
(Forrás: [www.horgasszunk.hu](http://www.horgasszunk.hu))

#### **II.7.6.2. A tejpar melléktermékei, mint takarmány alapanyagok**

A tejiparban alkalmazott technológiáknál (tejfeldolgozás, vaj-, sajt- és túrógyártás) jelentős mennyiségű olyan hulladék keletkezik (tej- és sajtsavó, író), amely tápanyagokban gazdag és így az állatok etetéséhez felhasználható. A sovány tej mellett a fenti anyagokat elsősorban a borjú-, sertés- és baromfitenyésztésben használják fel.

A savó kis fehérjetartalmú (1 %), sertések, baromfik takarmányozásra felhasználható folyadék. Sok benne a B-csoportba tartozó vitamin, jó lizinforrás és cisztin aminosavban is gazdag. A savóban lévő tejcukrot (II.8.7. ábra) élesztőkkel (pl. *Torulopsis utilis*, *Torula casei*, *Saccharomyces fragilis*) lehet asszimiláltatni, és így takarmányélesztőt lehet előállítani. Az élesztősített tejsavó szárítás után kerül be a takarmányokba. A savó szárításával savópor (II.7.17. ábra) készíthető, mely az előző anyagokhoz hasonlóan takarmányozásra használható.

Az író a sertések takarmányozásban használható.

A tejport (II.7.17. ábra) a sovány tej víztartalmának majdnem teljes elpárologtatásával állítják elő, színe fehér vagy sárgásfehér. Porszerű anyag, nedvességtartalma nem haladhatja meg a 10 %-ot. Fehérjeinek nagy a biológiai értéke, elsősorban a baromfi- és a malac nevelőtápokba keverik. Sok tejcukrot tartalmaz, mely nagyobb mennyiségben az állatok hasmenését okozhatja, de elősegíti a csontképződést.



**II.7.17. ábra: Édes savópor és sovány tejpör** (Forrás: Simon László fotói)

### **II.7.7. Élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok komposztálása**

Az élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok azon részéből, melyekből nem lehet sem értékes ipari felhasználásra alkalmas anyagot nyerni, sem a takarmányozásban felhasználni, de szervesanyag-tartalmuk viszonylag nagy, közvetlenül azonban trágyaként nem kerülhetnek kihelyezésre mezőgazdasági művelésű területekre, komposztot készítenek (pl. húsfeldolgozó üzemek, vágóhidak szennyvíztisztítóiból származó iszapok, zsírok, állati melléktermékek feldolgozása során keletkező anyagok stb.; ld. II.7.18. ábra).



**II.7.18. ábra: Állati melléktermékek feldolgozása során keletkező anyagok és települési szennyvíziszap komposztálása** (Forrás: Simon László fotói)

A komposztálás az elkülönítetten gyűjtött biohulladék ellenőrzött körülmények között, oxigén jelenlétében történő autotermikus és termofil biológiai lebontása, mikro- és makroorganizmusok segítségével. A komposzt a biohulladék komposztálással történő hasznosításával keletkező terménövelő anyag, amely a növények tápanyagellátásának, illetve a talaj tápanyag-szolgáltató képességének javítására szolgál. Az eljárás végterméke (általában 3-4 hónap elteltével) 40-50 % nedvességtartalmú, földszerű anyag, mely stabil humuszképző és szervesetlen ásványi anyagokat tartalmaz, így a mezőgazdaság talajjavító anyagként használja fel (23/2003. (XII. 29.) KvVM rendelet).

A komposztálás során lezajló folyamatokról a „Biológiai hulladékkezelés” c. tananyagban található részletes információ.

A hazai vállalkozások tejipari-, konzervipari-, vágóhídi szennyvíziszapokat, zsíros iszapokat, lejárt minőségmegőrzési időtartamú élelmiszereket, állati melléktermékeket, konyhai és étkezési hulladékokat, lejárt minőségmegőrzési időtartamú állateledeleket, állateledek gyártási hulladékait, illetve trágyákat, kommunális szennyvíziszapot és biológiailag lebomló hulladékot (kerti zöld hulladékot) dolgoznak fel komposzttá. A komposztálás célja, hogy a takarmány-alapanyag előállításra alkalmatlan fenti melléktermék és hulladékok ne kerüljenek megsemmisítésre, hanem a szervesanyag-tartalmuk biológiai stabilizálást követően trágyaszerként a talajba juttatva hasznosuljon a mezőgazdaságban.

A fenti élelmiszer-hulladékok és melléktermékek közös (a többi hulladéktól és mellékterméktől megkülönböztető) jellemzője nagy szervesanyag-tartalmuk, változó szilárdanyag-tartalmuk, nagy biológiai és kémiai oxigén-igényük, nagy víztartalmuk és rossz fizikai struktúrájuk. Utóbbi két tulajdonságuk miatt fontos, hogy tömegnövelő, vizet abszorbeáló, lazító szerként szalmával, fűrészporral vagy más szerves anyaggal keverjük össze őket a komposztálás előtt. Ezek a lazító anyagok az optimális szén-nitrogén (30:1) arány beállításához is fontosak.

A Granatur® komposzt nagy nitrogéntartalommal rendelkező, elnyújtott hatású terménövelő trágyázó szer, mely élelmiszer-hulladékokból és melléktermékekből készül szemipermeábilis membrántakarókkal takart, zárt, kényszer-levegőztetett komposztálással. A négy hét intenzív érlelést követően 2-4 hónapig utóérlelik a hasznosításra átvett anyagokat.

A Cofuna® irányított fermentációval előállított szerves humusztrágya, humuszképző talajbaktérium-koncentrátum szerves növényi hordozón (mely lehet olajpogácsa, szőlőtörköly, sörgyártási vagy konzervipari melléktermék), illetve baromfi-, marha- vagy birkatrágyán.

### **II.7.8. Élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok hasznosítása trágyaként**

A nagy szervesanyag-tartalmú anyagok trágyaként történő hasznosítása, az anyagok talajerő-pótlására való felhasználása az élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok esetében is régóta alkalmazott módszer. Az erre alkalmas melléktermékek és hulladékok felhasználásával (illetve a belőlük készült komposztok talajba juttatásával) a talaj szerves és szervesetlen tápanyag-tartalmának egy része kerül visszapótlásra, elősegítve az adott területre telepített növényzet fejlődését, tápanyaggal való ellátását.

A cukorgyártás melléktermékeként keletkező cukorgyári mészszipap (II.7.19. ábra) szikes és savanyú talajok javítására alkalmazható.

Az élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok talajerő-gazdálkodásban való felhasználása kis ráfordítással, gazdaságosan valósítható meg.



**II.7.19. ábra: Cukorgyári mészszipap**  
(Forrás: <http://44101.kz.all.biz/en/agricultural-defecation-mud-g371274#!prettyPhoto/0/>)



Felhasználásuk előnyei:

- nő a talaj szervesanyag-tartalma és mikrobiológiai aktivitása,
- javul a talajok szerkezete, ezzel a víz- és hógazdálkodása,
- csökken a műtrágya-felhasználás, mivel javul a természetes tápanyag-feltáródás,
- csökken a talajművelés energiaigénye.

Az élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok talajba juttatása esetén is be kell tartani a „Helyes mezőgazdasági gyakorlaton” belül az ún. nitrát-rendeletet (59/2008. (IV.29.) FVM rendelet), mely a termőtalajba évente kijuttatható nitrogén-hatóanyag mennyiségét korlátozza, illetve a kijuttatás idejét határolja körül. Amennyiben az élelmiszeripari melléktermékeket és hulladékokat együtt komposztálják települési szennyvíziszappal, be kell tartani a szennyvíziszap összetételére, illetve a kijuttatás időpontjára vonatkozó 50/2001 (IV.3.) kormányrendelet és az azt módosító 40/2008 (II.26.) kormányrendelet előírásait is.

## II.8. Élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok ipari feldolgozása és hasznosítása (Simon László)

A következő fejezetekben az melléktermékek és hulladékok ipari feldolgozását és hasznosítását mutatjuk be.

### II.8.1. Konzerv-, hűtő-, és szárítóipar melléktermékeinek és hulladékainak ipari hasznosítása

A konzerviparban (hűtő- és szárítóiparban) a zöldségek és gyümölcsök feldolgozása során keletkező melléktermékekből és hulladékokból (szár, levél, mag, préselési, szűrési melléktermékek) értékes anyagok (pl. pektin, színező- és aromaanyagok, savak, magolajok) nyerhetők ki.

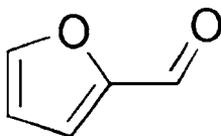
A paradicsomtörköly (II.7.1. ábra) szárított állapotban 54 % magot, 45 % héjat tartalmaz. A szárított mag 23-25 % étkezési olajat, a paradicsomhéj 250 mg/kg karotint ( $\beta$ -karotint és likopint) tartalmaz, mely ipari eljárásokkal kinyerhető. A karotinoidok közé sorolt vegyületek közül a likopin – amit a paradicsom különösen nagy mennyiségben tartalmaz – az egyik leghatékonyabb természetes antioxidáns, sejtvédő hatású. A likopin ipari eljárással kinyerhető a paradicsomtörkölyből.

Az almatörkölyből (II.7.1. ábra) etil-alkohol erjeszthető, illetve enzimes kezeléssel pektin, fementációval pedig citromsav készíthető.

Extrakcióval a paprikamagból kapszaicin, a színes gyümölcsök héjából színanyagok, desztillációval a málna, meggy, alma törkölyéből természetes aromák, savas és lúgos kezeléssel a gyümölcs présmaradékokból cukrok, vegyi eljárással a meggyamagból amigdalín állítható elő. A csonthéjas magvak kemény köpenyét műszénnek dolgozzák fel.

### II.8.2. Malomipar, növényolaj-ipar és a keményítő-gyártás melléktermékeinek és hulladékainak ipari hasznosítása

A kukoricacsutkából és a napraforgómag-héjból (rizs- és zabpelyvából, gyapotmag-héjból) furfurool (furan-aldehid) (II.8.1. ábra) készíthető. A furfurool előállítása növényi pentozán poliszacharidokból történik. Az eljárás során a pentozánok pentozán-monoszacharidokká hasadnak és furfurollá dehidratálódnak. A furfurool több, a műanyag- és gyógyszergyártásban fontos molekula kiindulási alapanyaga.



II.8.1. ábra: Furfurool (Forrás: <http://hu.wikipedia.org/wiki/Furfurool>)

A kukoricacsutka rostjaiból almasav segítségével, illetve különböző baktériumkultúrák fermentálásával xilitol édesítőszer (cukoralkoholt) lehet előállítani.

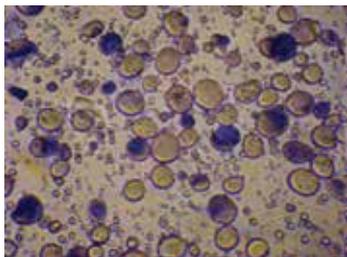
A lecitint (II.8.2. ábra) iparilag nagy mennyiségben, és nagy tisztaságban állítják elő élelmiszeripari és gyógyszerészeti célokra.



**II.8.2. ábra: Lecitin** (Forrás: <http://www.naturalvitamin.hu>)

Fő forrása a szójaolaj, de finomítatlan napraforgó olajból is előállítható. Élelmiszerekben emulgeálószerként és stabilizálószerként (E322) használják (margarin, húsipari, sütőipari termékek, csokoládé).

A burgonyakeményítő előállításakor szintén keletkeznek olyan melléktermékek, melyek speciális technológiákkal értékes termékekké alakíthatók át. A burgonyaléből centrifugálással elválasztható és gőzzel kicsapott fehérjék leválasztása után visszamaradó lével sütőélesztő készíthető. A burgonyapép rostanyagából etil-alkohol, pektin vagy keményítő nyerhető ki. A keményítőből (II.8.3. ábra) további átalakítással egyéb értékes anyagok, citromsav, tejsav állíthatók elő. A keményítőt ételek sűrítésére, tészták készítésére, ipari szőlőcukor előállítására, valamint textíliák keményítéséhez használják fel. A keményítőből csirizt lehet készíteni, amely ragasztóanyag. Keményítőtartalmú anyagokból (pl. kukoricából) keményítősörpöt (glükózsörpöt) és izosörpöt (fruktózsörpöt) is gyártanak.

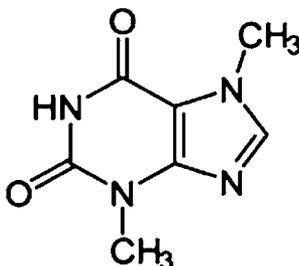


**II.8.3. ábra: Keményítő szemcsék** (Forrás: <http://hu.wikipedia.org/wiki/Keményítő>)

### II.8.3. Cukoripar és édesipar melléktermékeinek és hulladékainak ipari hasznosítása

A cukoriparban az egyik legnagyobb mennyiségben keletkező melléktermék a melasz (II.7.5. ábra) melyet élesztő előállítására, illetve a szesziparban etil-alkohol (szesz) erjesztésére alkalmaznak.

Az édesiparban keletkező kakaóbab héjából (II.7.6. ábra) értékes gyógyszeripari alapanyag, teobromin (II.8.4. ábra) nyerhető. A kakaóban ez az alkaloid 1,5-3 %-ban van jelen. A teobromin vizelethajtó, értágító és szívizomzat tevékenységét fokozó hatású, ezért a gyógyszeriparban különböző készítmények elkészítéséhez használják fel.



**II.8.4. ábra: Teobromin** (Forrás: <http://hu.wikipedia.org/wiki/Teobromin>)

#### II.8.4. Szesz- és boripar melléktermékeinek és hulladékainak ipari hasznosítása

A szeszipar a melasz egyik legnagyobb felhasználója, mivel ez a melléktermék erjesztésre, majd finomszesz-gyártásra kerül. A gyártási folyamatnál keletkező híg moslék (vinasz, II.7.7. ábra) (takarmány) élesztő gyártására használható fel.

A borászati üzemekben nagy mennyiségben keletkező szőlőtörköly (II.7.8. ábra), illetve és borseprő (II.7.8. ábra) feldolgozásakor egyrészt az etil-alkohol, másrészt a borkő kinyerése a cél. A szőlőtörkölyből törkölypálinka is főzhető. A borkősav gyakorlatilag a borkőből nyerhető, és ipari célokra használják fel, mint erős, de nem maró hatású savat. A borkősavat az élelmiszeriparban savanyító-szerként és savanyúságot szabályozó anyagként használják. Komplexképző tulajdonságáráván a borkősav segíti az antioxidánsok működését. Mivel nem köti meg a levegőben levő nedvességet, italporokhoz és pezsgőtablettákhoz is jól használható.

A borkősav előállításán kívül a törkölyből vörös színű antocián-színezékek is kinyerhetők, a szőlőmagból esszenciális zsírsavakban, telítetlen zsírokban gazdag étkezési olajat és cserzőanyagot lehet előállítani.

#### II.8.5. Húsipari melléktermékek ipari alapanyagként történő hasznosítása

A vágóhidakról, húsfeldolgozó üzemekből kikerülő melléktermékekből nem csak takarmányokat, hanem emberi fogyasztásra alkalmas anyagokat, illetve egyéb, iparban hasznosítható termékeket lehet előállítani speciális technológiákkal.

A csontból enyvet (II.8.5. ábra) készítenek, mely a ragasztóiparban kerül felhasználásra. A marhacsontból marhaprotein-extraktum készíthető, melyet az ún. töltelékárak készítéséhez használnak fel.

A vágóhídi vért alvadás-gátlóval keverik, majd alacsony hőmérsékleten centrifugálással plazmára és sűrű vére választják szét. A plazmát tovább kezelik (ultraszűrés, szárítás, csírátlanítás). Nagy fehérjetartalma miatt elsősorban az élelmiszeriparban (töltelék-, kenős-árak, túrókrémek, sajtok, sütőipari termékek gyártása), valamint a kozmetikai iparban (köröm- és hajápoló szerek) használják fel. A sűrű vért homogenizálás után szárítják, értékesítik. A sűrű vérpor szintén az élelmiszeriparban kerül felhasználásra, például a kekszgyártásban.



II.8.5. ábra: Állati eredetű enyv (Forrás: [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Animal\\_glue\\_liquid.jpg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Animal_glue_liquid.jpg))

A szőrhulladékból iparcikkek gyárthatók, elsősorban kefe- és ecsetgyártáshoz használják fel. A csont és lágyrészek együttes feldolgozása során keletkező anyagot levesporok gyártásához használják fel.

A zselatin (II.8.6. ábra) az állatok csontjaiból, irhájából és bőreiből, ináiból, ínhüvelyéből gyártott fehérjék (kollagén) részleges hidrolízisével kapott gélesedő vagy nem gélesedő természetes, oldható fehérje. Sertésbőrből, sertés- és szarvasmarha-csontokból, halakból gyártják. Az élelmiszeriparban, a gyógyszeriparban, a fényképészetben és a kozmetikumokban széles körben alkalmazzák. Élelmiszerekben zselésítő anyagként (E441) használják.



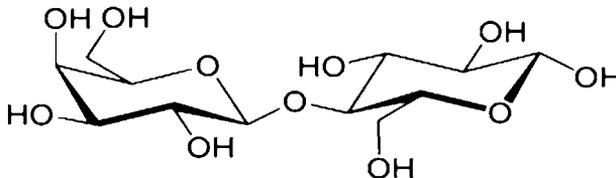
**II.8.5. ábra: Zselatin** (Forrás: [www.cnunitedasia.en.made-in-china.com](http://www.cnunitedasia.en.made-in-china.com))

### II.8.6. A tejipar melléktermékeinek ipari hasznosítása

A tejfeldolgozáskor keletkező melléktermékek közül a legnagyobb mennyiségű a savó. A porlasztva szárított savóport (II.7.17. ábra) 25-40 %-os mennyiségben csecsemő-tápszerekben, 50-70 %-ban levesporokban, 3-10 %-ban pedig sütőipari termékekben és desszertekben hasznosítják. Bekerülhet továbbá a kenyérbe, tésztafélékbe, jégkrémekbe és az ömlesztett sajtokba is. A savópor javítja a fenti termékek ízét, színét és állagát. A savóport takarmányként is hasznosítják (II.7.6.2. fejezet).

Mivel a savó fehérjetartalma (0,7-1,1 %) jelentős, ezért eljárásokat dolgoztak ki a savófehérje koncentrálására. Ily módon a tejből és a savóból oltós vagy savas kazein, kazeinát, kazeint és savófehérjéket együtt tartalmazó ko-precipitátum, hővel koagulálódott, illetve ultraszűréssel előállított savófehérje állítható elő. A kazeinátokat és a precipitátumokat joghurt, kefir, ömlesztett sajt, kis zsirtartalmú kenhető tejtermékek, tejjel készített édes tészták, tejeskávé, kenyér, péksütemény, húskészítmény, desszert, sütemény, leves, mártás, puding, jégkrém és diétás élelmiszerek előállításához használják. A hővel kicsapott savófehérje proteázokkal (pl. tripszinnel) könnyen átalakítható vízzeloldható savófehérje koncentrátummá. Az így készült termék nagy biológiai értékű, fehérjei könnyen emészthetőek, aminosav-összetétele közel optimális. Sajtok (quarg), kultúrával előállított tejtermékek, húskészítmények, sülték, tésztafélék, jégkrémek előállításához lehet felhasználni.

A savóban lévő fehérjék és laktóz (tejcukor) (II.8.7. ábra) kinyerésére több eljárás ismert. A fehérjéket ultraszűréssel, elektrodialízissal vagy ioncserés eljárással választják el, míg a laktózt hidrolízissel dolgozzák fel. A savóból leválasztott fehérjéket tejtermékek sűrítésére (joghurt, fagylalt) vagy salátaöntetek, sajtok elkészítéséhez használják fel (ld. fenn). A hidrolizált laktózt édesítőszerként használják fel édesipari készítményekben, diétás ételekben. Egyéb élelmiszeripari készítményekben (aromák, fűszerek, gyümölcscitalok, gyermektápszerek, majonéz, zöldségkonzervek, stb.) is széles körben használják.



**II.8.7. ábra: Laktóz (tejcukor)** (Forrás: <http://hu.wikipedia.org/wiki/Fájl:Beta-D-Lactose.svg>)

A kazein (II.8.8. ábra) a tej és a sajt legfontosabb fehérjéje (foszfoproteid), kalciumban és foszforban gazdag. Neve a latin caseus – sajt – szóból ered. A kazeinjelentős ipari alapanyag (festékek, ragasztók, első műanyag gombok és csatok, ruhaanyagok, papírgyártás, bőrgyártás, élelmiszeripari adalékok). Különböző fehérjetartalmú táplálék-kiegészítőkben is használják.



**11.8.8. ábra: Kazein**

(Forrás: <http://hu.wikipedia.org/wiki/Fájl:Beta-D-Lactose.svg>)

Az író üdítő hatású ital, jelentős fehérjetartalma miatt sajtgyártáshoz is felhasználható. Tejjel keverve takarmányozásra is felhasználható, sovány tejjel keverve szárítják, porítják. A szárított író tőipari termékekben lehet hasznosítani.

## **II.9. Élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok energetikai hasznosítása** (Simon László, Simándi Péter)

Az energetikai hasznosítás olyan hasznosítási művelet, amelynek során a hulladék energiataralmát kinyerik, ideértve a biológiailag lebomló hulladékból történő energia-előállítás, valamint az olyan anyaggá történő feldolgozást, amelyet üzemanyagként, illetve tüzelőanyagként használnak fel.

A nagy szervesanyag-tartalmú élelmiszeripari hulladékok, ha megfelelő fűtőértékkel rendelkeznek, energetikai célra hasznosíthatók. A hulladékok energetikai célú hasznosítása esetén alapvetően az eljárások két csoportját különböztetjük meg:

1. oxigén kizárásával lejátszódó reakciók,
2. oxigén (levegő) jelenlétében lejátszódó reakciók.

Az oxigén jelenlétében lejátszódó folyamatok a hulladék közvetlen elégetésével szolgáltatnak hőenergiát, míg az anaerob körülmények között lezajló folyamatok esetén mindig energiahordozó keletkezik (pl. biogáz, metanol, pirolízis-olaj, pirolízis-gáz), amelyet egy második lépésben oxidációval alakítanak energiává.

Ha az égetés során keletkező hőenergia több mint 60 %-át hasznosítják (új berendezések esetén 65 %-át), akkor az élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok termikus hasznosításáról ez alatt pedig termikus ártalmatlanításáról beszélünk.

A következő fejezetekben az élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok energetikai hasznosítását mutatjuk be anaerob (biogáz-készítés, pirolízis) és aerob (égetés) körülmények között.

### **II.9.1. Biogáz-előállítás élelmiszeripari melléktermékekből és hulladékokból**

A biogáz metánból, szén-dioxidból és egyéb, nyomokban előforduló gázokból álló keverék, amely a biohulladék elsősorban irányított anaerob lebontásával keletkezik (23/2003. (XII. 29.) KvVM rendelet). A biogáz a természetes eredetű szerves anyagok anaerob rothasztásával nyert gáznemű energiahordozó. Előállításához valamennyi természetes eredetű szerves anyag felhasználható, mely fehérjéket, szénhidrátokat, zsírokat és olajokat tartalmaz. Biogáz kinyerésére csak olyan anyagok alkalmasak, melyek mérgező, toxikus vegyületeket nem tartalmaznak. Az élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok nagy része biogáz-termelésre jól hasznosítható. Biogáz kinyerésre – megfelelő előkészítés után – mind a folyékony, mind a szilárd élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok felhasználhatók. A tejsavó, a tejtermékek gyártási hulladékai, flotátum iszap, vágóhídi húspép, vágóhídi hulladékok, halfeldolgozási hulladékok, zsírfogók iszapja, konzervgyári, hűtőipari, zöldség- és gyümölcs-feldolgozási hulladékok, burgonyahéj, burgonya-feldolgozási maradék, használt étolaj és zsír, étolaj-gyártási melléktermékek, repce- és napraforgó pogácsa, kilúgozott cukorrépa-szelet (részletelesen ld. 10.6. fejezet), kukorica-, sör- és gyümölcstörköly, szeszmoslék, lejárt minőségmegőrzési időtartamú élelmiszerek, éttermi, konyhai hulladékok, a 2. és 3. kategóriába sorolt állati melléktermékek (illetve azok feldolgozása során keletkező egyes köztes termékek), bármely állatból származó bendő-, gyomor- és béltartalom, száraz kenyér, glicerin stb. – megfelelő előkezelést követően – alkalmasak biogáz-üzemben történő hasznosításra, illetve energiatermelésre.

A könnyen lebomló szerves anyagokat (cukrokat, keményítőt, szerves savakat tartalmazó növények) tartalmazó élelmiszeripari melléktermék és hulladék gyorsan átalakítható biogázzá, és a gázhozam is nagy. A különféle élelmiszeripari melléktermékekből és hulladékokból, illetve az élelmiszeripari szennyvizekből kinyerhető biogáz-mennyiségeket az II.9.1., II.9.2. és II.9.3. táblázat mutatja be.

A biogáz-termelés folyamata erősen hőmérsékletfüggő. A hőmérsékleten kívül azonban az alap-

anyag összetétele, a kémhatása és nedvességtartalma szintén befolyásolja a biogáz-termelés hatékonyságát, és a melléktermék/hulladék összetétele a keletkező biogáz energiátartalmát. A bomlás első szakaszában (savas vagy hidrogénfázis) a szénhidrátokból, fehérjékből, zsírokból fermentációs biokémiai folyamat révén bomlástermékek (hidrogén, alkoholok, aminosavak, stb.) keletkeznek. A második szakaszban (lúgos vagy metánfázis) a bomlástermékek metanogén baktériumok segítségével bomlanak, miközben metán, szén-dioxid fejlődik. A metánbaktériumok tevékenysége következtében az anaerob rothasztás alatt szerves hulladékok higienizálása is végbemegy. A coli-baktériumok száma csökkenhet, a kórokozók, férgek, féregpeték és a gyommagvak a fermentáció során nagyrészt elpusztulnak.

A 25-30 napos erjesztési idő után a keletkező gáz összetétele átlagosan 60-65 % metán és 35-40 % szén-dioxid. A biogáz kisebb mennyiségben hidrogént, szén-monoxidot, kén-hidrogént, ammóniát és más gázokat is tartalmaz. Állati melléktermékek feldolgozása esetén a biogáz az átlagosnál több kén-hidrogént tartalmazhat, mely az emberi egészségre veszélyes gáz.

**II.9.1. táblázat: Élelmiszeripari melléktermékekből és kommunális hulladékokból kinyerhető biogáz és metán mennyisége**

(Forrás: <http://www.pointnet.pds.hu/ujtagok/agraragazat/2012/08/20120905230630525000000685.html>)

Alapanyag szubsztrátum	Szárazanyag-tartalom (%)	Biogáz-hozam (m <sup>3</sup> /t)	Metántartalom (%)
<i>Élelmiszeripari melléktermék</i>			
<b>Melasz</b>	80-90	290-340	70-75
<b>Szőlőtörköly</b>	40-50	250-270	65-70
<b>Gyümölcstörköly</b>	25-45	250-280	65-70
<b>Sörtörköly</b>	20-25	100-130	59-60
<b>Gabona szeszmoslék</b>	6-8	30-50	58-65
<i>Kommunális hulladék</i>			
<b>Konyhai élelmiszer-hulladék</b>	9-35	50-480	45-61

**II.9.2. táblázat: Élelmiszeripari melléktermékekből és hulladékokból kinyerhető biogáz mennyisége**

(Forrás: Kónya, 1999 nyomán)

Melléktermék/hulladék megnevezése	Szervesanyag-tartalom (% szárazanyag)	Metánhozam (m <sup>3</sup> /kg szárazanyag)
<b>Cukorrépa szelet</b>	17	0,40-0,42
<b>Burgonyapép</b>	10	0,27-0,29
<b>Burgonyacefre</b>	15	0,29-0,47
<b>Sörtörköly</b>	20	0,37-0,39
<b>Gyümölcstörköly</b>	15	0,29-0,47
<b>Bendőtartalom</b>	12	0,16-0,30



### II.9.3. táblázat: Élelmiszeripari szennyvizekből kinyerhető biogáz mennyisége

(Forrás: Kónya, 1999 nyomán)

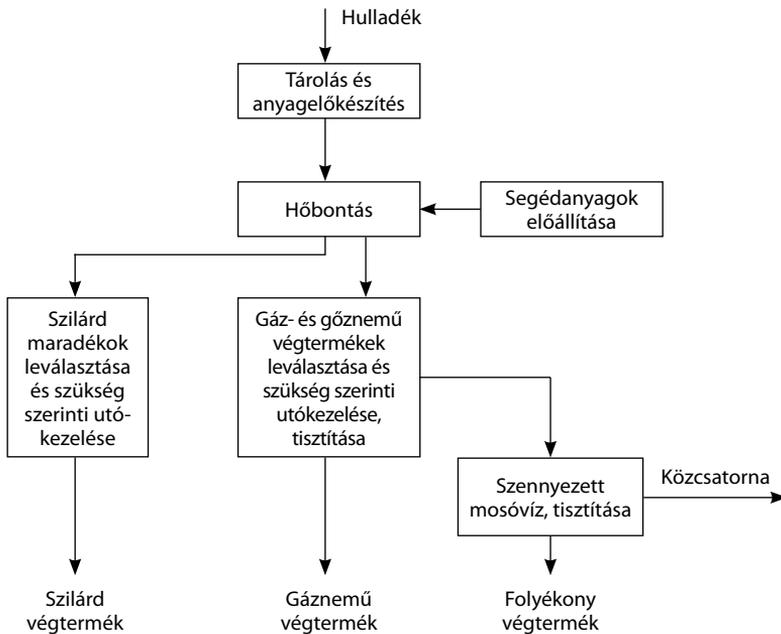
A szennyvíz megnevezése	kg KOI/t	Metánhozam (m <sup>3</sup> /kg KOI)
<b>Cukoripari</b>	7	0,26
<b>Melasz-feldolgozási</b>	215	0,24
<b>Keményítőipari</b>		
- burgonyakeményítő	35	0,28
- búzakeményítő	110	0,31
- kukoricakeményítő	14	0,30
<b>Szeszfőzési</b>		
- burgonyából	60	0,24
- gabonából	190	0,24
<b>Konzervipari (savanyúság gyártás)</b>	16	0,32
<b>Gyümölcsle-gyártási</b>	12	0,22
<b>Tejipari</b>	6	0,26
<b>Húsipari</b>	20	0,23

A biogáz energiatartalma átlagosan 21-25 MJ/m<sup>3</sup>. A keletkező biogáz valamennyi földgáz-tüzelésű készülékben és belső égésű motorban elégethető. Kisnyomású gázként gáztűzhelyek, kazánok, gázlámpák, hűtő-aggregátok és gázmotorok üzemeltetésére alkalmas. A gázmotorok generátorokhoz kapcsoltnak elektromos „zöld energiát” termelnek, amit az elektromos hálózatba táplálnak vissza. A folyamat hűtéséből származó meleg vizet is hasznosítják – részben a technológia fenntartására, részben pedig az üzemhez kapcsolódó irodaépület és szociális helyiségek fűtésére, meleg víz előállításra. A fermentálás után visszamaradt kirohadt masszát (ún. biotrágyát), illetve biogáz-üzemi fermentlevet a környező szántóföldek tápanyag-utánpótlására fordítják.

### II.9.2. Élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok pirolitikus hőbontása

A termikus hulladékkezelési eljárások közé tartozó pirolízisnek (termolízisnek) az oxigénszegény vagy oxigénmentes redukzív környezetben, különböző hőmérsékleteken történő hőbontást nevezük, amely endoterm folyamat.

A hőbontás lényege, hogy a melléktermék/hulladék szervesanyag-tartalma oxigénhiányos vagy oxigénmentes környezetben, hő hatására vegyi bomlásra megy keresztül. A hőbontás (pirolízis) során gáznemű (pirolízis gáz), folyékony (pirolízis olaj) és szilárd anyagok (pirolízis koks) keletkeznek (II.9.1. és II.9.2. ábra), melyek mennyisége és egymáshoz viszonyított aránya a feldolgozásra kerülő melléktermékek/hulladékok összetételétől (szervesanyag-tartalom), az alkalmazott hőbontási eljárástól valamint a fizikai-kémiai paramétereiktől (hőmérséklet, reakcióidő, felfűtési idő, darabosság, szemcseméret, hőátadás stb.) függ.



**II.9.1. ábra: A hőbontás általános technológiai folyamata**  
(Forrás: Kónya, 1999 nyomán)



**II.9.2. ábra: Pírolízis során képződő termékek, háttérben a pírolizált növényi szárrészek**  
(Forrás: <http://www.naturzona.hu/szakteruletek/pírolízis>)

A pírolízis fizikai és kémiai részfolyamatok összessége. A hőbontásra leggyakrabban alkalmazott hőmérséklettartomány a 450-950 °C. Kis hőmérsékletű reaktorokban (450-600 °C) a keletkező végtermék nagyobb része nagy széntartalmú szilárd anyag, illetve píroolaj, míg a gáztermelés kisebb mértékű. A közepes reakcióhőmérsékletű (600-800 °C) reaktorokból kikerülő végtermékek nagyobb része gáz halmazállapotú, míg a szilárd maradék és olaj, kátrány aránya jóval kisebb. A nagy hőmérsékleten üzemelő reaktorokból (800-1100 °C) pedig elsősorban gáznemű anyagok képződnek, az esetlegesen keletkező szilárd maradék széntartalma pedig jelentősen lecsökken.

A hulladékok hőbontására négy féle reaktortípust használnak, melyek működésüktől függően lehetnek: vertikális vagy aknás, horizontális fix, forgódobos és fluidizációs reaktorok.

A hőbontás során alkalmazott eljárásoktól függően a keletkező végtermékgáznemű (metán, egyéb szénhidrogének, szén-monoxid, szén-dioxid stb.), folyékony (olaj metanol, fenol, toluol stb. tartalommal, szerves savakat tartalmazó bomlási víz) és szilárdanyag (faszén, pirolízis koks). A keletkezett termékek összetételét, részarányát elsősorban az alkalmazott hőmérséklet határozza meg.

A pirolízis termékek hasznosítására három lehetőség van:

- a keletkezett termékeket (pirolízis olaj, pirolízis gáz, pirolízis koks) energiahordozóként egy következő lépésben oxidációval alakítják energiává, vagyis elégetik;
- a folyamatot úgy alakítják, hogy szintézisgáz keletkezzen, amit vegyipari másodnyersanyagként használnak fel. A hőbontás során keletkező szintézisgázból ( $\text{CO} + \text{H}_2$ ) heterogén katalitikus eljárásokkal hidrogén, metanol, alkoholok és üzemanyagok állíthatók elő. A szintézisgáz nagy aromás szénhidrogén-tartalma ún. krakkolóban bontható el szén-monoxidra és hidrogénre;
- a keletkezett termékeket egyéb célokra alkalmazzák (pl. talajjavítás szilárd, szénben dús maradvékkel; ún. bioszén (angolul biochar), fakonzerválás vizes maradvékkel; a granulált salakoldvadék építőipari adalékanyagként történő felhasználása stb.).

Az élelmiszeripari és mezőgazdasági melléktermékek/hulladékok szervesanyag-tartalma nagy, ezért viszonylag jó hatásokkal alakíthatóak át pirolízis gázzá. A zárt térben, nagy hőmérsékleten végzett hőbontáskor keletkező gázok elsősorban energetikailag hasznosíthatók, helyben történő elégetéssel. A növényi eredetű élelmiszeripari és mezőgazdasági hulladékok közül a sok cellulózt tartalmazó, illetve nagy szervesanyag-tartalmú hulladékok kerülhetnek hőbontásra (pl. rizshéj, dióhéj, mogyoróhéj, ocsú, kukoricatorzsa, kókuszrost, fahulladék, szalma stb.). A hulladékok átlag 85 %-os hatásokkal alakíthatók át pirolízis gázzá, melynek fűtőértéke 5-7,5 MJ/m<sup>3</sup> (ez a földgáz fűtőértékének mintegy 14-20 %-a). A pirolízis során keletkező szilárd anyag (bioszén) fűtőértéke hasonló a lignitéhez, a folyadékoké pedig a metanolhoz vagy az etanolhoz hasonló.

Napjainkban egyre nagyobb jelentőségre tesz szert a kizárólag élelmiszeripari melléktermékből/hulladékból előállított bioszén (biochar) mezőgazdasági hasznosítása. A bioszén növényi vagy állati biomasszából pirolízis útján előállított stabil széntartalmú anyag, melynek alkalmazását hatósági előírások szabályozzák.

A növényi alapú bioszén (Plant Based Biochar – PBC) stabil széntartalmú anyag, mely nagy mennyiségben tartalmaz növényi eredetű mikro- és mezopórusokat, viszonylag nagy a víztartó képessége, valamint a tápanyag-megtartó és szén-megkötése, de nincs a talaj tápanyag-ellátására hatással. Előállítása 450–550 °C-on, redukzív körülmények között történik, közel zéró emisszió mellett. Talajjavítóként alkalmazzák; felhasználási dózisa 5000 kg/ha, de indokolt esetben elérheti a 20 000 kg/ha-t is.

Az állati csont bioszén (Animal Bone Biochar – ABC) nagy kalciumfoszfát-tartalmú apatit ásvány (30 %  $\text{P}_2\text{O}_5$ ), kis széntartalmú makropórusos anyag, mely a talajban lassan feltáródó foszfát-trágya.



**II.9.3. ábra: Bioszén és „3R” zéró emissziós pirolízis berendezés az ABC bioszén gyártására**

(Forrás: [http://refertil.info/public/public\\_upload/files//REFERTIL\\_newsletter\\_biochar\\_edition\\_March2014\\_HU.pdf](http://refertil.info/public/public_upload/files//REFERTIL_newsletter_biochar_edition_March2014_HU.pdf) és Edward Someus, 2014)

Optimális feltételeket biztosít a talaj mikrobiológiai élete számára, és a makromolekuláris szerves tápanyagok megkötésére. Előállítás 3. kategóriába tartozó csontokból 500-650 °C-on redukív körülmények között, szénestési eljárással történik (II.9.3. ábra), közel zéró emisszió mellett. Az „ABC” elsősorban a természetes csont szervesetlen alkotóit, a szenet és a hidroxipapatitot tartalmazza. Felhasználása kis dózisban történik (200-600 kg/hektár), de indokolt esetekben akár 1000 kg/ha is lehet.

A 2. és a 3. kategóriába tartozó állati melléktermékeket Brookes gázosítóban kell kezelni, melyet a 142/2011/EU rendelet ír elő. Az eljárásról részletes információk találhatóak ebben a rendeletben.

### II.9.3. Az élelmiszeripari hulladékok égetése

A nagy szervesanyag-tartalmú, szilárd vagy iszapszerű élelmiszeripari hulladékok – amennyiben hasznosításukra más módon nincs lehetőség – égetéssel (teljes oxidációval) hasznosíthatók vagy ártalmatlaníthatók. Égetéssel igen sokféle típusú és összetételű, minőségű hulladék hasznosítható, illetve ártalmatlanítható. A minél jobb hatásfokú égetés érdekében azonban megfelelő feltételeket, körülményeket (hőmérséklet, levegőszükséglet, füstgáz tartózkodási idő) kell biztosítani a tüzélerendezésekben.

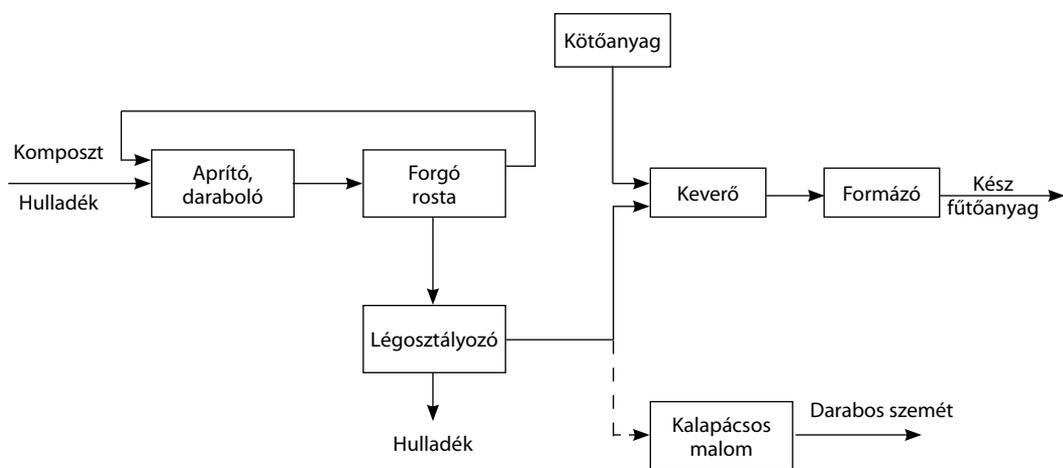
A hulladékok elégetéséhez elsősorban kalorikus tulajdonságaikat szükséges ismerni (pl. fűtőérték, víztartalom, hamutartalom, éghető anyagtartalom). A kalorikus tulajdonságok között szoros összefüggés van, melyek az égetést befolyásolják.

Szilárd hulladékok önálló égethetőségének feltétele, hogy fűtőértékük legalább 8 MJ/kg, éghetőanyag-tartalmuk pedig 30-50 % legyen. A folyékony és iszapszerű hulladékok fűtőértéke, éghetőanyag-tartalma, hamutartalma igen tág határok között mozog, azonban bizonyos szélső értéket teljesíteni kell ahhoz, hogy a hulladék elégethető legyen.

A hulladékok előkezelésével, előkészítésével (II.9.4. ábra) energetikailag kedvezőbbé tehető az elégetésük. Az előkezelési műveletek általában fizikai-mechanikai jellegűek, és a következők lehetnek:

- őrlés, aprítás,
- nedvességtartalom csökkentése szárítással,
- sajtolás,
- összekeverés nagyobb fűtőértékű anyagokkal.

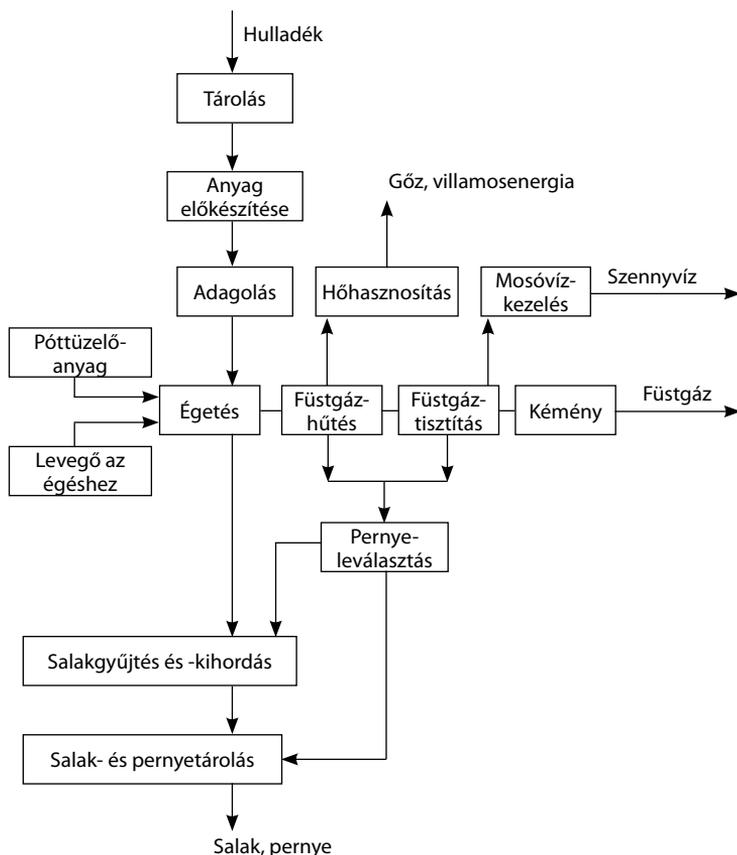
Ezek a folyamatok azonban jelentős energia-befektetéssel járnak. A fenti műveletekkel az égetésre alkalmas hulladékokból tüzelőanyagot állítanak elő (II.9.4. ábra).



**II.9.4. ábra: Hulladékokból történő tüzelőanyag-előállítás folyamata**  
(Forrás: Árvai, 1993 és Kónya, 1999 nyomán)

A tüzelőanyag előállítás történhet brikettálással (pl. a furfurolgyártás melléktermékének, a furfurol korpának a brikettálása) és pelletizálással. A tüzelőanyag (brikett, pellet) szilárd halmazállapotú és hagyományos kazánokban is elégethető.

Az II.9.5. ábrán mutatjuk be a hulladékégetés általános technológiai sémáját. Az élelmiszeripari hulladékok égetése alapjaiban nem tér el az egyéb hulladékokétól. Az élelmiszeripari hulladékok egy részének (nagy víztartalom, kis fűtőérték) elégetésekor a megfelelő tüzeléstechnikai körülmények biztosítása érdekében tüzelőanyaggal (olaj, gáz póttüzelőanyag) működő égők üzemeltetése szükséges.



**II.9.5. ábra: A hulladékégetés technológiai folyamata**  
(Forrás: Árvai, 1993 nyomán)

Az élelmiszeripari hulladékok elégetésére a legtöbb szilárd tüzelőanyaggal üzemelő berendezés alkalmas. Ennek ellenére célszerű speciálisan hulladékok égetésére kiépített berendezéseket használni, mivel e rendszereknél az üzemeltetés, az égési folyamatok szabályozása révén az égés hatásfoka is jelentősen javul. A hulladékok elégetésére igen sokféle berendezés ismert és adott hulladék tulajdonságaitól függ, hogy melyik kerül alkalmazásra. A hulladékok égetésére alkalmas berendezéseknél megkülönböztetünk rostéllyal rendelkezőket és rostély nélkülieket. A rostéllyal rendelkező berendezések a szilárd és speciális esetben iszapszerű hulladékok, a rostély nélküliek pedig folyékony és iszapszerű hulladékok elégetésére használatosak. A hulladékégető berendezéseknél a megfelelő rendszer kiválasztása mellett ugyanolyan fontossággal bír a füstgáztisztító

rendszer is. Az égetéskor ugyanis jelentős mennyiségben képződnek égéstermékek, melyek egy része a környezeti levegőbe kerülve szennyezik azt. A légszennyezés minimális értékre való csökkentése érdekében ezért nagy hatékonyságú füstgáztisztító berendezéseket szükséges alkalmazni. A füstgáztisztítás mellett foglalkozni kell a keletkező pernye, hamu és salak összegyűjtésével (II.9.5. ábra) és elhelyezésével, ami – ha nem veszélyes hulladék égetéséből származik – kommunális hulladéklerakó telepeken kerül elhelyezésre.

Az élelmiszeripari hulladékok egy részéből oxidációval, vagyis az anyag elégetésével lehet energiát nyerni. A legelterjedtebb megoldás, amikor a hőenergiát fűtésre, melegvíz-előállításra használják fel. A növényolaj-üzemekben vagy biodízel-üzemekben keletkező napraforgómag héj helyben elégethető (II.9.6. ábra) energia-előállítás céljából, illetve tüzipellet készíthető belőle.



**II.9.6. ábra: Napraforgó héj elégetése egy biodízel üzemben**  
(Forrás: Simon László fotója)

A sörtörköly égetésének technológiáját egy sörgyárban egy későbbi fejezetben ismertetjük. A rizshéj és a kukoricacsutka elégetésével is energiát fejlesztenek, pl. gabonaszárítók, biomassa-erőművek üzemeltetéséhez. A rizshéj elégetésével keletkezett rizshamu nagy szilíciumtartalma miatt sokoldalúan felhasználható ipari célra, pl. cementgyártáshoz, hőszigeteléshez, olajszármazékok és vegyszerek felítatásához, illetve talajjavító szerként. A szeszföldékben a cefrézés során leválasztott csonthéjas magvak elégetésével a lepárláshoz energia fejleszthető.

A hulladékok termikus kezelésével, így az égetéssel és a pirolízissal egyaránt a 29/2014 (XI. 28.) FM rendelet foglalkozik, amely részletesen szabályozza a hulladékok égetésének műszaki követelményeit, működési feltételeit és a hulladékégetés technológiai kibocsátási határértékeit. A rendelet hatálya nem terjed ki a nem szennyezett, az élelmiszer-feldolgozó iparból származó növényi hulladékot kezelő létesítményekre, ha az égetéskor keletkező hő hasznosításra kerül.

Az állati melléktermékek különleges kezelést igényelnek. A három kategóriába sorolt állati mellékterméket veszélyességüktől függően égetőműben történő égetéssel, vagy hőkezelést követően égetéssel vagy együttégetéssel kell ártalmatlanítani, illetve hasznosítani. A 1069/2009/EK rendelet alapján az állati melléktermékeknek vagy az azokból származó termékeknek az égetés során fűtőanyagként való használata engedélyezett, és nem számít hulladékártalmatlanítási műveletnek. Az állati hulladékok termikus hasznosításának és ártalmatlanításának technológiáit (húslisztek égetése, állati hullák hamvasztása) egy későbbi fejezetben mutatjuk be.

## **II.10. Élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok hasznosításának és ártalmatlanításának technológiái (Szöllősi István, Simon László, Simándi Péter, Kovács Attila József, Nagyné Szendefy Judit, Uri Zsuzsanna)**

A következő fejezetekben a növényi és állati eredetű élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok hasznosításának és ártalmatlanításának technológiáit mutatjuk be. Ismertetjük az állati eredetű melléktermékek és egyéb élelmiszeripari hulladékok komposztálását (mezőgazdasági célra történő hasznosításának előkészítését), a növényi eredetű melléktermékek ipari hasznosítását karotinoidok, színyanyagok, diétás rostok, pektin és fehérjék kinyerésére, a kenyérhulladék ipari hasznosítását fermentációval, az élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok ipari hasznosítását biológiailag lebomló csomagolóanyagok előállítására, a húsipar melléktermékeinek ipari hasznosítását hús-, csont-, toll- és vérliszt-előállítás céljából, a cukorrépa-szelet energetikai hasznosítását biogáz előállításával, a sörtörköly energetikai hasznosítását étetéssel, valamint az állati eredetű melléktermékek, illetve állati hullák termikus ártalmatlanítását étetéssel.

### **II.10.1. Növényi eredetű melléktermékek hasznosítása karotinoidok, színyanyagok, diétás rostok, pektin és fehérjék kinyerésére**

Az élelmiszeripari feldolgozás során keletkező növényi eredetű melléktermékek gazdagok diétás rostokban, néhány közülük jelentős mennyiségben tartalmaz színyanyagokat, antioxidánsokat és más, az emberi egészségre jótékony hatást gyakorló vegyületeket. Az olajos magvak préselése, extrakciója után keletkező darákban jelentős mennyiségű fehérje, protein található.

A legtöbb továbbhasznosítható növényi eredetű melléktermék a burgonya, szőlő, citrusfélék, paradicsom, főzöbanán, sárgarépa, alma, illetve kisebb mennyiségben a körte, barack és a kivi feldolgozása során keletkezik világviszonylatban. Fontos jelentősége van az olajos növények (elsősorban a szója), feldolgozása során keletkező présmaradványok, extrahált darák hasznosításának.

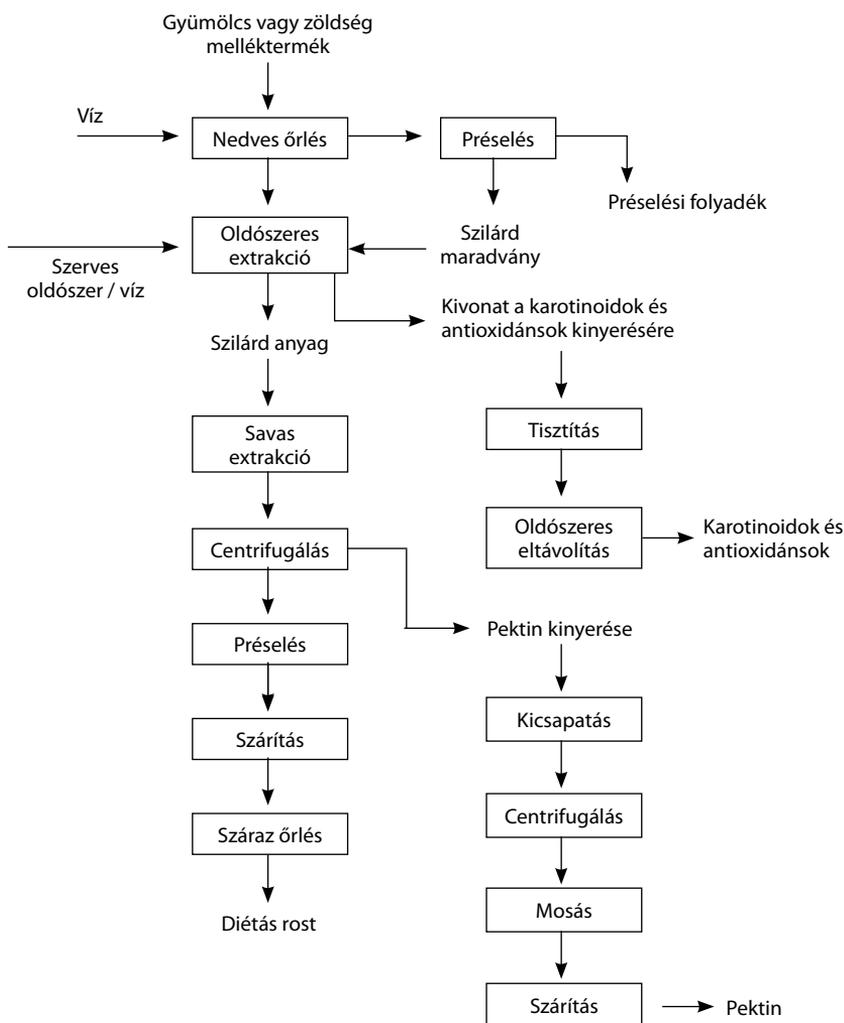
A diétás rostok oligoszacharidok, poliszacharidok és hidrofil származékok, melyet az emberi szervezet nem képes megemésztetni. A diétás rostokban többféle vegyület; cellulóz, hemicellulóz, pektin, gumianyagok és lignin fordul elő. A diétás rostokat vízben oldódó (pektin, gumianyagok) és vízben nem oldódó (cellulóz, a legtöbb hemicellulóz és a lignin tartozik ide) csoportra oszthatjuk. A diétás rostok fogyasztása mérsékeli az érlelmeszesedés kialakulásának kockázatát. A vízben oldódó diétás rostok lecsökkentik a vér koleszterinszintjét. Az élelmiszerekhez adott diétás rostok megváltoztatják az adott termék textúráját (állagát), mivel szerkezetmódosító, illetve -stabilizáló hatásuk van. Elsősorban a vízben oldódó diétás rostok stabilizálják az élelmiszerek szerkezetét azzal, hogy gélt képeznek, vagy besűrítik a folyékony fázist. A vízben nem oldódó diétás rostok megnövelik az élelmiszerek szilárdságát, illetve zsírkötő-képességét.

Az élelmiszeripari melléktermékekből kinyerhető szerves mikro-tápanyagok közül kiemelkedő jelentősége van a karotinoidoknak és a polifenoloknak. A karotinoidokat elsősorban természetes élelmiszerszínezékként alkalmazzák, néhányuknak (pl. a  $\beta$ -karotinnak, a  $\beta$ -apokarotenalnak) A-vitamin és antioxidáns hatása is van. A polifenolok sejtvédő hatású antioxidánsok, mivel megkötik, közömbösítik a lipidek, proteinek és a DNS oxidációját okozó szabad gyököket, megelőzve ezzel sok betegség kialakulását. Az antioxidánsoknak mikroba-, trombozís-, mutáció- és rákellenes hatást is tulajdonítanak.

Közismert, hogy az emberi szervezetnek jelentős mennyiségű proteinre, fehérjére van szüksége,

melyet előnyösebb növények (gabonafélék, hüvelyesek, olajos magvak) és nem állatok húsával a szervezetünkbe bevinni. Napjainkra több növényi melléktermékből összeállított proteinkészítmény (lisztek, koncentrátumok, izolátumok) jelent meg az élelmiszerekben, mivel kedvező hatást gyakorolnak a tápértékre, az érzékszervi és funkcionális tulajdonságokra. Proteinkészítményeket alkalmaznak dúsítóanyagként a húskészítményekben, vagy a gyógytáp-italokban is. Szójaprotein készítményeket nagy mennyiségben használnak fel sajtutáncatok, tejszínhabok, szójatej és pékáruk gyártásához.

Napjainkban már egyre több az ún. egészségtudatos vásárló, nő a kereslet az élettanilag fontos tápanyagokkal dúsított (ún. funkcionális) élelmiszerek iránt. Az ilyen élelmiszerek előállításában egyre fontosabb szerepet játszanak az élelmiszeripari melléktermékekben található természetes összetevők, melyek specifikus, diétás és funkcionális hatást gyakorolnak az emberi szervezetre és egészségre.



**II.10.1. ábra: Gyümölcs vagy zöldség melléktermékek feldolgozásának folyamatábrája karotinoidok, anitoxidánsok és pektin kinyerése céljából** (Forrás: Oreopoulou és Tzia, 2007 nyomán)



### **II.10.1.1. Karotinoidok, színyanyagok, antioxidánsok, diétás rostok és pektin kinyerése**

A II.10.1. ábrán a különféle gyümölcsökből, gyümölcshéjból vagy zöldség melléktermékekből kinyerhető, a humán táplálékba bejuttatható és ott funkcionális hatást kifejtő vegyületek előállításának általános sémáját mutatjuk be.

A karotinoidokat főleg sárgarépa törkölyből, narancshéjból és paradicsomtörkölyből nyerik ki. A szerves oldószerek közül a leghatékonyabb az aceton, az etil-alkohol, a petróleum-éter, illetve a hexán alkalmazása. A kinyert karotinoidokat több lépésben oldószer-mentesítik, illetve tisztítják.

A színyanyagokat porlasztva szárítással, illetve fagyasztva szárítással lehet kinyerni a sárgarépa pépből. Antocianinokat állítanak elő a szőlőtörkölyből, illetve a banán fellevelekből.

Antioxidánsok ( tokoferolok, flavonoidok, kumarinok, fahéjsav származékok, chalkonok, fenolos diterpének, fenolsavak) találhatóak a szőlőhéjban és magokban, a citrushéjban és -pépben, az almatörkölyben, a burgonyahéjban, a babhüvelyben, illetve a hagymafeldolgozás melléktermékeiben. Az olajos növények présmaradékai, az olívbogyó prés pogácsája, illetve az egyes cereáliák feldolgozása során keletkező melléktermékek szintén gazdagok lehetnek antioxidánsokban. Apoláris oldószerekkel (hexán, petróleum-éter) vonhatóak ki a tokoferolok és egyes polifenolos terpének. Etil-éterrel és etil-acetáttal hatékonyan nyerhetőek ki a flavonoid aglikonok, a kismolekulájú fenolok és a fenolsavak. A nagyobb polaritással rendelkező etil-alkohollal, illetve etil-alkohol és víz elegyével a flavonoid glükozidák, a nagy molekulatömegű fenolok is kivonhatóak.

A biológiailag aktív anyagokban (karotinoidok, antioxidánsok) gazdag diétás rostoka citrushéjból vagy a szőlőtörkölyből nyerhető ki örlés, meleg vízzel történő mosás, préssel történő víztelenítés, kíméletes szárítás és a kapott porszerű anyag kívánt szemcseméretre történő aprítása után (ld. II.10.1. ábra).

A pektin (II.10.2. ábra) a vízben oldódó diétás rostok közé tartozik, és kiváló gél képző, zselírozó tulajdonságokkal rendelkezik. Az élelmiszeripar nagy mennyiségben használja pl. lekvárok készítésére.



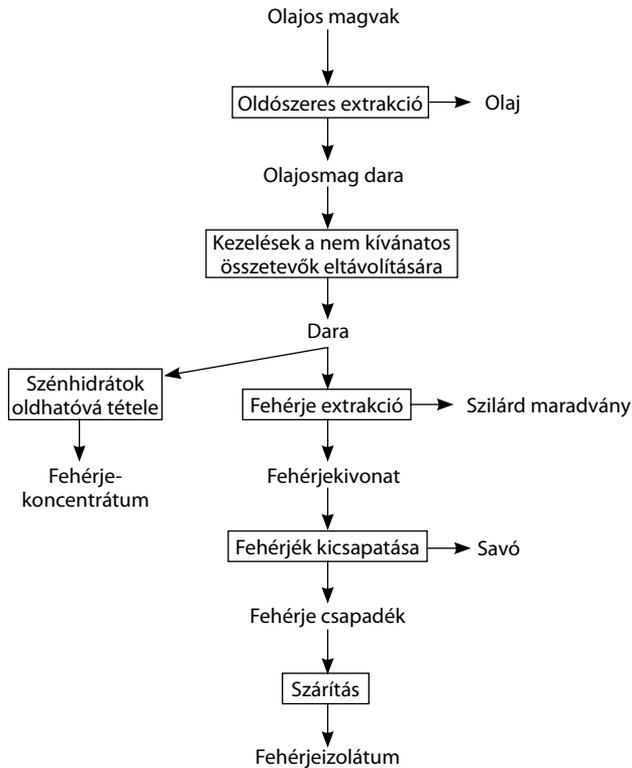
**II.10.2. ábra: Citruspektin** (Forrás: Simon László fotója)

Kinyerése általában citrushéjból és almatörkölyből történik, de őszibarack törkölyből vagy más gyümölcsök melléktermékeiből is lehetséges. A pektin extrakciója általában híg és forró sósav vagy salétromsav segítségével történik. Az extraktumot szűrővel elválasztják a szilárd maradéktól, az oldatot vákuumban besűritik, és a pektint etil-alkohol vagy propil-alkohol segítségével kicsapják. A kicsapott pektin centrifugálás utáni tisztítása savas, lúgos, majd semleges kémhatású alkohollal történő mosással valósul meg. A terméket kis (50 °C körüli) hőmérsékleten szárítják vákuum vagy atmoszférikus szárítótkban, illetve porlasztva szárítótkban (II.10.1. ábra).

### **II.10.1.2. Fehérjék kinyerése**

A II.10.3. ábrán az olajos magvak komplett hasznosítását mutatjuk be; a növényi olajok kinyerése

mellett különféle fehérjekészítmények is előállíthatóak a folyamat során. Alapvetően kétféle módszer alakult ki a fehérjék (proteinek) kinyerésére; vagy a nem fehérje jellegű összetevők eltávolításával tisztítják a proteineket, vagy a fehérjéket extrakciót követő tisztítással, kicsapatással különítik el.



**II.10.3. ábra: Az olajos magvak feldolgozásának folyamata fehérjék kinyerése céljából**  
(Forrás: Oreopoulou és Tzia, 2007 nyomán)

A proteinkészítményeket fehérjetartalmuk alapján lehet kategorizálni: a fehérjelisztek (darák) kb. 50 %, a fehérjekoncentrátumok kb. 70 %, a fehérjeizolátumok pedig több mint 95 %-os proteintartalommal rendelkeznek.

A fenti készítményeket a legnagyobb mennyiségben szójaból állítják elő világviszonylatban, azonban más olajos növényeket (napraforgó, gyapot, lenmag), extrahált olajdarákat, a paradicsom- és gyümölcsfeldolgozás melléktermékeit is fel lehet ilyen célra használni.

A fehérjelisztek és extraháltolajosmag darák az olajkinyerés során keletkeznek. Az olajat a megtisztított és előkészített magvakból préselés és oldószer (pl. hexán) segítségével nyerik ki. Az oldószer maradványokat gőz segítségével távolítják el, majd a pelyheket 93 °C fölé melegítik (toaszterezik, „pirítják”) az enzim-inhibitorok (pl. a szójában található tripszin-inhibitor) blokkolása céljából. A proteinek denaturációját vákuum segítségével akadályozzák meg. A toaszterezett sötétebb pelyheket állati takarmányként hasznosítják, a kíméletesebben (vákuum segítségével) előállított világosabb színű pelyheket pedig emberi táplálékokban használják fel. A megszártott darákat a kívánt részecskeméret eléréséig kalapácsos malmokkal felaprítják.

Az oldószeres extrakció elhagyásával teljes zsírtartalmú darákat is elő lehet állítani, illetve a zsír egy részét vagy a lecitint a darákba vissza lehet juttatni. A zsírtalanított szójadara jellemzően 53 % proteint és kevesebb, mint 1 % nyerszsírt tartalmaz, míg a teljes zsírtartalmú szójadarákban 41,5 %

fehérje és 18-25 % zsír található.

A fehérjekoncentrátumok gyártása során a darákból eltávolítják a szénhidrátokat, sókat és más kis molekulatömegű összetevőket, feldúsítva ezzel az oldhatatlan proteineket. A zsírtalanított darákat felaprítják és a fenti anyagokat víz és alkohol (metil-alkohol, etil-alkohol, izopropil-alkohol) elegyével, híg savas oldattal, a pelyhek pirításával vagy forró vízzel vonják ki. A fenti eljárásokkal kapott fehérjekoncentrátumok érzékszervi tulajdonságai javulnak, proteintartalmuk jellemzően 70-72 %. Általában 1000 kg pehelyből 750 kg proteinkoncentrátum állítható elő.

A fehérjeizolátumok előállításánál extrakciót követő tisztítással vonják ki a proteineket a magdarákból. A fehérjekoncentrátumok gyártásával ellentétben a fehérjéket kioldják a magdarákból, míg a nem kívánatos anyagok a szilárd fázisban maradnak. A fehérjeizolátumokat általában a zsírtalanított magdarákból állítják elő, habár teljes zsírtartalmú pogácsákból is készülhetnek. Gyártásuk során jellemzően a főbb lépések a következők: a fehérjék kivonása, a fehérjék kicsapása, a kicsapott fehérjék szárítása. Az extrakció általában olyan meleg vízzel történik, melynek kémhatását lúgos vegyületekkel (NaOH, Ca(OH)<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>) pH 8-10-re emelik. A legtöbb szójaprotein ilyen oldattal kivonható. A fehérjeizolátumok proteintartalma meghaladja a 90 %-ot, ízük, illatuk, színük megfelelő, toxikus, vagy antinutritív anyagokat nem tartalmaznak. A kiindulási mennyiség 1/3-ból készíthető fehérjeizolátum; 1000 kg olajosmag darából 300-350 kg állítható elő.

## II.10.2. Kenyérhulladék hasznosítása fermentációval

Az összes elfogyasztott élelmiszer, illetve takarmány több mint a felét cereáliák (gabonafélék) képezik. Éves szinten több mint 2 milliárd tonna cereáliát termesztünk, melynek 1/3-át a búza képezi. A búzából búzalisztet őrölnek, melyből víz, adalékanyagok és élesztőgombák segítségével kelt tésztát, majd sütéssel kenyeret állítanak elő. Világviszonylatban a pékáruk – és azon belül a kenyérfélék – a legnagyobb mennyiségben elpazarolt élelmiszerek közé tartoznak.

A felgyorsított, nagyüzemi technológiának is köszönhetően a kenyér már 1-3 napon belül vesz elönnyös érzékszervi tulajdonságaiból; kiszárad, illetve mikrobiális rothadásnak indul. A kenyér száradása, öregedése a nedvességvesztés mellett a keményítő átalakulásának, ún. retrogradációjának köszönhető. A kenyérben található szénhidrátok (melynek túlnyomó része keményítő), víz és fehérjék nem csak az ember számára emészthetőek könnyen, hanem a mikrobák számára is könnyen hasznosíthatóak. A kenyér rothadását elsősorban a *Penicillium*, *Aspergillus*, *Cladosporium*, *Mucorales* és *Neurospora* nemzetségekbe tartozó penészgombák okozzák. A mikrobiális rothadás tartósítószerrel (pl. propionsav, szorbinsav) lassítható, illetve megakadályozható ugyan, de az ilyen termékektől idegenkednek a fogyasztók. A kenyér penészesedése felgyorsul, ha azt műanyag tasakokban tárolják, ahonnan a kenyérből származó víz nem tud elpárologni. A pékáruk 1-5 % a mikrobiális rothadás miatt megveszendőbe. A fenti folyamatok miatt sok kenyér és péksütemény kerül a háztartási hulladékba, még abban az esetben is, amikor azok még nem tartalmaznak az egészségre ártalmas anyagokat.

Éves szinten mintegy 100 millió tonna pékáru állítanak elő a világon. A kenyér- és más pékáru-hulladék (II.10.4. ábra) a pékségekben, a kereskedelmi egységekben, vendéglátó-helyeken a háztartásokban keletkezik.



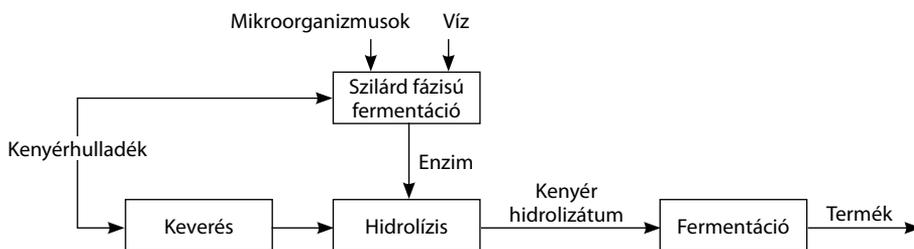
II.10.4. ábra: Kenyér- és pékáru-hulladék

(Forrás: <http://www.usda.gov/oce/img/rotator/food%20waste/bread.jpg>)

Becslések szerint a kenyérhulladék aránya elérheti a 10-40 %-ot is a fejlett országokban. Az elpazarolt kenyér mennyisége világviszonylatban tízszeres, vagy akár százezres nagyságrendű lehet naponta, tonnában mérve.

A hulladéklerakókba kerülő kenyér- és egyéb pékáru-hulladékból jelentős mennyiségű üvegház-hatású gáz (metán, szén-dioxid) szabadulhat fel. A kenyérhulladék hasznosítása, újrafeldolgozása tehát klímavédelmi szempontból is nagy jelentőségű.

A nem penészes kenyérhulladékot hagyományosan használlatok (pl. sertések, juhok, baromfi-félék, lovak) takarmányozására használták. Ennek visszaszorulása következtében a pékáru-hulladékok hasznosítására új megoldásokat kell keresni a fejlett országokban. A kenyér- és más pékáru-hulladékot a legcélszerűbb erjesztéssel, fermentációval hasznosítani, mivel a mikrobák számára megfelelő arányban tartalmaznak szén (glükózt), nitrogént, illetve más fontos makro- és mikroelemeket. A kenyérhulladékot a kereskedelemben kapható enzim-készítményekkel (pl. a keményítőt bontó amilázzal, glükozamilázzal; a fehérjét bontó proteázzal) lehet olyan hidrolizátummá átalakítani, amelyet a mikrobák jól tudnak hasznosítani a számunkra hasznos molekulák előállítására. A másik megoldás, hogy a kenyérhulladékot az ún. szilárd-fázisú fermentáció során gombákkal, többféle enzim segítségével hidrolizálják, lebontják (II.10.5. ábra).



**II.10.5. ábra: A kenyérhulladék hasznosításának sémája szilárd-fázisú fermentációval**

(Forrás: Melikoglu és Webb, 2013nyomán)

A kenyér- és más pékáru-hulladékból fermentációval elsősorban etil-alkoholt és állati takarmányt, etil-alkoholt és enzimekben gazdag szörpöt, tejsavat, ecetsavat, borostyánkősavat, ipari keményítőt (keményítőt helyettesítő anyagot), aromaanyagokat, illetve metánt és biohidrogént állítottak elő az elmúlt évtizedekben. Mindezt különféle mikrobák (pl. *Saccharomyces cerevisiae* élesztőgomba, *Lactobacillus amylovorus* tejsavbaktérium), valamint keményítő- és fehérjebontó-enzimek segítségével sikerült elérni. Az ún. szilárd-fázisú fermentációhoz *Aspergillus awamori*, *Aspergillus oryzae* és *Aspergillus succinogenes* fonalas penészgombákat alkalmaztak.

A kenyérhulladékból előállítható fenti anyagokat hasznos mikrobák szaporításához, más molekulák előállításához, biológiailag lebontható polimerek (bioműanyagok, glükozamiláz és proteáz enzimkészítmények és bio-üzemanyagok (biohidrogén) előállításához lehet a gyakorlatban felhasználni. Kenyérhulladékból jóval olcsóbban lehet bioalkoholt előállítani, mint a lignocellulóz maradványokból (egy tonna kenyérhulladékból 255 liter etil-alkohol készíthető). A kenyérhulladék erjesztéssel történő hasznosítása tehát nem csak környezetkímélő, hanem egyben gazdaságos is lehet.

### II.10.3. Biológiailag lebomló csomagolóanyagok előállítása élelmiszeripari melléktermékekből és hulladékokból

A csomagolás valamennyi olyan, bármilyen tulajdonságú anyagból készült termék, amelyet áru tar-

tására, megóvására, átadására, átvételére, szállítására, valamint bemutatására használnak, beleértve minden terméket a nyersanyagoktól kezdve a feldolgozott árucikkekig, továbbá az ugyanilyen célra használt egyutas árucikkeket (442/2012. (XII. 29.).

Speciális kategóriát képviselnek az élelmiszerek és állati fogyasztásra szánt takarmányok csomagolásai, védőburkolatai, amelyek külön törvényi szabályozást is kaptak. Az élelmiszer-csomagolás olyan anyag, amelyet az élelmiszerek burkolására, megóvására, kezelésére, szállítására és megjelenítésére használnak az élelmiszer-előállítás bármely szakaszában, a nyersanyagtól a feldolgozott termékig, az élelmiszer-vállalkozótól a fogyasztóig (2003. évi LXXXII. törvény; 2008. évi XLVI. törvény).

A csomagolószerek fajtájuk szerinti egyik legpontosabb csoportosítását a Csomagolószerek Katalógus (343/2011. (XII. 29.) Kormányrendelet) adja, amely az egyes termékeket anyag- és típusfajta-hoz igazodva, megkülönböztetett kategóriákba rendezve sorolja fel. A katalógus a műanyagok közül az ún. megújuló nyersanyagból előállított biopolimereket külön kóddal látta el.

### **II.10.3.1. Biopolimerek**

A biopolimerek és a bioműanyagok azzal a különleges tulajdonsággal rendelkeznek, hogy biológiai úton lebomlanak, más szóval biodegradálhatók. Ezért van meghatározó jelentőségük a csomagolóipar vonatkozásában, hiszen ezeknek az anyagoknak a széleskörű elterjedése a hulladékgazdálkodást is meghatározó mértékben átalakíthatja.

A biopolimereket kétféleképpen csoportosíthatjuk: egyrészt származásuk (eredetük) szerint, másrészt lebomlásuk (degradációjuk) szerint.

#### **Biopolimerek csoportosítása származásuk szerint**

A biopolimerek két típusát különböztetjük meg. Az egyik típusba tartoznak azon biopolimerek, amelyek az élővilágból származnak – közöttük a megújuló energiaforrásokból származó polimerek (II.10.1. táblázat).

#### **II.10.1. táblázat: Biopolimerek élő organizmusokból, élő szervezetek által létrehozott anyagok**

(Forrás: <http://www.scientificamerican.com/article/how-green-are-green-plast/>)

Biopolimer	Természetes forrása
cellulóz glükóz	fa, gyapot, kukorica, búza
szójafehérje	szójabab
keményítő	kukorica, burgonya, búza, tapióka, stb.
poliészter	baktériumok

A másik csoportot azok a biopolimerek alkotják, amelyeket megújuló anyagokból polimerizálnak (II.10.2. táblázat). Ezeknek a bio-műanyagoknak a teljes lebomlása vízre, szén-dioxidra és humuszra a szerkezeti felépítésből adódóan következik be.

#### **II.10.2. táblázat: Polimerizált molekulák megújuló természeti erőforrásokból**

(<http://www.scientificamerican.com/article/how-green-are-green-plast/>)

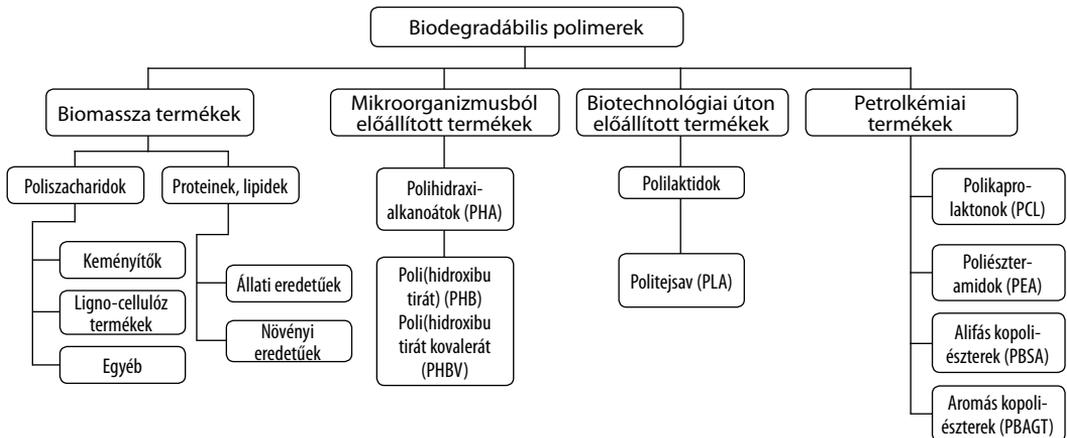
Biopolimer	Természetes forrása
tejsav (fermentálás útján készül, alapanyaga a cukor)	kukorica, burgonya, cékla
trigliceridek (nagy részük növényi és állati sejtekben tárolódik)	növényi olajok

Ezekon kívül a biológiai úton lebomló polimerek (biopolimerek) előállíthatók fosszilis alapanyagból is. Ezeknél általában a már ismert polimerek adalékolásával érik el a degradációt. A biológiai úton történő lebomlás nagyon gyors, akár egy év alatt végbemegy komposztálási körülmények között, ebből tehát az következik, hogy ezen anyagok komposztálhatóak is, szemben a hagyományos műanyagokkal.

## Biopolimerek csoportosítása lebomlásuk (biodegradációjuk) szerint

A biodegradálható műanyagokat alapvetően négy csoportba sorolhatjuk (II.10.6. ábra):

- biomassza termékek,
- mikroorganizmusból származó termékek,
- biotechnológiai úton előállított termékek,
- petrokémiai termékek.



**II.10.6. ábra: Biodegradábilis polimerek csoportosítása**

(Forrás: Averous és Boquillon, 2004 nyomán)

A biomassza termékek olyan természetes polimerek, amelyek a természetben az élőlények alkotóelemét képezik. Az ilyen biomassza termékek további két csoportba oszthatók: a poliszacharidokból és a proteinekből (lipid) felépülő anyagokra. A poliszacharidok között a legnagyobb jelentőséggel a keményítő és a cellulóz.

A mikroorganizmusból származótermékek a poli(hidroxibutirát) (PHB) és a poli(hidroxibutirátkovalerát) (PHBV). A PHB-t egyes algák, gombák és baktériumok termelnek és raktározzák el sejtjeikbe. Mind a PHB-t és a PHBV-t bakteriális erjesztéssel, majd kioldással lehet előállítani glükóz tartalmú biomasszából.

A biotechnológiai úton előállítotttermékeket a keményítő megerjesztésével kapott politejsavból (PLA) lehet előállítani. Nagyüzemi szinten mezőgazdasági takarmánynövényekből (kukorica, búza, cukorrépa, burgonya) állítható elő politejsav.

A petrokémiai termékek fosszilis eredetűek, a kőolaj feldolgozása során állítják elő őket, melyek valójában nem bonthatók le teljesen.

A biopolimerek számos forrásból előállíthatók. Mindazok a mezőgazdasági és élelmiszeripari hulladékok, amelyek tartalmaznak ilyen kémiai anyagokat, alkalmasak lehetnek előállításukra. Lényeges szempont az is, hogy a szennyezett, fertőzött, emberi vagy állati tápláléknak már nem megfelelő alapanyag is alkalmas erre a célra. Már léteznek termékek pl. a hulladéknak számító pálmalevelekből, vagy a burgonyaszírom-gyártás hulladékát képező burgonyahéjből. A kukorica cefremslékből biológiailag lebomló műanyagot (poli- $\beta$ -hidroxibutirát) lehet előállítani. A kenyérhulladékból fermentációval előállítható molekulákat biológiailag lebontható polimerek előállítására is lehet alkalmazni. A rákfélék fogyasztása után visszamaradt rákpáncél gazdag kitinben. A kitinből kitozán poliszacharidod lehet előállítani, melyből biodegradálható műanyag állítható elő.

Bármelyik forrásból is állítják elő a biopolimereket, versenyképességükhöz az alábbi feltételek szükségesek:

- a biopolimerekből előállított késztermékek minőségi, fizikai-mechanikai jellemzői hasonlóak legyenek a hagyományos műanyag termékekéhez,
- feldolgozásuk (fóliafűvés, fröccsöntés, stb.) megoldható legyen a hagyományos műanyag-feldolgozó berendezéseken,
- áruk a hagyományos műanyagokkal összehasonlítva versenyképes legyen,
- az előállítók a csomagolóanyagokra vonatkozó licencdíjából kedvezményt kapjanak, illetve, fejlesztésüket ezekből a pénzekből támogassák,
- felhasználási területeiket folyamatosan bővítsék.

A biológiailag lebomló műanyagokat legelterjedtebben csomagolóanyagként alkalmazzák, mivel azok lég- és vízgőzáteresztő képessége jobb a kőolaj alapú anyagokéval szemben, emiatt a zöldségek és gyümölcsök eltarthatósága akár 2-3 nappal is meghosszabbítható. Ezen kívül gyorsétermi lánccok előszeretettel alkalmazzák bio-műanyagokból készült tányérokat és evőeszközöket (II.10.7. ábra) a vállalat presztízsének növelése érdekében. Ellenérvként hozható fel, hogy a bioműanyagok, azok közül is PLA, lebomló képességük miatt kevésbé alkalmazhatók tartós élelmiszerek csomagolásaként.



**II.10.7. ábra: Biopolimerből készült fröccsöntött és fólia termékek, evőeszközök**  
(Forrás: Kovács Attila fotója)

### **II.10.3.2. Nemzetközi és hazai tendenciák a biopolimer-gyártásban**

Nyugat-Európában a biopolimerek részaránya a csomagolóiparban már meghaladja az 5 %-ot, az áruk is már csak 10-20 %-kal magasabb, mint a hagyományos polietiléné. Alapanyagként elsősorban növényi eredetű anyagokat, pl. burgonyakeményítőt használnak.

Hazánkban több jó kezdeményezés indult a bioműanyagok gyártására. A környezetbarát pályázati rendszer meghirdetése óta több cég minősítette bevásárlótáska termékét, azonban ezeknek a zöme lebomlást elősegítő adalékkal készült polietilén-fólia, és csak elvétve jelent meg kukoricaalapú biotermékből gyártott tasak. Egyre több vállalkozás dönt a bio csomagolóanyagok mellett, annak ellenére, hogy jelenleg még jelentős az árkülönbség a hagyományos műanyag termékekkel szemben. A jövedelmezőségen felül a problémát Magyarországon egyrészt a hiányzó gyártókapacitás jelenti, másrészt az adja, hogy itthon még nincs olyan gyár, amely PLA-granulátumot tudna előállítani.

Meg kell említenünk a komposztálhatóság kérdését is. Megjelentek olyan termékek (pl. bevásárlótáskák), amelyekben a „biológiailag lebomló”, sőt „komposztálható” felirat olvasható, de valójában ezek a termékek nem szerves úton lebomlóak.

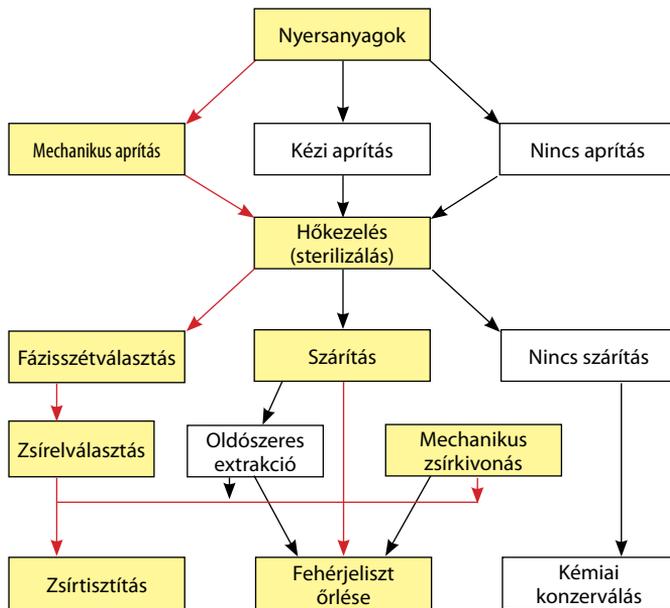
Magyarországon az minősül környezetbarát terméknek, amely egyrészt megfelel a jogszabályi követelményeknek, másrészt átmegy a Környezetbarát Termék Nonprofit Kft. kritérium rendszerén. A cég 2013 elején új feltételrendszerek kidolgozása mellett döntött. Ennek lényege, hogy ahol

az egyszer használatos csomagolások nem helyettesíthetőek, ott a természetes forrású, megújuló alapanyagból előállított, komposztálható csomagolási megoldások tekinthetők leginkább környezetbarátnak. Vagyis a biológiai úton lebomló műanyag csomagolóeszközök környezetbarát termék minősítési kritériumainak feltételei előírása, hogy azok természetes forrású, megújuló alapanyagú, komposztálható csomagolások legyenek. Ennek értelmében például a keményítő- vagy politejsav-alapú csomagolóeszközök minősíthetők környezetbarát terméknek.

Összességében, ökológiai és ökonómiai szempontból is megérett a helyzet a biológiai úton lebomló műanyagok és elsősorban a csomagolóanyagok elterjedésére, melyhez több támogatásra lenne szükség, hogy a kutatásfejlesztés területén is felzárkózhassunk az európai szintre, megoldjuk a hazai alapanyaggyártást – akár hazai mezőgazdasági és élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok felhasználásával.

#### 10.4. Az állati eredetű melléktermékek hasznosítása hús-, toll- és vérliszt-előállítás céljából

Az állati eredetű melléktermékekből történő hús-, csont-, toll- és vérliszt- (a továbbiakban röviden „liszt”), illetve zsírgyártásnak az eljárásai az egész világon hasonlóak. A nyersanyagok sterilizálása céljából alkalmazott hőkezelést követően a megfőtt anyag zsír- és víztartalmát részben eltávolítják, majd a terméket darálják, és mikrobiológiai ellenőrzést követően értékesítik. A lisztgyártás technológiai folyamatainak lehetséges változatait a II.10.8. ábra szemlélteti. A sárga és piros szín a Magyarországon alkalmazott technológiákat jelöli.



II.10.8. ábra: A liszt gyártás technológiai folyamatainak lehetséges változatai  
(Forrás: [www.szatev.hu/dokumentumok/szatev\\_bat\\_tecnologiok.pdf](http://www.szatev.hu/dokumentumok/szatev_bat_tecnologiok.pdf))

A fentieknek megfelelően a liszt-gyártás alapvető technológiai műveletei az alábbiak:

- nyersanyag-fogadás,
- nyersanyag-kezelés (aprítás),
- sterilizálás (hőkezelés),
- szárítás,



- zsírelválasztás,
- őrlés,
- szennyvíz- és légtisztítás.

Az egyes gyártási eljárások többféle módon csoportosíthatók (II.10.3. táblázat). Egy állati eredetű melléktermékeket feldolgozó magyarországi üzemben alkalmazott eljárásokat a táblázatban sárga kitöltő színnel jelöltük. Az egységes elvek szerinti csoportosítás nehéz, mivel a kiépített technológiák a különböző elveken alapuló műveleteket sokszor vegyesen alkalmazzák.

Az oldószeres extrakciós eljárásokat ma már nem használják, ezért ezen eljárásokkal a továbbiakban nem foglalkozunk.

A gyártás során alapvetően nedves és száraz eljárást alkalmaznak. A nedves eljárás lényege, hogy a szárítás előtt nyerik ki a zsírt a nyersanyagból. A főzés és szárítás két külön berendezésben történik. A száraz eljárás lényege, hogy a főzött anyagot először szárítják, majd ezután választják le a zsírt mechanikus présekkel. A főzési és szárítási folyamatot egy berendezésben, a dezinfektorban végzik, gőz hozzáadása nélkül. A nyersanyag saját levében fő és szárítódik, lékinyerés csak a szárítás befejezése után történik. A főzéshez és szárításhoz szükséges hőmennyiséget indirekt gőzfűtéssel biztosítják.

Zsírkinyerés szerint	Nedves eljárások	Zsírelválasztás vizes közegben		
	Száraz eljárások	Zsírelválasztás száraz anyagból		
	Mechanikus zsírkinyerés	Préseléses eljárások		
		Centrifugás eljárások	Nem szárított anyag centrifugálása	
			Szárított anyag centrifugálása	
		Oldószeres extrakciós eljárások	Szárított anyagból (benzin, hexán)	
Szárított anyagból (benzin, hexán)				
Műveleti folyamatok szerint	Szakaszos eljárások			
	Folyamatos eljárások			

**II.10.3. táblázat: Az állati eredetű melléktermékek gyártási eljárásainak csoportosítása**

(Forrás: [www.szatev.hu/dokumentumok/szatev\\_bat\\_tecnologoiak.pdf](http://www.szatev.hu/dokumentumok/szatev_bat_tecnologoiak.pdf))

A műveleti folyamatok szerinti csoportosítás esetében szakaszos és folyamatos eljárásokat különböztetünk meg. A folyamatos eljárások előnye, hogy nagyobb teljesítményűek, fajlagos energia-felhasználásuk kisebb, és üzemeltetésük kevesebb személyzettel történhet.

A folyamatos üzemmód alkalmazható:

- komplexen, valamennyi technológiai lépésre (sterilizálás, zsírkinyerés, szárítás), vagy
- a technológián belül egy adott műveletre (pl. folyamatos szárítás, szakaszos sterilizálás után).

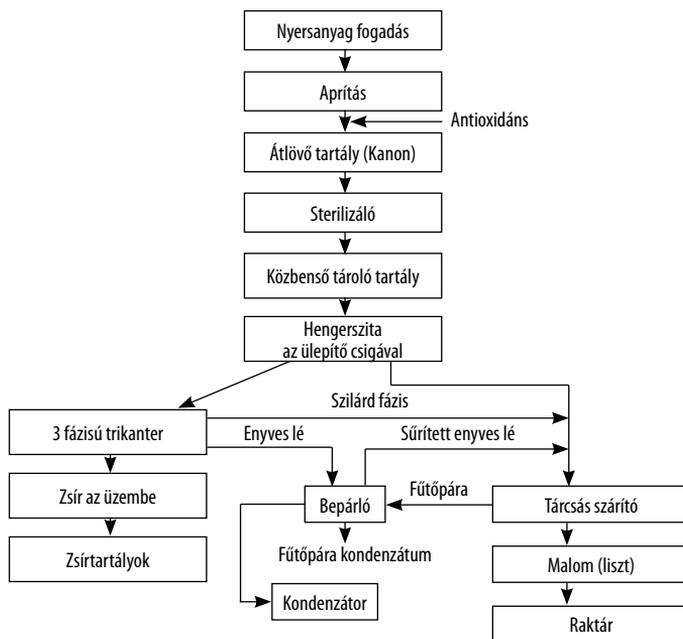
A folyamatos szárítás, illetve zsírkinyerés műveletei a folyamatos sterilizálásénál egyszerűbbek, ezért először ezek a készülékek terjedtek el. A folyamatos sterilizálást technológiai szempontból megnehezíti, hogy az állategészségügyi előírások az anyagnak 20 perces, 133 °C-os, 3 bar-os (3 x Pa) (abszolút nyomás) értéken történő hőn tartását írják elő. A folyamatos üzemi sterilizálók állathigiéniai szempontból veszélyesek lehetnek, ezért beüzemelésük során fokozott mikrobiológiai kontrollt igényelnek (a spórás baktériumok túlélését ellenőrizni kell). A folyamatos sterilizálási technológiák fejlesztésének egyik jelentős motiválója a bűz-emisszió csökkentése. A szakaszos sterilizálóknál ugyanis a nyomás elengedés a kondenzátorokat lökészerűen terheli, és a légtisztítási hatások ez által csökken (bűz áttörés). A folyamatos sterilizálás esetén a pára képződése folyamatos, ezért az a hőcserélőkben hőközlésre felhasználható (használati meleg víz előállítás, vákuum-szárítók fűtése). A folyamatos rendszerek gyakorlatilag zártak, az anyag a légtérrel vagy a személyzettel nem tud érintkezni. Ugyanakkor beruházási költségük jóval nagyobb a hagyományos eljárásokénál, valamint ingadozó mennyiségű alapanyag beszállítás esetén nem alkalmazhatók megfelelően.

### II.10.4.1. Vegyes állatifehérje-liszt gyártástechnológiája

A bemutatott üzemben a 3. kategóriájú állati eredetű melléktermékeket dolgozzák fel, az 1-es és 2-es kategóriába sorolt anyagokat csak gyűjtik. A beszállított nyersanyagot minden esetben állatorvosi igazolásnak kell kísérnie, melyen fel van tüntetve az adott tétel kategóriába sorolása. A melléktermék, amely húsliszt előállítására alkalmas, friss és jó minőségű alapanyagokból (pl. sertés, baromfi és egyéb állat zsíros vágási hulladékai, SRM-mentes kérődző vágási hulladékok, vadonélő állatok feldolgozási hulladékai, stb.) áll. A feldolgozott vágási hulladékból előállított húslisztet kedvtelésből tartott állatok eledelének előállításához alapanyagaként értékesítik. A feldolgozás során kinyert zsír az ipar és takarmányozás különböző területein hasznosítható. A 3. kategóriába sorolt vágóhídi melléktermékeknek azon részei, melyek állateledel előállítására nem alkalmasak, komposztként kerülnek hasznosításra.

Az állati melléktermékek gyűjtését a higiéniai követelményeinek megfelelően saját, erre a célra rendszeresített, zárt, csurgás- és csepegés-mentes szállítóeszközökkel végézik.

A technológiai folyamat a nedves eljárásos zsírkinyerésen alapul, vagyis a zsírkinyerés a sterilizálást követően, a szárítást megelőzően, nedves állapotban történik. A főbb technológiai folyamatokat a II.10.9. ábra mutatja be.



II.10.9. ábra: Húsliszt-gyártás nedves technológiája egy hazai állati melléktermékeket feldolgozó üzemben  
(Forrás: SZATEV szikszói üzeme, 2014)

A szelektíven begyűjtött nyersanyagokat a beszállító gépjárművek a kb. 100 m<sup>3</sup>-es befogadó képességű szőnyegcsigás nyersanyag-fogadó vályúba (II.10.10. ábra) ürítik, melyek alján szállító csigák (szőnyeg csigák) viszik tovább az anyagot. A szállítócsigák fordulatszáma változtatható, frekvencia vezérelt motorokkal hajtott. A vályúban lévő 4 db szállító csiga egyenként, külön-külön is indítható.



**II.10.10. ábra: Nyersanyag fogadó**

(Forrás: [http://atevszolgalat.hu/uploads/files/allati\\_hulladekok\\_kezelese.ppt#294,34,34.dia](http://atevszolgalat.hu/uploads/files/allati_hulladekok_kezelese.ppt#294,34,34.dia))

A tiszta tollat vagy csontot terítve kell a vályúba üríteni. A szőnyegcsigák egy kettős ikercsigába hordják a nyersanyagot, amely az adagolás üteme szerint a nyersanyag-aprítóba (II.10.11. ábra) továbbítja azt, amely az előírt 50 mm-es méretűre aprítja a nyersanyagot. A száraz tollat nedvesíteni kell, a könnyebb feldolgozás és a töltő csiga dugulásának elkerülése érdekében.



**II.10.11. ábra: Nyersanyag-aprító berendezés**

(Forrás: Simon László fotója (balra); [www.atevszolgalat.hu](http://www.atevszolgalat.hu) (jobbra))

Az aprítást a forgótengelyen elhelyezett speciálisan élezett és edzett karmos kialakítású tárcsák végzik (II.10.11. ábra). A karmok szögben el vannak tolvá, és így különböző időpontokban érik el a szintén élezett álló karmokat. Az aprító egységet általában váltóáramú aszinkron motorhoz kapcsolt hajtómű forgatja, így adva át az aprításhoz szükséges erőt. Túladagolás vagy az alapanyag megcsorulásából eredő túlterheltség esetén a berendezés ideiglenesen visszafelé forogva akadályozza meg a túlterhelést, illetve a berendezés esetleges károsodását.

Az aprítást követően 1 db szállító csiga az aprított mellékterméket a 8000 l űrtartalmú nyersanyag-átlövő tartályba (kanon) (II.10.12. ábra) adagolja.



**II.10.12. ábra: Nyersanyag-átlövő tartály (kanon)**  
(Forrás: Simon László fotói)

Az átlövő-tartály töltet-tömege állítható. Az előkészített nyersanyagot a főzésig az átlövő tartályban tárolják. Az átlövő tartály mérőcellákon áll, a beállított tömeg elérésekor leállítja a szőnyeg-csigákat, ikercsigát, aprítót, felhordó csigát és zárja a kanon-töltő késtolózárat. Az átlövés indítása után nyitja a gőzszelepeket (lazító és párnagőz), és a beállított gőznyomás elérésekor a késtolózárat nyitása után juttatja az alapanyagot a kiválasztott főzőbe. 60-80 %-os toll és/vagy csont-töltet esetében az átlövő tartályba 1200-1500 liter folyadékot kell adagolni. Az átlövő-tartály töltési folyamatot számítógépről vezérik. A folyamat az indítást követően automatikusan lezajlik. Az átlövési nyomást 4 bar értékre kell állítani. A vezérlő helyiségben külön képernyőn, 3 db kamera által rögzített képen, nyomon követhető a folyamat.

A következő lépés a főzés/sterilizálás. A főző 10,5 m<sup>3</sup>-es térfogatú, fekvőhengeres, kettős köpenyű, fűtött keverővel ellátott keverőlapátos nyomástartó edény (II.10.13. ábra).



**II.10.13. ábra: Főző/sterilizáló (dezinfektor)** (Forrás: Simon László fotója)

A hőkezelés ebben az üzemben is min. 3 bar (abszolút) nyomáson, min. 133 °C-os hőmérsékleten min. 20 percen át történik. Ha a hőntartás során az előírt 20 percen belül a hőmérséklet vagy a nyomás a beállított érték alá csökken, a folyamatirányító rendszer automatikusan előlről kezdi a hőkezelési idő mérését (kényszer hőkezelés).

Főzési minimum értékek a különféle nyersanyagok szerint:

- tiszta csont: 40 perc, 4 bar abszolút nyomás, min. 143 °C-os hőmérséklet,
- tiszta toll: 40 perc, 4 bar abszolút nyomás, min. 143 °C-os hőmérséklet,
- ha egy főzetben a toll vagy csont, vagy együtt a kettő aránya eléri a 35-40 %-ot, akkor 40 perc, 4 bar abszolút nyomás, min. 143 °C-os hőmérséklet.

A főzési idő letelte után, a főzet a közbenső tartályba kerül átlövással. A steril főtt anyagot folyamatos keverés mellett a közbenső tartályba tárolják a következő művelet elvégzéséig. A közbenső tartályba az anyag tovább homogenizálódik.

A 3. kategóriába sorolt anyagokat feldolgozó vonalon a zsírt egy három fázisra bontó vízszintes csigás önkiürítő centrifugával, trikanterrel (II.10.14. ábra) választják ki.



**II.10.14. ábra: Trikanter** (Forrás: Simon László fotója)

A trikanter-dob fordulatszáma 3500/min., a csiga fordulatszám-különbség 1,5-29,6 ford./min. A trikanter teljesítménye főtt léből 7,5 t/óra. A zsírtalanításra váró főtt levet a közbenső tartályból először egy 10 mm átmérőjű lyukakkal perforált dobszítán (II.10.15. ábra) vezetik keresztül, amely kiválasztja a nagyobb csontdarabokat, egyéb idegen anyagokat, amelyeket közvetlenül a tárcsás szárítóba (II.10.18. ábra) továbbítanak. Az így kiválasztott folyékony fázisból a dobszita alatti csigás ülepítő tartály választja ki a még megmaradt kisebb csontokat, egyéb idegen anyagokat. A leülepedt nagy sűrűségű anyagokat a csiga a dobszita által kiválasztott szilárd részt szállító csigára üríti.



**II.10.15. ábra: Dobszita (hengersizita) az ülepítő csigával**  
(Forrás: Simon László fotója)

A visszamaradó – szilárd résztől mentes – folyékony fázist a zsírtalanítást végző trikanterre vezetik. A trikanter zsírra, zsírtalanított enyves lére és szilárd húsiszapra (II.10.16. ábra) választja szét az anyagot.



**II.10.16. ábra: Szilárd húsiszap (elől), zsír (balra hátul) és enyves lé (jobbra hátul)**  
(Forrás: Simon László fotói)

A zsírt vibro-szitával, szeparátorral (II.10.17. ábra) megtisztítják, majd zsírtartályokban tárolják az eladásig. A kiválasztott szilárd húsiszap csigán keresztül, közvetlenül a tárcsás szárítóba kerül. A zsírtalanított enyves levet az 5 m<sup>3</sup>-es, bepárló előtti enyves lé betápláló puffer-tartályba gyűjtik.



**II.10.17. ábra: Zsírtisztítás szeparátorral**  
(Forrás: Dr. Simon László fotója)

A jó zsírtalanítási hatások feltételei: jó minőségű, friss, idegen anyagoktól mentes nyersanyag/ zsák, köté, stb. melyek a zsírfázisba jutva eltömik a szeparátor tányérjait; a fázisválasztást lehetőleg közvetlenül a sterilizálás után kb. 95 °C hőmérsékleten kell elvégezni, mert 90 °C hőmérséklet alatt a zsírtalanítás hatásfoka gyorsan csökken; a trikanter 4-6 t/órás teljesítménynél választ jól szét, ez alatt csökken a dobban való tartózkodási, ülepitési idő, nő a lé és a húspaszta zsírtartalma; friss nyersanyagból sárgás-zöldes szuszpenzió keletkezik, melyből zsírtalanítás után majdnem fehér zsírtalanított enyves lé jön létre. Folyamatos üzemmenet mellett 2 óránként kell ellenőrizni a zsírtalanítás hatásfokát. A megengedett zsírtartalom kb. 0,5 %. Folyamatosan ellenőrizni kell a zsír minőségét: kb. 90 % zsír, 2-3 % szennytartalom, 7-8 % víz és emulzió az optimális.

A szárítási folyamat vezérgépe a 250 m<sup>2</sup> fűtőfelületű, rotor fűtésű, belül lapátos (előre, vissza, keverő) hengeres tárcsás szárító, kiegészítve a szárító pára kondenzációját biztosító bepárló üzemmóddal. A tárcsás szárítóban a maximális túlnyomás 6 bar, a maximális hőmérséklet pedig 165 °C. A szárító kapacitása 6 t/óra nyersanyag.



**II.10.18. ábra: Tárcsás szárító** (Forrás: Simon László és Szöllősi István fotói)

A bepárlás célja az enyves lé koncentrációjának növelése, elpárologtatás által. Az enyves lé besűrítését három sűrítőblokk végzi, a tárcsás szárító által előállított pára gőz segítségével. A sűrítendő enyves lé útja szempontjából sorba kötve vannak a sűrítők. A fűtőpára gőz szempontjából párhuzamosan vannak kötve a sűrítők. A bepárló azon túl, hogy a szárító kondenzátoraként működik, a szárító páráját hasznosítva a szárítás hőenergia-szükségletet közel 50 %-al csökkenti. A bepárló rendszer indítását követően kb. 30 perccel a vákuum beáll 0,7 bar körüli értékre, ezzel párhuzamosan a keringtetett enyves lé hőmérséklete is beáll kb. 65 °C fokra.

Mind a szárító, mind a bepárló által elpárologtatott vízmennyiséget folyamatosan figyelni kell. Egy kg szárító által elpárologtatott vízpára a bepárlóban 1 kg vizet tud elpárologtatni. Jól működik a szárító rendszer, ha 2000-2500 liter vizet párologtat el óránként a szárító és a bepárló is.

A nyersanyag minőségétől függően kb. 2,5-3 óra múlva kb. 105-110 °C hőmérsékletnél ellenőrizni kell a húsliszt minőségét. Ha a húsliszt minősége megfelelő, a kitarolást el kell indítani. A húsliszt minőségét folyamatosan ellenőrizni kell.

A következő művelet a késztermék osztályozása, aprítása és csomagolása. A szárítóból kikerülő anyag még mindig csak félkész termék, mivel olyan nagyobb méretű részeket is tartalmazhat, amit a szabvány nem enged meg. A malmi rendszerben az osztályozó dobszítán keresztül, a megfelelő méretű szitasoron, a kívánt szemcseméret elérése után a késztermék zsákolásra kerül. A nagyobb méretű összegyűjtött húslisztet (II.7.10. ábra) a kalapácsos darálóban finomra őrlik, majd az osztályozó rendszeren keresztül bocsájtva kerül zsákolásra a megfelelő méret elérése után. A készterméket óriás zsákokban (ún. big-bag-ekben) tárolják (II.10.19. ábra)



**II.10.19. ábra: Húsliszt tárolása óriás zsákokban (ún. big-bag-ekben)**

(Forrás: Simon László fotója)

A készterméket raktárban raklapon tárolják. Az árut kiszállítani csak a megfelelő beltartalmi és mikrobiológiai eredmények birtokában lehet. A takarmány tárolására szolgáló helyiséget rendszeresen takarítani, fertőtleníteni, szellőztetni kell. Az állatifehérje-takarmányt a nem takarmányozás-

ra szolgáló anyaggal együtt, azonos helységben, nem szabad tárolni.

Az üzemben keletkező bűzös párákat elszívják, és biofilterrel (II.10.20. ábra) közömbösítik.



**II.10.20. ábra: Bűzelszívók és biofilter**

(Forrás: Simon László fotói)

A feldolgozott nyersanyag romlottsági fokától függően a feldolgozás fenti technológiája változhat. A technológia kritikus ellenőrzési pontjai:

- 50 mm szemcseméret biztosítása: minden műszak kezdetekor ellenőrizni kell, hogy a nyersanyag-aprító berendezés fogai, álló kései épek-e, ha nem akkor csak a hiba kijavítása után indulhat a feldolgozás.
- Előírt hőkezelési értékek betartása: minden évben egyszer kalibrálandók a nyomás és hőmérséklet távadók, meghibásodás esetén azonnal cserélendők.
- Paraméter táblázat: minden műszak kezdetekor ellenőrizni kell a beállított paramétereket.
- Portai mérleg: minden műszak kezdetekor ellenőrizni kell a mérleg üzemképességét (nullpont, ismert tömeg). Meghibásodás esetén a szervizt azonnal hívni kell.
- Foszforsav-adagolás: minden műszak kezdetekor ellenőrizni kell az adagoló szivattyú üzemképességét.
- Biofilter: minden műszak kezdetekor ellenőrizni kell az üzemképességét, valamint a vizes mosó üzemképességét. Ha a biofilter légellenállása 10 mbar (helyi nyomásmérő) fölé emelkedik, a töltetet át kell forgatni vagy cserélni kell.
- Kazán gőznyomás ellenőrzése.
- Működtető levegő nyomás ellenőrzése.

A feldolgozott nyersanyag romlottsági fokától függően a feldolgozás technológiája változhat.

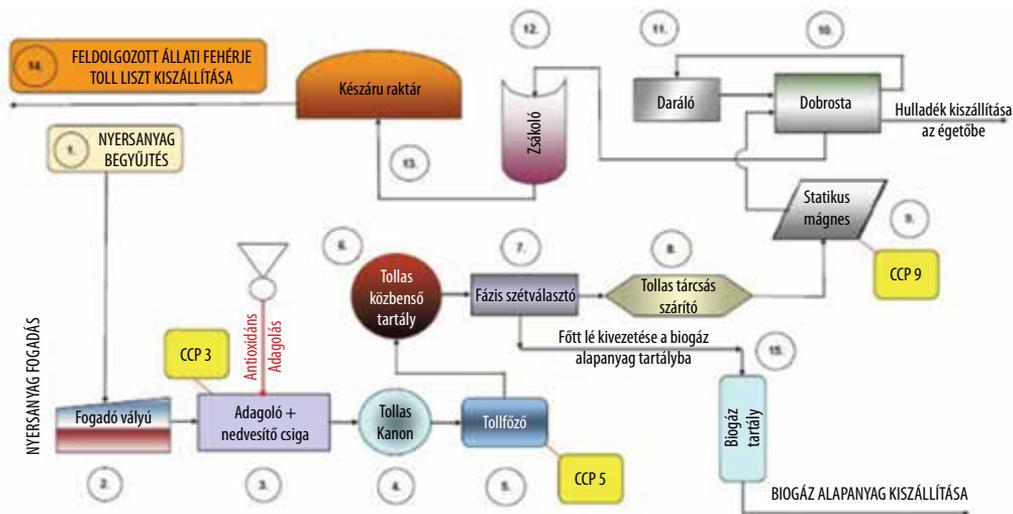
#### **II.10.4.2. Állatifehérje toll-liszt gyártástechnológiája**

A 3. kategóriába sorolt baromfitoll feldolgozásának technológiai folyamatát a II.10.21. ábra mutatja be. A szövegben található zárójeles számok az ábrán a körökben szereplő számoknak felelnek meg.

A feldolgozóüzembe beszállított nedves tollat (1) az erre a célra kialakított fogadóvályúba (2) ürítik. A vályú kb. 100 m<sup>3</sup> űrtartalmú, rozsdamentes acélból készült, és az alján 4 db szőnyegcsiga van beépítve. A beürítés a vályú végén lehetséges, így a feldolgozás mindig a beérkezés sorrendjében történik. A vályú ürítése a szabályozható fordulatszámú szőnyegcsigák működtetésével lehetséges. A fogadóvályúra merőleges adagoló csiga (3) szállítja tovább a tollat az átlövő tartály (kanon) (4) felé. A töltést a szállító csiga nyitott tetejére szerelt nedvesítő fűvókarendszer segíti. A töltési folyamatot a folyamatirányító számítógép vezérli, amely a beállított töltési tömeg (5000 kg) elérése után a beadagolást leállítja. A toll átlövő-tartály (kanon) (4) 15 m<sup>3</sup> űrtartalmú, alul lazító, felül párnagőzzel ellátott kúpos aljú hengeres nyomástartó edény. Az átlövő tartályból gőznyomás segítségével jut át a toll a sterilizáló tollfűző dezinfektorba (5). Ebben a hőkezelés 15 m<sup>3</sup>-es fekvő-hengeres, duplikált köpennyel és keverőmű-fűtéssel ellátott nyomástartó berendezésben történik.



A toll fehérjestruktúrájának megfelelően a hőkezelés min. 3,5 bar abszolút nyomáson, min. 148 °C hőmérsékleten és min. 35 percig történik. Ezzel az eljárással biztosítható a késztermék csíramen-  
tessége és 75 %-os emészthetősége.



**II.10.21. ábra: A baromfitoll-feldolgozás technológiai folyamata**  
(Forrás: ATEV hódmezővásárhelyi üzeme, 2014)

E hőkezelés mellett a szárítás során nincs számottevő feltapadás a szárító fűtőfelületére. A hőkezelés 15 m<sup>3</sup>-es fekvőhengeres, duplikált köpeny és keverőmű-fűtéssel ellátott nyomástartó berendezésben történik. A hőkezelés folyamatát teljes egészében számítógép vezérli. A 3,5 bar abszolút nyomás és a 148 °C-os hőmérséklet elérése után indul a hõn tartási idõ számlálása. Ha a sterilizálás során a hőmérséklet csökkenne, a számítógép újra indítja a 35 percig tartó kezelést. A hőkezelés minden paraméterét regisztráló számítógép rögzíti, mely paramétereket két évig meg kell őrizni.

A hőkezelés, sterilizálás után az átlövés nyomás elengedéssel kezdődik 1,8 bar-ig, majd nyit az alsó tolózár és a töltet a közbülső tartályba (6) távozik. A közbülső tartályból az anyag a dekanter centrifugába (7) jut. A dekanter töltését folyamatosan forgó adagoló csőcsiga végzi, melyre a közbülső tartály aljára szerelt késes tolózárba bocsátja az anyagot. A forgó adagoló csőcsiga egy olyan szállító csiga, mely perforált házzal van ellátva, így a víz egy része távozik a folyamatból és ezzel csökkenti a folyamat energiaigényét. A dekanter (7) az anyagot két fázisra választja szét. A toll megy a szárítóba (8), a leválasztott folyékony főtt lé a biogáz-alapanyag gyűjtő tartályba (15). A szárítás során a szárítóban a hőmérsékletet 100 °C fölött kell tartani. A szárítás időtartama 3 óra körül van. A szárítás művelet célja, hogy a 60-65 % víztartalmú toll-hidrolizátumból beszárítással 3-5 % nedvességtartalmú liszt állagú végtermék készüljön. A szárítóban keletkező párat spicckondenzátorban, míg a nyomáselengedés és az átlövetés páráját csöves kondenzátorban csapják le. A képződő kondenzátum a csatornarendszereken keresztül a szennyvíztisztítóba kerül.

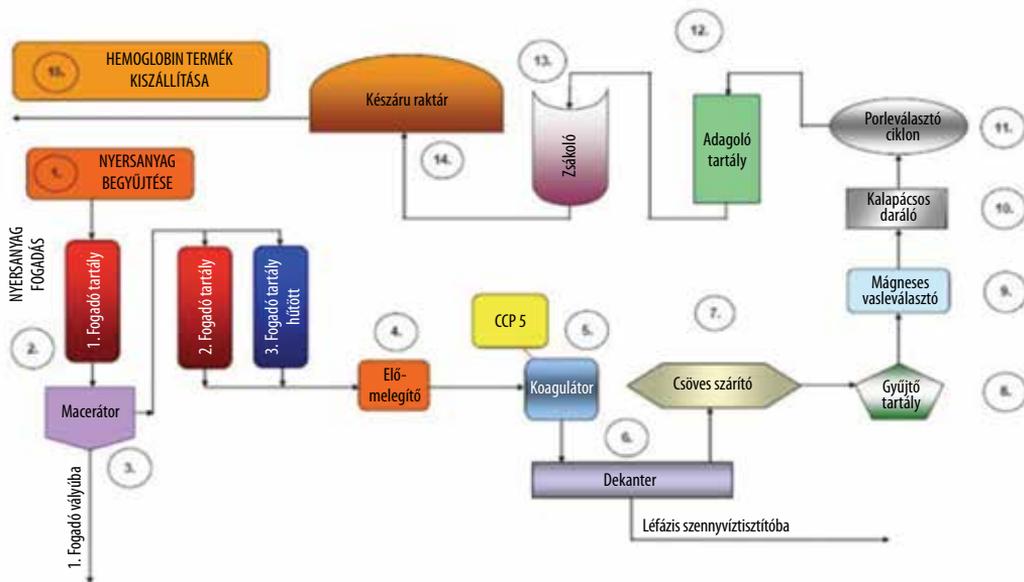
A szárítóból kitarolt lisztet egy serleges felvonó mágneses fémleválasztón (9) keresztül viszi fel a közbülső tartály szintjére telepített dobrostára (10), mely két frakcióra választja a toll-lisztet. A 3 mm-nél kisebb szemcse méretű részek hitelesített mérőberendezéssel ellátott zsákoló eszközbe kerülnek, melyen a kezelő 500-1000 kg tartományban, a vevői igények szerint, állítja be az automatikus leállítási pontot. A 3 mm-nél nagyobb részek először a darálóba (11) kerülnek, és innen vissza

a dobrostára, a 3 mm-es, illetve kisebb részek áthullnak a dobostán, a nagyobbak ismét a darálóra kerülnek. A dobostán fennmaradó 3 mm-nél nagyobb részeket műszakonként egyszer eltávolítják (baromfi kopasztó gumi, egyéb szennyeződés), és külön erre a célra készült zsákolóba (12) kerülnek.

### II.10.4.3. Hemoglobin termék gyártástechnológiája

A 3. kategóriába sorolt sertés- és baromfivér feldolgozásának technológiai folyamatát a II.10.20. ábra mutatja be. A szövegben található zárójeles számok az ábrán a körökben szereplő számoknak felelnek meg.

A beérkező vér először az 1-es fogadó tartályba (1) érkezik, innen macerátoron keresztül jut a 2-es vagy 3-as fogadó tartályba. A 2 db tartály (2) 30 m<sup>3</sup> űrtartalmú. Ha az anyag hosszabb ideig várakozik a feldolgozásra, a 3. hűtött tartályban 8 °C alatti hőmérsékleten tárolják. A macerátor (3) rostával ellátott késes aprító, mely a nagyobb idegen anyagokat (csirke, fej, láb, toll) 3 mm-nél kisebb részekre aprítja, és ez megy tovább a feldolgozó vonalra. A rostán maradó 3 mm-nél nagyobb részek egy gyűjtővályúba kerülnek. A tartályból egy előmelegítőn (4) keresztül kerül a koagulátorba (5) a vér. Az előmelegítőt a dekkanter által leválasztott lé fázis hőjével egy hőcserélőn keresztül fűtik 40 °C-ra, melegítve ezzel a vért. A koagulálás nem más, mint a vér alakos elemeinek, fehérjéinek direkt, éles gőzzel való hirtelen felmelegítése, pelyhesítése. A koagulátor lényegében egy hőszigetelt, fűtött, álló elrendezésű tartály, melyben a vér alulról felfelé áramlik, miközben a vér keverését egy függőleges tengelyű csigás keverő végzi. A koagulálási hőfokot a koagulátor utáni hőmérőn 89 °C értékre kell beállítani és ezt a folyamat során tartani is kell.



II.10.20. ábra: A vérfeldolgozás technológiai folyamata

(Forrás: ATEV hódmezővásárhelyi üzeme, 2014)

A koagulálási gőzmennyiséget, illetve a nyomást fokozatosan emelik, míg el nem érik a megfelelő nyomást. A koagulálás időtartama 2 óra. Túl kis 75-85 °C-os koagulálási hőmérsékleten nem teljes körű a koaguláció, a vérsavó sötét, véres színűvé válik, a túl nagy hőfok pedig a vér túlfőzését eredményezi. Akkor jó a koagulálás, ha a vérsavó fehér, és csak kis mértékben habzik, illetve a dekanter után a koagulátum az aprószemcsés, kb. 1-3 mm átmérőjű golyócskákból áll. Az üzemelés

során folyamatosan figyelemmel kell kísérni mind a vérsavó, mind a koagulált dekantált vér minőségét. A koagulált vért ezt követően dekanter centrifuga (6) két fázisra választja szét. A léfázis megy a szennyvíztisztítóba, a szilárd a szárítóba (7). A szárítás során a dekantált koagulált vér tartalma kb. 57-58 %-ról lecsökken kb. 5-6 %-ra. A szárítás 1,5 óráig tart és a kitárolás hőmérséklete 110 °C. A csöves szárítónál (7) a szárítási folyamatot csak a szárítóban való tartózkodási idő változtatásával lehet szabályozni.

A szárítóból távozó félkész vérliszt két szállítócsigán és serleges felvonón keresztül a kb. 6000 kg befogadó képességű – terítő csigával ellátott – puffer-tartályba (8) kerül. A puffer-tartály lehetővé teszi a telepített malmi rendszer időszakos működését, azaz elegendő minden műszak végén leüríteni a tároló silócellát. A vérliszt-aprítás automatikusan történik. Az aprítás beindításakor elindul a porszűrő, a ciklon (11) és a rendszert megszívó ventilátor a darálóval (10), majd a darálóra adagoló ürítőcsiga (8), mely teljesítménye a frekvenciaváltóval szabályozható.

A gyűjtő tartályból a vérlisztet a daráló a mágneses vasleválasztón és kőleválasztón (9) (légzsilipen) keresztül beszívja, majd 3 mm-es rostabetét alkalmazásával finom lisztet aprítja. A lisztet a dobólapátok a ciklonfejen keresztül a mérleg fölött elhelyezett adagoló tartályba (12) továbbítják. Ha a tartály megtelik, a felső szintérzékelő leállítja a darálóra adagoló csigát, a szint lecsökkenését követően az alsó szintérzékelő újra indítja a szárított vérliszt adagolását a darálóra. A vevői igényeknek megfelelően az adagoló tartályból vagy 50 kg-os szelepes polipropilén zsákba, vagy 1000 kg-os polipropilén big-bag-be (13) csomagolják automata mérleggel a finomra őrölt vérlisztet.

## **II.10.5. Biogáz előállítás kilúgozott cukorrépa-szeletből egy hazai cukorgyárban**

A cukorrépa feldolgozásához a kampány során rendkívül nagy mennyiségű hőt és villamos energiát használnak fel. Hazai cukorgyárunk korábban földgázból biztosította a cukorgyártási folyamathoz szükséges energiát. A fosszilis energiahordozók, és különösen a földgáz árának drasztikus áremelkedése versenyhátrányt jelentett számára azokkal a cukorgyárakkal szemben, amelyek olcsóbb energiahordozókból (kőszén) biztosították az energiaszükségletüket. Emellett a fosszilis energiahordozónak számító földgáz felhasználását erősen korlátozta a gyár rendelkezésére álló szén-dioxid kvóta nagysága. A gyár kapacitásnövelési törekvései energetikai oldalról csak akkor voltak biztosíthatóak, ha pótlólagos széndioxid-kvóta beszerzésére került volna sor, vagy ha olyan alapanyagból (pl. biomasszából) lehet előállítani a szükséges többlet energiát, amely nem tartozik a kvótával szabályozott energiahordozók körébe.

A biogáz berendezés megújuló növényi energiaforrásból, a cukorrépa növény rostanyagának lebontásából állít elő bioenergiát. Ezen bioenergia előállítása és felhasználása nem terheli a környezetet, hiszen a növény fiziológiai folyamatai során a levegőből szén-dioxidot köt meg, és ebből építi fel a szövetekben található szénhidrátokat, rostot, cellulózt. Az anaerob fermentáció során ezekből a szénhidrátokból több lépcsőben biogáz képződik. A folyamat pótlólagos szén-dioxid kibocsátással tehát nem terheli a környezetet, szemben a fosszilis energiahordozók felhasználásával.

A cukorgyártás során nagy mennyiségben keletkeznek nagy szervesanyag-tartalmú melléktermékek, melyek megfelelő alapanyagot biztosítanak a biogáz termeléshez. Ezek közül a legnagyobb mennyiségben a kilúgozott préselt cukorrépaszelet áll az évi 900 000 tonna cukorrépat feldolgozó gyárunkban rendelkezésre, melynek mennyisége napi 1800-2000 tonna (204 000 t/év) a kampányidőszak alatt. Ezen kívül kisebb – napi 200 tonnás – mennyiségben a répa tisztítása során keletkező melléktermék; a répatörmelék, répadarabkák, egyéb szerves növényi maradványok, gaz is felhasználhatók a fermentációs eljárásban. A cukor-előállítás melléktermékeként rendkívül nagy energiátartalommal rendelkező melasz is termelődik. Mivel ez szeszipari célra jól értékesíthető, egyelőre nem képezi a biogáz termelés alapanyagát.

A beruházást megelőzően a cukorgyár kísérleti üzemet hozott létre, mivel az adott problémára (megfelelő mennyiségű és minőségű biogáz termelése monoszubsztrátos fermentációval, csak

a rendelkezésre álló cukorgyári melléktermékekből; éves szinten szakaszos működés, azaz a cukor-répa-kampány időszakában nagy mennyiségű biogáz termelése, míg a kampányon kívüli időszakban üzemszünet) nem találtak a piacon kidolgozott megoldást, referenciával rendelkező technológiát. A megépített kísérleti üzem két, egyenként 5 m<sup>3</sup>-es, párhuzamosan működtetett fermentorjaiban végzett kutatások alapján megállapították, hogy az egylépcsős, azaz a hidrolízist, savképzést és metánképzést egy tartályban megvalósító fermentáció bizonyult megfelelőnek.

Félüzemi kísérletekben meghatározták a préselt szelet anaerob lebontásához szükséges 24 napos tartózkodási időt, a makro- és mikroelem igényt, a megfelelő adagolási és hableverő technikát, illetve az optimális körülmények között biztosítható gázhozamot, mely 22 %-os szárazanyag-tartalmú préselt szeletnél 110 m<sup>3</sup>/t, 50-52 % metántartalmú biogáz.

A félüzemi kísérletek eredményei alapján megvalósult a nagyüzemi technológia, mely a két, egyenként 13 500 m<sup>3</sup>-es fermentor, a hozzá kapcsolódó adagoló és gázrendszer, valamint gépészeti berendezések megépítéséből állt. A beruházás ezen első szakaszában két fermentor létesült, amely napi 1000 tonna préselt szeletet fogadott a kampány időszakban, a betáplálás a recirkuláltatott fermentor iszap hozzákeverésével történt. A kampány időszak alatt az intenzív gáztermelés biztosítja a megfelelő keveredést, emellett fermentoronként 4 búvárkeverőt is beépítettek. A fermentor belsejében felgyülemlett homok, kavics és egyéb üledék eltávolítását egy ún. kotró berendezés segíti.

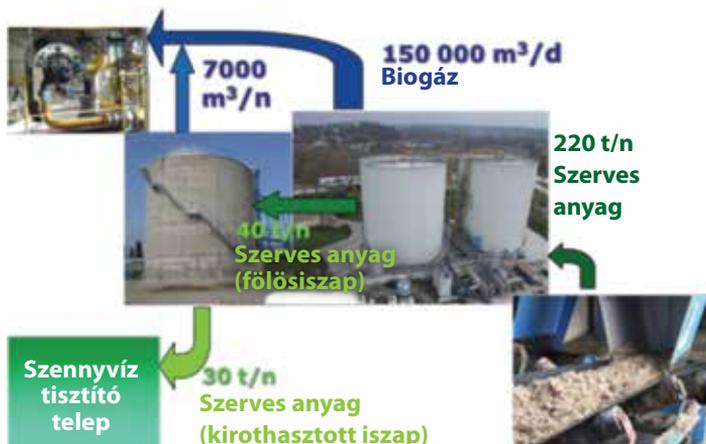
A kísérleti adatok alapján a képződő biogáz mennyiségét napi 110 000 m<sup>3</sup>-re tervezték, ez azonban a későbbi évek optimalizálásának köszönhetően 150 000 m<sup>3</sup>-re emelkedett. A cukorgyári kazánokban (II.10.23. ábra) az égőket 0-100 % tartományban biogázt és földgázt is hasznosítani képes égőkre cserélték, így a képződő biogáz elégetése közvetlenül a helyszínen történik a kampányidőszak alatt. A fermentorokból 25 mbar-ral kilépő biogázt fúvók továbbítják 950 mbar nyomással a kazánokig, több száz méternyi gázvezetéken keresztül. A kazánház előtt a gázfogadó egységben történik a gázból a szennyező anyagok eltávolítása, illetve hűtése 40 °C-ra.



**II.10.23. ábra: Biogázzal és földgázzal üzemeltetett cukorgyári kazán**

(Forrás: Magyar Cukor Zrt, Biogáz Fejlesztő Kft., 2014)

A fermentorok üzembe lépése után a félüzemi berendezésben tovább folytatott kísérletek igazolták, hogy a fermentorokból távozó fermentléből még további biogáz nyerhető, amely alapján a cukorgyár egy ún. utófermentor építését határozta el. A bővítés célja azonban nemcsak a további gáznyerés volt, hanem a fermentációs fölösiszapot (biogáz-gyártási fermentációs levét) is feldolgozó vállalati szennyvízkezelés hatásfokának a javítása, és a tapasztalható szaghatás mértékének a csökkentése. Az utófermentorban ugyanis a fermentációs bontásra adott alapanyag maradéka is elbontásra kerül, ezért a rendszerből kikerülő kirotasztott iszap a továbbiakban nem terheli a szennyvízkezelést. Mivel az utófermentorban tápanyag-utánpótlás már nincs, a fermentlében lévő baktériumok a meglévő tápanyagot fogyasztják el, tehát a folyamat során a fermentor fölösiszap bűzhatását okozó szerves sav-tartalom nagyságrenddel csökken. A megépült 3000 m<sup>3</sup>-es utófermentorról napi 7000 m<sup>3</sup>-rel lehetett az üzem biogáz termelését növelni, melyben a fermentor fölösiszap tárolásának ideje 2-3 nap is lehet (II.10.24. ábra).



**II.10.24. ábra: A cukorgyár utófermentorral bővített biogáz üzeme**

(Forrás: Magyar Cukor Zrt, Biogáz Fejlesztő Kft., 2014)

A fermentorokban alkalmazott mikroorganizmusokat mezofil baktériumok alkotják, melyek számára pH 7,2 kémhatást és 37-38 °C-ot biztosítanak. Mivel a gyárból kikerkező répaszelet 55 °C-os, így többnyire ennek hűtéséről kell gondoskodni, amit ellenáramú hőcserélővel egy folyó vízzel oldanak meg. Ez napi 9-10 ezer m<sup>3</sup> vízkivételt jelent, a felhasznált vizet ezután visszavezetik a folyóba. Fűtés szükségessége esetén a biogázból előállított gőzt használják fel a megfelelő hőmérséklet eléréséhez.

A préselt szelet elsősorban a fermentációt végző mikrobák szénforrását biztosítja, emellett a megfelelő tápanyag-ellátást foszfor, nitrogén és további nyomelemek adagolásával biztosítják. Mivel a képződő CO<sub>2</sub> és CH<sub>4</sub> mellett itt is jelen van a kén-hidrogén, ennek megkötésére a fermentációhoz adagolt FeCl<sub>3</sub>-ot alkalmaznak, melyet a biogáz vizes mosásával kívánják a jövőben kiváltani.

Mivel a feldolgozás során visszamaradó répaszeleteknek csak egy része került az üzem korábban létesített fermentoraiba, ezért a még fel nem dolgozott alapanyagból kinyerhető biogáz előállítására egy harmadik fermentor építése is megvalósult. A fermentor a cukorrépa-feldolgozási kampányidőszakban korábban biogáz-termelésre fel nem használt répaszelet erjesztésén túl, az év további részében, egyéb alapanyagokból szintén biogázt állít elő. A 3. fermentor 16 500 m<sup>3</sup>-es kapacitásával kiegészülve a cukorgyár biogáz üzeme kampány időszakban 250 000 m<sup>3</sup> biogázt termel naponta. Ily módon a cukorgyártás energiaigényének 75-80 %-át tudják biogázzal fedezni. A biogázt, illetve földgázt 5 gőzkazánban égetik el, a termelődött gőz két ellenáramú gőzturbina segítségével biztosítja a cukorgyártás energia-, illetve hőigényét.

A cukorgyár célul tűzte ki, hogy a cukorgyártást középtávon (3-6 éven belüli) külső energiaforrások bevonása nélkül, a mezőgazdasági és feldolgozási melléktermékekre építve energetikailag önellátóvá teszi. Ezzel egyrészt kiküszöböli a gyártásra és árakra jelentős hatást gyakorló földgázár változás negatív hatását, másrészt teljes egészében hazai erőforrásokra építve, lényegében nulla szén-dioxid kibocsátásúvá alakul át a cukorgyártás.

## **II.10.6. Élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok termikus hasznosítása és ártalmatlanítása**

A következő fejezetekben a növényi és az állati eredetű élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok (illetve állati hullák) termikus hasznosításának és ártalmatlanításának technológiáit mutatjuk be.

### **II.10.6.1. Növényi eredetű élelmiszeripari melléktermékek termikus hasznosítása (a sörtörköly égetése)**

A szeszipari célra felhasznált, kilúgozott gabona magvak (pl. árpa, kukorica, rizs, köles) a fermentációs folyamatok (pl. sörgyártás, viszkigyártás) melléktermékei. A sörgyártás során keletkező, szűrés után visszamaradt szilárd anyag a felhasznált gabonafélék (elsősorban a sörárpa) héját, illetve magbelsőjének darabjait tartalmazza, a kifőzött maláta maradéka. Megközelítőleg 200 kg törköly keletkezik 1 köbméter sör előállításánál.

A nedves sörtörköly (II.10.25. ábra) gazdag nem lebomló fehérjékben, vízdoldható vitaminokban.



**II.10.25. ábra: Nedves sörtörköly**  
(Forrás: <http://www.ukagriculture.com>)

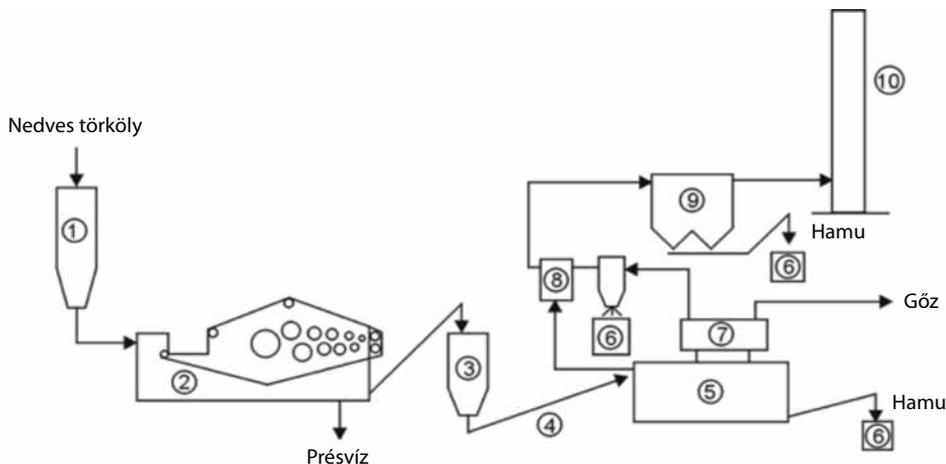
A sörtörköly friss állapotban steril, mikrobáktól mentes, ízletes takarmány, melyet nedves állapotban elsősorban kérődzőkkel (szarvasmarha, juh) etetnek fel. A sör szűrése után visszamaradt törköly 75-80 % nedvességtartalommal, azaz 20-25 % szárazanyag-tartalommal rendelkezik. Nagy nedvességtartalma miatt biológiailag instabil, 2-3 napon belül bomlásnak indul. Hosszabb tárolása és későbbi felhasználása csak akkor lehetséges, ha silózzák vagy megszárazítják. A szárított sörtörköly (II.7.9. ábra) egygyomrú állatokkal (sertés, ló) is feleltethető. A szárítás azonban energiaigényes, és további pluszköltséget jelent a törköly állattartó telepekre történő kiszállítás. A szarvasmarha-állomány a legtöbb európai országban jelentősen visszaesett az elmúlt évtizedekben, ezért alternatív megoldásokat kellett keresni a sörtörköly hasznosítására. A sörtörköly 5 %-nál nagyobb szerves széntartalma miatt nem helyezhető el lerakókban.

Felmerült, hogy a törkölyt könnyű téglák és építőipari préselt kartonok gyártásához, élelmiszer- vagy takarmány-adalékként lehetne hasznosítani. A sörtörköly gombatermesztő közegnek, komposztálva pedig talajerő utánpótlásra is alkalmas. Hőerőművekben elégethető, azonban a nagy víztartalmából következő kis kalóriatartalom és a nagyon nagy  $\text{NO}_x$ -kibocsátás mindezt megkérdőjelezi. Mivel a sörgyáraknak büntetést kell fizetniük, amennyiben nem gondoskodnak a sörtörköly továbbhasznosításáról, ezért felmerült, hogy a gyárak nagy energiaköltségét a törköly helyben történő elégetésével lehetne mérsékelni.

A sörtörkölyégetéssel történő hasznosítását egy teljesen automatizált rendszer végzi (II.10.26. ábra).

A nedves törkölyt egy szivattyú segítségével pumpálják át a tárolósilóból a szalagpréshez. Itt a törköly víztartalmát 80 %-ról 58 % alá csökkentik. A speciálisan kialakított folyamatos üzemű szalagprésben az alsó és felső szalag csökkenő átmérőjű görgők között halad, mely folyamatosan növekvő nyíró- és nyomóerőt biztosít. A szalagprés 7 tonna 42 %-os szárazanyag-tartalmú törkölyt állít elő óránként.

A szalagprésből a feldolgozott törkölymennyiség mintegy fele présvíz formájában távozik. A 20 %-ról 40 %-os szárazanyag-tartalomra történő mechanikai víztelenítés során 1 tonna nedves törkölyből 520 liter présvíz keletkezik. A présvizet az anaerob biogáz előállítás során lehet hasznosítani; egy tonna présvízből 6-8 normál m<sup>3</sup> biogáz készíthető. Egy olyan üzemben, ahol évente 100 000 m<sup>3</sup> sört készítenek, 20 000 tonna nedves sörtörköly keletkezik, a présvízből pedig 80 000 m<sup>3</sup> biogáz termelhető. A présvizet a cefrézéshez használt vízhez is hozzá lehet keverni 10 %-os arányban anélkül, hogy a sör minősége romlana. A présvízből olyan tápanyagok kerülnek be a sörlébe, melyek elősegítik az élesztőgombák szaporodását az erjesztés során.



1. Nedves törköly tároló; 2. Szalagprés; 3. Puffertartály a víztelenített törköly számára; 4. Szállítócsiga; 5. Mozgórácsos kemence; 6. Hamutároló konténer; 7. Gőztartály; 8. Levegő előmelegítő; 9. Porszűrő; 10. Kémény

### II.10.26. ábra: A sörtörköly égetésének technológiai lépései

(Forrás: Zanker et al., 2007 nyomán)

A víztelenített, préselt törköly egy puffertartályba kerül, ahol szükség esetén (pl. egy hétvégén, amikor nincs szükség energiára a sörkészítéshez) 2-3 napig tárolható.

A következő lépésben a víztelenített törköly szállítócsiga segítségével egy mozgórácsos kemencébe kerül betáplálására. A kemence tűzálló bélése alkalmas arra, hogy a kisugárzó hő előmelegítse és szárítsa a törkölyt. Az előmelegítés kiegyenlíti a törköly változó nedvességtartalmát. Az égetés abban az esetben a leghatékonyabb, ha a törköly nedvességtartalma kisebb, mint 60 %. A törköly égetés előtti víztelenítése elkerülhetetlen, máskülönben az anyag nem fog elégni és hőt termelni. Egy tonna nedves törköly elégetésével megközelítőleg 1000 kWh hőenergia állítható elő. A törköly kalóriaértéke megközelítőleg 21 MJ/kg, amely hasonló a lignitéhez. Az égetés során keletkező forró gázok segítségével telített gőz és meleg víz termelhető. Az előállított hőenergia a sörfőzde hőenergia szükségletének akár 80-100 %-át is fedezheti.

A keletkező füstgázokat ciklonnal és elektromos szűrővel tisztítják meg. Ily módon a távozó gáz NO<sub>x</sub>, kén-dioxid, szénhidrogén, szén-monoxid és porkoncentrációja nem haladja meg a vonatkozó határértékek 50 %-át.

A sörtörköly elégetése során keletkező hamu kémiai összetétele különbözik a fahamuétól, mivel több, mint 60 %-át foszfor (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) alkotja. A sörtörköly hamuban lényegesen kevesebb kálium és kalcium található, mint a fahamuban, magnéziumtartalma azonban ahhoz hasonló.

Egy olyan sörfőzdében, ahol éves szinten 20 000 tonna törköly keletkezik, 180 tonna hamu elhelyezéséről kell gondoskodni. Mivel a törkölyhamu gazdag  $P_2O_5$ -ban, 920 tonna NPK műtrágya előállításához elegendő. A törkölyhamu értékesítésével a sör előállítási költségei mérsékelhetőek.

### **II.10.6.2. Állati eredetű melléktermékek termikus hasznosítása és ártalmatlanítása**

Az állati melléktermékek égetéssel történő ártalmatlanítása az 1990-es években került előtérbe a (BSE) szivacsos agyvelő-gyulladás megjelenésével. E betegséget a fertőzött húsliszt okozta, amelyet a 80-as évek eleje óta tejelő tehének takarmányozására használtak. Korábban a húslisztet  $110\text{ }^\circ\text{C}$ -on hőkezelték, ez a hőmérséklet viszont nem volt elegendő a patogén prionok elpusztítására. A veszélyes húsliszt-körforgás megszakítása érdekében jelenleg tilos a húsliszt felhasználása takarmányozási célokra. Ártalmatlanítására több lehetőség is felmerült (tárolás depóniákban, mezőgazdasági hasznosítás), de egyik esetben sem zárható ki a környezeti kockázat, ezért az egyetlen járható út az égetés maradt. A  $850\text{ }^\circ\text{C}$ -os hőmérséklet fölötti elégetés a kórokozó (prionok) proteinstuktúráját teljesen lebontja.

A termékek elégetése csak akkor célszerű, ha az energiamérleg pozitív marad. Kezeletlen állati testek elégetése vegyi összetételük és nagy víztartalmuk következtében energetikailag gazdaságtalan, a hőhasznosítás minimális. Az állati testek fűtőértéke  $8,5\text{-}9,5\text{ MJ/kg}$ , jóval kisebb, mint a húsliszt fűtőértéke ( $16\text{ MJ/kg}$ , állati zsír esetében  $\sim 40\text{ MJ/kg}$ ), amely nagyságrendileg megegyezik a barnaszén ( $\sim 15\text{ MJ/kg}$ ), illetve a kőszén ( $\sim 30\text{ MJ/kg}$ ) fűtőértékével, tehát a felhasználás egyenértékűnek tekinthető. Ugyanakkor a húsliszt elégetése előnyben részesítendő, mivel ezt a műveletet járványhygiéniai okok miatt amúgy is el kell végezni. Az állati testek feldolgozása húslisztté higiéniailag problémamentes anyagot termel, amelyet hosszabb ideig lehet tárolni, anélkül, hogy külön védelemre szorulna.

Az égetésnek két lehetséges módja terjedt el:

- együttégetés cementgyárakban, szén-erőművekben, indukciós kemencékben, kommunális hulladékégetőkben,
- égetés speciális hulladékégető berendezésekben.

#### *Állati eredetű melléktermékek együttégetése*

A húsliszt fűtőértéke viszonylag nagy (ld. II.10.4. táblázat), ezért ezt figyelembe kell venni a fő tüzelőanyaggal történő átkeverés során. Az engedélyezett húsliszt arány  $5\text{-}20\%$ . Figyelemmel kell lenni arra is, hogy az égetési hőmérséklet a fűtőérték miatt nem lehet túl nagy, ezért a kemence hőterhelését csökkenteni szükséges. A kb.  $1000\text{ }^\circ\text{C}$ -os hőmérséklet lehetővé teszi a kiindulási anyagban jelenlevő patogén prionok biztos megsemmisítését. A húslisztek együttes elégetése általában csökkentett károsanyag-emisszióhoz vezet, így az előírás szerinti határértékek betartathatók. A húsliszt nagy fűtőértéke lehetővé teszi a jó kiégetést, ezzel a CO-kibocsátás csökkenthető. A húsliszt nagy nitrogéntartalma ugyanakkor nagyobb primer  $\text{NO}_x$ -koncentrációhoz vezet az eltávozó füstgázban. Amennyiben ez a mennyiség megnövekszik, további füstgáztisztító berendezések szükségesek, amely a szelektív nem-katalitikus redukció esetén ammóniaoldat vagy karbamid felhasználását is igényli. A húslisztben levő konyhasóból származó klór korróziós veszéllyel is fenyeget. A hulladékégetésnél a rostélyon keresztül történő áthullás miatti maradékokat újabb termikus kezelésnek kell alávetni. A hulladékégető berendezések rostélyain áthulló mennyiség miatt a rostély leterhelése kedvezőtlenül alakul (üres járás), és adott esetben az el nem égett salakot vissza kell táplálni a rendszerbe. Előfordulhat, hogy a nagy hőmérsékletű pontokon lerakódik a foszfor-oxid, kalcium-oxid és ugyanez történhet a pernyében is. A gáz alakú foszfor-oxidok és vegyületek hatása negatív az alkalmazott katalizátorokra nézve.

#### *Égetésre előkészített húsliszt cementművi együttégetése*

Az állati melléktermékeknek vagy az azokból származó termékeknek az égetés során fűtőanyagként való használata engedélyezett, és nem számít hulladék-ártalmatlanítási mű-



veletnek (1069/2009/EK rendelet). Az 1. kategóriájú SRM-t (specified risk material) tartalmazó, takarmányozásra nem alkalmas állati melléktermékek égetésre előkészített húscsontliszt formájában cementgyárak részére kerülnek átadásra (közvetett hasznosítás), ahol együttégetés formájában kerülnek hasznosításra, illetve ártalmatlanításra. Az állati tetemek közvetlen égetésének feltételei nem adóttak hazánkban, ezért szükséges a húscsontliszt formátumú anyaggá történő előkészítés, amit 1 tonnás kiszerezésű big-bag zsákokban (II.10.27. ábra) vagy ömlesztve szállítanak el a cementművekbe, ahol tüzelőanyagként hasznosítják energiataartalmát, miközben elvégzik az anyag ártalmatlanítását is.

Egy hazai állati melléktermékeket feldolgozó vállalkozás mintegy 25 ezer tonna 1. kategóriába tartozó nyers állati mellékterméket gyűjt össze évente. A begyűjtés során egyes esetekben a 2. és 3. kategóriájú frakció is bekerül az 1. kategóriájú melléktermékek közé, ám ekkor a teljes mennyiséget 1. kategóriájúként kell kezelni. A hazai szabályozás szerint a veszélyesnek minősülő hulladékból Solton és Debrecenben húscsontlisztet készítenek, amelyet a Duna-Dráva Cement Kft. váci és beremendi cementgyáraiban égetnek el. Az 1. kategóriába sorolt anyagok égetésre való előkészítése a húsliszt-vonal technológiával folyik.

Az 1. és 2. kategóriába sorolt állati melléktermékekből előállított zsírt saját telepen, mint megújuló energiát, gőztermelésre (közvetlen hasznosítás) használják fel. Az állati zsírok döntően egyes szénláncú, páros, 2-26 közötti szénatom számú telítetlen zsírsavakat tartalmaznak. Az állati zsírok néhány fajta vegyületből állnak, melyek forrási hőmérséklete nagy. Az energiahordozó-váltás a meglévő kazánok átalakítását, tüzelőberendezéseik cseréjét (forgóserleges égő), valamint tüzelőanyag ellátó rendszer átalakítását jelentette a hazai vállalkozásnál. A zsírtüzelés, mint megújuló energiatermelés környezetterhelése kisebb, mint a fosszilis energiahordozóra alapozott hőenergia-termelésé, és előnye, hogy a fosszilis energiahordozó elégetéséből származó CO<sub>2</sub>-kibocsátás csökkenésével jár. Éves szinten kb. 5-6000 tonna zsírt égetnek el. A zsírtüzelés hatással van az emisszió mértékére, nő az NO<sub>x</sub>-koncentráció. Értékének kézben tartása a füstgáz recirkulálásával megoldható. A füstgáz recirkuláció eredményes és gazdaságos, mértéke 5-20 % közötti. A 20 %-os füstgáz recirkulációval a termikus NO<sub>x</sub>-koncentráció kerek felére csökken. Az égetés határfoka és az emisszió határértékek tartása szempontjából a zsír minőségét az előállítási és tárolási technológia során közel állandó szinten fontos tartani. Szükséges volt a kazán névleges teljesítményének 80-85 % közé történő visszavétele. A kazánházi hulladék (évi 4-5 tonna) nem veszélyes, a települési szilárd hulladékkal együtt kezelhető. Az égetésre a 3/2002. (II.22.) KöM rendelet előírásai vonatkoznak.

A II.10.4. táblázat mutatja be az égetésre szánt csont-húsliszt beltartalmi mutatóit, melyből jól látható, hogy a húsliszt nagyon jó fűtőértékkel rendelkezik, amely nagyjából megegyezik a barnaszén fűtőértékével.

**II.10.4. táblázat: Égetésre szánt csont-húsliszt beltartalmi mutatói** (Forrás: Süveges, 2010 nyomán)

Paraméterek	Minimum	Átlag	Maximum
<b>Nedvességtartalom [ %]</b>	2,0	3,8	9,0
<b>Zsírtartalom [ %]</b>	9,0	15-20	28,0
<b>Nitrogéntartalom [ %]</b>	7,0	8,6	9,9
<b>Fehérjetartalom [ %]</b>	44,0	53,9	62,0
<b>Hamu [ %]</b>	17,0	25,7	32,0
<b>Égőhő [MJ/kg]</b>	17,0	18,0	22,0
<b>Fűtőérték [MJ/kg]</b>	16,0	17,0	20,0

A cementművegyüttégetés során alap- vagy kiegészítő tüzelőanyagként hulladékot vagy hulladékgázt használnak (3/2002. (II.22.) KöM rendelet).

A cementművi együttégetés során felhasznált kiegészítő anyagok:

- másodlagos (ún. alternatív) tüzelőanyagok,
- hulladékok, mint nyersanyagok.
- ipari melléktermékek (hulladékok), mint cement kiegészítő adalékanyagok.

A kezelés során csökkennek az energiaköltségek és a hulladékkezelési problémák is megoldódnak. Javul az energetikai hatékonyság. A technológia során felhasznált hőmennyiség szerinti ún. helyettesítési arány Európában mintegy 12 %, nálunk ez kb. 3 %. Az állati melléktermékek mind energetikailag, mind anyagukban salakképződés nélkül, teljes mértékben hasznosulnak. A fosszilis tüzelőanyagok hulladék-alapú tüzelőanyagokkal történő helyettesítése a fajlagos tüzelőanyag-emisszió csökkentését eredményezi.

A cementgyári forgókemencének számos, az alternatív tüzelőanyagok hasznosítása szempontjából ideális jellemzője van, ilyen pl. a nagy hőmérséklet (2000 °C-os gáz - és 1450 °C-os anyaghőmérséklet) és a hosszú tartózkodási idő, illetve az energia/anyagtartalom maximális hasznosulása.

A cementműben az egy nap alatt elégethető állati melléktermék mennyisége az egyes kazánokra vonatkozóan megközelítően 5 tömegszázalék. A cementművekben használatos különböző állati melléktermék beadagolási módszereket a II.10.27. ábra mutatja be, mely szerint ömlesztett és „big-bag” zsákos beadagolást végeznek.

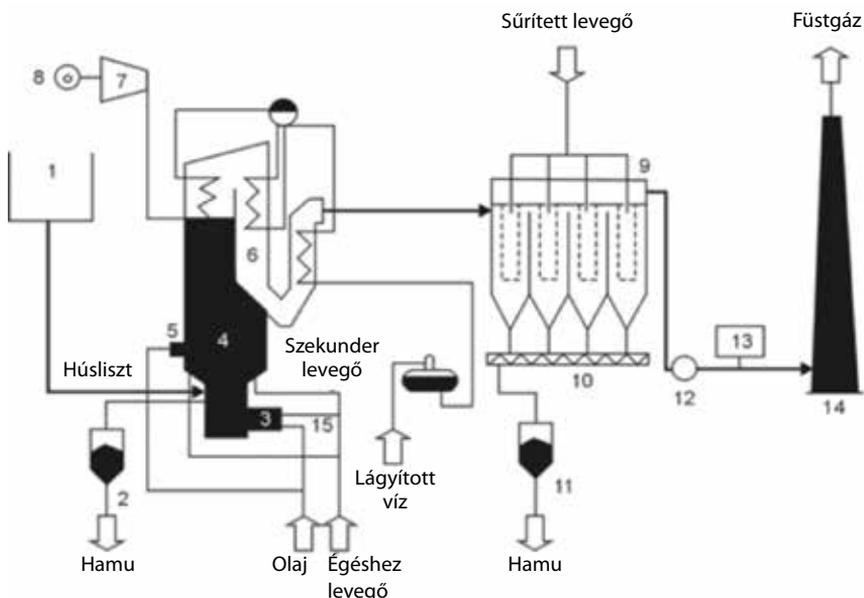


**II.10.27. ábra: Ömlesztett és „big-bag” zsákos állati melléktermék (csont-húsliszt) beadagolás a cementművi együttégetéshez (Forrás: Süveges, 2010)**

#### *Állati eredetű melléktermékek égetése speciális hulladékégető berendezésekben*

Az egycélú égető berendezések, összehasonlítva az együttégetéssel, jobb megoldást jelentenek. A tüzelőanyag-kezelés, a termikus folyamatok és a füstgázok tisztítása szempontjából optimalizálják ezeket a berendezéseket. A nagy fűtőértékű tüzelőanyag (húsliszt és állati zsírok) viszonylagos egyenletes minősége optimális feltételeket teremt az égetéshez. Az égési folyamat optimalizálása másodlagos rendszabályok alkalmazása nélkül lehetővé teszi valamennyi levegőszennyezés-korlátozó előírás (beleértve a füstgázok mechanikus mentesítését a hamutól) betartását. A húsliszt elégetése szűk hőmérséklet-tartomány (mintegy 900 °C-tól 950 °C-ig) betartásával végezhető. A tüzelőanyag kiégése jó és biztonságos. Általában a fluidágyas kemencék terjedtek el ilyen célra.

Egy angol cég Southampton (Nagy-Britannia) közelében egycélú égető berendezést (húsliszt-tüzelésű erőművet) létesített a hús- és csontliszt termikus hasznosítására. A hús- és csontlisztet helyhez kötött fluidágyas rendszerben hőkezelik, majd a hulladékhőt villamos energia termelésére hasznosítják. A füstgázokat megfelelő mértékben tisztítják. A folyamat egyszerűsített vázlatát mutatja be a II.10.28. ábra.



- 1 – Húliszt tárolás; 2 – Hamusító; 3 – Indító égéskamra; 4 – Fluid ágyas kemence; 5 – Kiegészítő égőfej; 6 – Hulladék hő hasznosító kazán; 7 – Turbina; 8 – Generátor; 9 – Tömlős szűrő; 10 – Hamuszállítás; 11 – Hamusító; 12 – Szívott levegő; 13 – Levegőszennyezés mérése; 14 – Kémény; 15 – Primer levegő

II.10.28. ábra: Húliszt elégetése fluidizált rétegben – egyszerűsített folyamatábra  
(Forrás: [http://www.omikk.bme.hu/collections/mgi\\_fulltext/trend/2002/05/0506.pdf](http://www.omikk.bme.hu/collections/mgi_fulltext/trend/2002/05/0506.pdf))

### Állati testek elégetése

Az állati testek (hullák) elégetése ún. kompakt kazánokban történhet, a kapacitás tételeként legfeljebb 1-2 tonna. A kisméretű állatégetők előnye, hogy alkalmazásuk során nem visznek be és nem visznek ki tetemeteket a telepről, mellyel nagymértékben csökken a behurcolható fertőzések veszélye, nem kell a gyűjtőhálózatra várni, nincs szállítás, szinte a keletkezés pillanatában ártalmatlanítható a hulladék, nincs bűzhatás.

A kiskapacitású hullaégető 2 összekapcsolt kamrából áll. Az első a főkamra, amelybe az állati tetemet kell berakni és itt történik az elégetése. A gázok ebből a térből jutnak át a másodlagos kamrába, ahol az összes gázt elégetik. Mindkét kamra saját, ventilátorral ellátott égetővel rendelkezik. Az utóégető gázhőmérséklete minimum 850 °C kell, hogy legyen és ezt az értéket meg is kell tartania. A felhasznált energiaforrás olaj vagy földgáz.

A Magyarországon forgalmazott különböző méretű hullaégető berendezések sertés-, baromfi-, juh- és kisállat-hullák termikus ártalmatlanítására használhatók. A sertéstartásban a hamvasztásánál a töltőtömeg elérheti az 500, 1200 és akár a 2000 kilogrammot is. A baromfitartásban a 75 kg töltőtömegű hullaégetővel egyszerre néhány, a 150 kg töltő tömegű hullaégetővel akár 30 csirke egyidejű hamvasztása is elvégezhető. A 200, 400 és 500 töltő tömegű hullaégető berendezés egyszerre 50, 100 vagy akár 100-nál is több csirke hamvasztását is lehetővé teszi. Juhtartásban a 150 kg töltő tömegű hullaégetővel egyszerre maximum egy közepes méretű juh hamvasztása végezhető el, de a 200, 300 és 500 kg töltő tömegű berendezések egyszerre több kisebb juh, vagy akár 2-3 nagyobb juh egyszerre történő hamvasztását is lehetővé teszik. Kisállattartásban a 75 és 150 kg töl-

tő tömegű hullaégetővel madarak, rágcsálók, közepes méretű háziállatok (kutya, macska) hamvasztása végezhető el. A 300-as és 500-as típusok átlagos méretű és fajtájú hobbiállatok hamvasztásához használhatók.

Mindegyik berendezés óránkénti 50 kg elégetési teljesítményével kiskapacitású égető berendezésnek számít, így engedélyeztetési eljárása is egyszerű. A helyi állategészségügyi állomás engedélyére van szükség. A II.10.29. ábrán 75 kg, 200 kg és 1600 kg töltő tömegű hullaégetőket mutatunk be.



**II.10.29. ábra: A 75, 200 és 1600 kg töltő tömegű hullaégető berendezések**

(Forrás: <http://www.bentleyhungary.hu/allattenyesztes/waste-spectrum-allati-hullaeto/allati-hullaeto/V75/>;  
<http://www.bentleyhungary.hu/allattenyesztes/waste-spectrum-allati-hullaeto/allati-hullaeto/v200/>;  
<http://www.bentleyhungary.hu/allattenyesztes/waste-spectrum-allati-hullaeto/allati-hullaeto/V1600/>)

## II.11. Élelmiszeripari szennyvizek kezelése (Uri Zsuzsanna)

Az élelmiszeripar a legjelentősebb szennyvíz kibocsátó iparágak közé tartozik. Ebben a fejezetben az élelmiszeripari szennyvizek legfontosabb tulajdonságait és tisztítási módszereit mutatjuk be, illetve az élelmiszeripar legnagyobb vízfelhasználói közé tartozó ágazataiban (konzervipar, hűtőipar, tejipar, állatfahérje-feldolgozó ipar) keletkező szennyvizek tisztítását ismertetjük.

### II.11.1. Az élelmiszeripari szennyvíz mennyiségi és minőségi jellemzése

A vízszennyezés minden olyan hatás, amely a felszíni és a felszín alatti vizek minőségét úgy változtatja meg, hogy a víz alkalmassága emberi használatra (az ivóvízellátásra, az ipari, mezőgazdasági és egyéb célú felhasználásra) és a benne végbemenő természetes életfolyamatok biztosítására csökken vagy megszűnik. A vízszennyezés lehet természetes eredetű is, de elsősorban az emberi tevékenységek okozzák. A háztartásokból származó tisztítás utáni, éves átlagos nitrogén-, foszfor- és az ötnapos biokémiai oxigénigény ( $BOI_5$ )-terhelés, valamint a dikromátos oxigénfogyasztás ( $KOI_k$ ) mennyiségei statisztikai felmérések alapadataiból becsülhetők. A mezőgazdaságból, illetve az iparból származó kibocsátás adatai azonban hiányosak, nem teljes körűek. Az utóbbi években a vízfelhasználás megközelítőleg 20-30 %-kal csökkent, ami egyúttal a szennyvizek „besűrűsödéséhez” is vezetett, és a szennyvíz fajlagos minőségi értékei romlottak.

Az élelmiszeripar a legjelentősebb vízfelhasználók és szennyvíz kibocsátók közé sorolható. A hazai iparágak negyedik legnagyobb vízfogyasztója az élelmiszeripar. Az élelmiszeriparban keletkező szennyvizek mennyisége és minősége nagymértékben függ az üzem méretétől, típusától, az alkalmazott gyártási technológiától és a helyi adottságoktól. Legtöbb ágazata ivóvíz minőségű vizet igényel. A nagy élelmiszergyártó létesítmények több száz  $m^3$  vizet használnak fel naponta. A vízterhelés szempontjából a legnagyobb vízfelhasználó a hús-, baromfi-, tej-, konzerv-, cukor-, sör-, és az üdítőital-ipar, míg az édes-, bor-, sütő-, malom-, növényolaj-, szeszipar a mérsékeltbb felhasználók közé tartozik. A hús- és baromfiipar becsült éves vízfelhasználása együttesen 22 millió  $m^3$ . A legnagyobb szennyvíz-terheléssel az állati termékeket feldolgozó iparágak és a szeszipar bír. Egy tonna csontos sertéshúsról vetítve 17-23  $m^3$ , 1 tonna élőbaromfira vetítve pedig 15-25  $m^3$  szennyvíz keletkezik naponta.

A technológiai folyamatokban keletkező szennyvizek négy fő csoportba sorolhatók:

- az előkészítő műveletek során keletkezett szennyvizek,
- a technológiai eredetű szennyvizek,
- a hűtő- és kondenzvizek,
- az öblítő-, mosó- és takarítókivizek.

Az élelmiszeripari szennyvizekre jellemző a  $KOI_k$  1300-7600 mg/l és a  $BOI_5$  600-4800 mg/l értéktartomány (azaz szűk a  $KOI_k$   $BOI_5$  arány), valamint az, hogy a szennyező anyagok biológiailag jól lebonthatók az aerob és anaerob lebontási folyamatokban. A szennyezés a vágóhidak, húsipar és a tejipar esetében döntően zsír jellegű (kolloid mérettartományban), míg a konzerviparban és a söriparban főként oldott szerves anyagként van jelen. Az élelmiszeripari szennyvizek főbb minőségi jellemzőinek nagyságrendjét mutatja be tájékoztató jelleggel a II.11.1. táblázat.

A tisztított szennyvíz minőségére vonatkozó előírások: Az élelmiszeripari üzemek döntő többsége közcsatornába vezeti be a szennyvizeit. A vízszennyező anyagok kibocsátásaira vonatkozó határértékekről és alkalmazásuk egyes szabályairól szóló 28/2004. (XII. 25.) KvVM rendelet írja elő a közcsatornába való előtisztítás vagy a befogadóba való bevezetés tisztítási határértékeit. A rendelet kétféle kibocsátási határértéket tartalmaz a technológia képességének (technológiai határ-

érték) és a befogadó védettségének (területi határérték) előírása szerint. A kibocsátási határértéket a kibocsátó számára a felügyelőség engedélyben, illetve az ahhoz adott szakhatósági állásfoglalásban állapítja meg. A hivatkozott rendelet az egyes élelmiszeripari esetekre külön-külön is meghatározza a követelményeket.

**II.11.1. táblázat: Néhány élelmiszeripari szennyvíz jellemző adatai (Forrás: Lux, 2003)**

Iparág	KO <sub>l</sub> <sub>k</sub> (mg/l)	BO <sub>l</sub> <sub>5</sub> mg/l	Összes lebegő anyag (mg/l)	Zsír- és olaj-tartalom (mg/l)	pH
Vágóhidak és húsipar	2500-5000	1000-2400	1000-2000	200-600	6,5-8,5
Tejipar	3500-6000	1500-3000	400-600	200-550	5-10
Konzervipar	4000-9000	2000-5000	1500-3500	50-150	5,5-10
Söripar	2500-4500	1200-2300	300-800	20-50	4,5-12

### II.11.2. Az élelmiszeripari szennyvizek tisztításánál alkalmazható szennyvízkezelési technológiák

A szennyvíz tisztítási módja nagymértékben függ a szennyvíz jellegétől, eredetétől, így beszélhetünk pl. települési, ipari, mezőgazdasági stb. szennyvíztisztításról. A szennyvizek szükséges tisztítási fokát a befogadó viszonyai, a tisztítandó szennyvíz mennyisége, a tisztított szennyvízzel a befogadóba engedhető szennyező anyagok mennyisége, a gazdaságossági szempontok, valamint az egyes országokban érvényben lévő vízvédelmi jogszabályokban meghatározott tisztítási határértékek befolyásolják.

Az élelmiszeripar szennyvizeinek tisztítása során a legfontosabb technológiai feladatokként a következők sorolhatók fel:

- az úszó anyagok-zsírok, olajos stb. kiválasztása, eltávolítása,
- a szennyvíz lebegő anyagainak eltávolítása,
- a szennyvíz organikus anyagainak lebontása, a KO<sub>l</sub><sub>k</sub> és a BO<sub>l</sub><sub>5</sub> paraméterek előírt mértékben történő csökkentése,
- az íz- és szagrontó anyagok, mikroszennyezők eltávolítása,
- zavarosság- és elszíneződést okozó anyagok kivonása,
- a levegőszennyezést okozó illó anyagok kivonása, eltávolítása,
- nitrogén- és foszfor-vegyületek eltávolítása, tavak eutrofizációjának késleltetése, megakadályozása,
- toxikus vegyületek eltávolítása,
- biológiailag nem vagy csak részlegesen bontható anyagok eltávolítása.

Korszerű, új feladatként jelentkezik a szennyezett víz újrafelhasználása, az értékes anyagok visszanyerése, hasznosítása.

A szennyvizek tisztítására alkalmazandó szennyvízkezelési technológia kiválasztásánál a szennyezés jellegéhez kell igazodni. Az élelmiszeripari szennyvizek tisztítási technológiai az alábbi főbb csoportokba sorolhatók:

- mechanikai szennyvíztisztítás,
- fizikai-kémiai szennyvíztisztítás,
- biológiai szennyvíztisztítás.

### *Az élelmiszeripari szennyvizek mechanikai tisztítása*

A szennyvíztisztítás első lépése a mechanikai tisztítás. E technológiai szakasz alapvető feladata a szennyvízben lévő durvább-finomabb lebegő, úszó szennyeződések eltávolítása mechanikai-fizikai műveletekkel, amellyel csökkenthető a további tisztítási lépcsők terhelése, az ott alkalmazott gépészeti berendezések (pl. szivattyúk) eltömődése, kopása, a keletkező tisztítási melléktermékek, iszapok mennyisége. A szennyvíz durva szennyezői a szennyvízrácson akadnak fenn. Az ívszítákat is széles körben alkalmazzák az élelmiszeripari szennyvízkezelés során a legkülönbözőbb üzemi nagyságrendeknél. Az ívszita által leválasztott szilárd fázis gyakran takarmányozásra is felhasználható. A szennyvízben lévő ásványi anyagok homok- és iszapfogóval választhatók le. Az élelmiszeripari szennyvizek jellegzetes összetevője a zsír és az olaj, ami zsír- és olajfogósegítségével a víztől különválasztható. A mechanikai tisztítás leggyakrabban alkalmazott műtárgyai az ülepítők. Az élelmiszeripari területén gyakran használnak hidrociklonokat az ásványi szennyeződések leválasztására.

### *Az élelmiszeripari szennyvizek fizikai-kémiai tisztítása*

Az élelmiszeripari szennyvizek fizikai-kémiai előtisztításának elsődleges célja a lebegőanyagok eltávolítása, valamint a szerves szennyezőanyag-tartalom csökkentése. A flotációs berendezések több cégtől, eltérő kialakításokban, nagy számban vannak jelen az élelmiszeripari üzemekben. A flotációs berendezés két fő technológiai lépése a flokkulálás és flotálás. Az oldott-levegős (DAF) flotálók vízben oldott levegővel segítik elő a szilárd és folyadék fázisok szétválasztását. A folyamat hatékonyságának növeléséhez általában vegyszert is adagolnak, melynek hatására koaguláció, majd flokkuláció játszódik le a kezelt folyadékban. A koaguláció révén a szilárd részecskék destabilizálódnak és kicsapódnak. A flokkuláció során a destabilizálódott részecskék nagyobb egységekbe, úgynevezett flokkokba rendeződnek. A flokkuláló pH mérővel rendelkezik, mely biztosítja a semlegesítéshez szükséges automatikus vegyszeradagolást. Flotálás során a nyomás alatt levegővel telített víz a flotáló folyadékterébe kerül, ahol a nyomáscsökkenés hatására a levegővel telített vízből kiváló mikrobuborékok megtapadnak a flokkok felszínén. A mikrobuborék–flokk aggregátum a sűrűségkülönbség hatására a folyadékfelszínre úszik. A felúszott szennyeződések automatikus lefolyózó gépészeti berendezés távolítja el a vízfelszínről, amelyet a tároló tartályból veszélyes hulladékként kell elszállítani és engedélyezett telepen elhelyezni. Vegyszeres flotálásal lehet eltávolítani a főként kolloid-szennyeződések tartalmazó vágóhídi, húsüzemi és tejipari szennyvizekből a szennyeződések.

Az élelmiszeripari szennyvizek tisztítására is alkalmazhatók a korszerű membrántechnikai megoldások. A membrán technológiák a szűrésen alapulnak. A szennyvízből kiszűrendő részecskék méretétől függően beszélhetünk mikro- (MF), és ultra- (UF), nanoszűréről (NF), valamint fordított ozmózisról (RO). Ezen rendszerek előtt fokozott előtisztítás szükséges, energiaigényük nagy. Lehetséges a szennyvizek recirkuláltatása, de költségigényük többszörös a hagyományos szennyvíztisztítási megoldásokkal szemben.

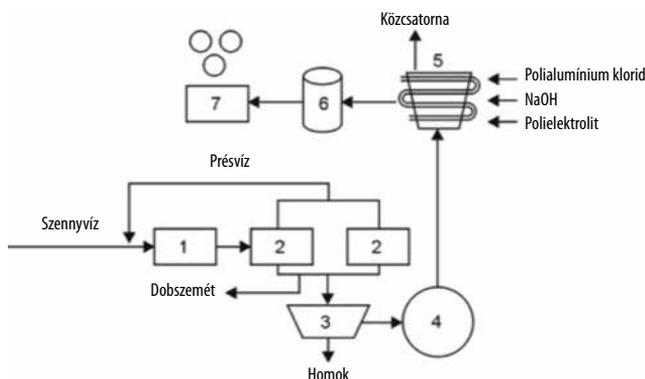
### *Az élelmiszeripari szennyvíztisztításban alkalmazott biológiai szennyvíztisztítási módok*

A biológiai tisztítási eljárások során a szennyvizek szerves szennyezőanyagainak eltávolítását mikroorganizmusok segítségével végzik aerob (szabad levegőn vagy szellőztetéssel, ventilációval) vagy anaerob (levegőtől elzárt) körülmények között. Egyes élelmiszeripari szennyvizek esetében a biológiai lépcső hatékonyságát tápanyag-adagolással (nitrogén- és foszfor-vegyületekkel) segítik elő. A kisebb szervesanyag-tartalmú ( $KOI_k = 1500-2800 \text{ g/m}^3$ ) és viszonylag kisebb mennyiségű ( $200-600 \text{ m}^3/\text{d}$ ) szennyvizek tisztítására az aerob szennyvíztisztítási technológiák alkalmasabbak, ahol az anaerob szennyvíztisztításhoz képest nagyobb mennyiségű biológiai fölösiszap képződik. Az aerob szennyvízkezelés egyik megvalósítási formája a korszerű mélylevegőztetéses, eleve-

niszapos technológia, ahol a biológiai tisztítás után utóülepítőben történik meg a tisztított szennyvíz és a recirkulációval a tisztítási folyamatban visszavezetett eleveniszap fázis-szétválasztása, valamint a fölös iszap leválasztása. Az élelmiszeripari szennyvizek szervesanyag-tartalma több ezres nagyságrendű  $KOI_k$  értékben kifejezve, ezért szükséges lehet a több lépcsős biológiai tisztítás alkalmazása, különösen akkor, ha a befogadó élővíz. A két lépcsős kialakítása megoldható az eleveniszapos és a csepegtetőtestes rendszerek kombinációjával is. A csepegtetőtestes szennyvíztisztítási technológia szintén aerob működési elvű, ahol a baktériumok nagy fajlagos felületű szilárd hordozóhoz vannak kötve. Az anaerob szennyvízkezelés a nagy szervesanyag-terhelésű szennyvizek esetén alkalmazott eljárás, amely során melléktermékként, energia előállítására hasznosítható biogáz fejlődik. Ennek a tisztítási technológiának a viszonylag nagy beruházási költsége kis üzemeltetési költséggel, kevés iszapképződéssel és energia-visszanyerési lehetőséggel társul. A folyamat nagyon jól tűri a terhelés-ingadozásokat. A keletkező iszap kellően stabilizált és patogénmentes. A technológia jellemzője, hogy csak koncentrált szennyvizek esetében gazdaságos, azonban a legújabb rendszerek már 100 mg  $KOI/l$ -rel is üzemelnek. Mindenképp fontos megemlíteni, hogy az anaerob tisztítást követően az elfolyó vizet mindig tisztítani kell. Ennek oka, hogy az elfolyó tisztított víznek nagy az ammóniatartalma, továbbá tartalmaz illósavakat és nem fermentálható oldott szerves vegyületeket. Ez főleg rövid tartózkodási idő és gyenge hatásfokú biokonverzió esetén igaz. Magyarországon a söriparban már alkalmaztak ilyen szennyvíztisztítási technológiát. A konzervipari nagy szervesanyag-tartalmú szennyvizek esetében szintén alkalmazhatónak látszik ez a technológia, azonban hazai elterjedésének a konzervipari szennyvizek szezonális keletkezése egyelőre gátat szab.

#### *Az élelmiszeripari szennyvizek tisztításakor keletkező iszapok*

Az élelmiszeripari szennyvizek tisztításakor keletkező iszapok mennyisége éves szinten 100 ezer tonna. Ennek 66 %-a a húsiparban, 30 %-a a baromfiiparban, 2-3 %-a az állati eredetű melléktermékeket feldolgozó vállalat üzeimeiben, 0,4 %-a pedig a szesziparban keletkezik. A szennyvíz tisztítása során keletkező szennyvíziszap elhelyezése az egyik legkritikusabb pontja az élelmiszeriparnak. Ennek hasznosítása még nem teljesen megoldott. Viszonylag több szabadalom is született ezen anyagok komposztálását és mezőgazdasági felhasználását illetően, de a módszer költségigényessége és a szigorú szabályozás miatt még nem elég elterjedt.



1. Átemelő; 2. Dobszűrők; 3. Homokfogó; 4. Biológiai FLEXIPAK reaktor;
5. Csőflokulátor és DAF flotációs berendezés; 6. Iszapvíztelenítő, szalagszűrő berendezés; 7. Iszaptároló tartályok

**II.11.1. ábra: A konzervipari szennyvíztisztítás folyamatábrája** (Forrás: saját szerkesztés)



### II.11.3. Konzervipari szennyvizek tisztítása – esettanulmány

A konzervipar vízfelhasználásának mintegy 90 %-a ivóvíz minőségű. A friss víz 75 %-át hűtő- és káztápvíz pótlására használják fel. Nagy vízigényű a nyersanyag-szállítás, a nyersanyagmosás, a dobozmosás és a hőkezelés. A legtöményebb vizek a mosásból, hámozásból és előfőzésből származnak. A keletkező szennyvíz mennyisége és minősége terméktől függő. A konzervipari szennyvizek közcsatornába vezetését előtisztítási rendszer működtetése teszi lehetővé. Az alkalmazható tisztítás-technológiák közül példaként hazánk egyik korszerű; mechanikai tisztításból, fix biofilmes, kontaktelemes biológiai tisztító technológiából és kémiai kondicionálásból álló előtisztítási rendszere kerül bemutatásra (II.11.1. ábra).

A termelési helyeken képződő szennyvizek először az átemelő műtárgyba jutnak. Az átemelt szennyvíz ezt követően 0,75 mm résméretű dobszűrőre érkezik, melyben a leválasztott anyag összehúzója is biztosított. A keletkezett présvizet a tisztítatlan szennyvízhez vezetik vissza, míg a leszűrt anyag takarmányként hasznosítható. A dobszűrő után a szennyvíz gravitációs homokfogó berendezésre érkezik, ahol megtörténik a maradék homokszemcsék leválasztása. A szeparált homok ferde acél csigaberendezésen keresztül szállítójárműre vezethető. A mechanikailag előtisztított szennyvíz a homokfogó berendezésről gravitációs továbbvezetésre kerül a biológiai Flexipak reaktorba (II.11.2. ábra), melynek feladata a biológiai úton lebontható szerves oldott szennyeződés eltávolítása aerob úton. A Flexipak rendszer nem hagyományos eleveniszapos rendszer. A biológiai lebontás a beépített immobil Turbopak kontaktelemeken (II.11.2. ábra) kialakuló biofilm rétegen keresztül megy végbe. A biofilm hártya előregedett része folyamatosan leválik és a tisztított szennyvízzel elúszik. A bemutatott biológiai szennyvíztisztító egység tisztítási hatásfoka  $BOI_5$  értékre 80-95 %-os, KOI-ra 70-90 %-os hatásfokot biztosít.



**II.11.2. ábra: Konzervipari üzem Flexipak® biológiai szennyvíztisztítója és a Flexipak® rendszer gyűrűreaktora** (Forrás: Uri Zsuzsanna fotói)

A biológiai részisztító egység után a szennyvizet csőflokkulátorba (II.11.3. ábra) vezetik, ahol a szennyvízben emulgeált, vagy kolloid állapotban lévő szennyezőanyagok szilárd fázisú lebegőanyaggá alakulnak. A pehelyképződés fokozása érdekében a berendezésbe vegyszereket (BOPAC-ot, NaOH-t és polielektrolitot) juttatnak be. Az egyes vegyszerek beadagolása a flokkulátor csővezetékének különböző pontjain történik, az intenzív keverést a kialakuló turbulens áramlás biztosítja. A flokkulált iszapot tartalmazó szennyvíz ezt követően túlnyomásos DAF flotációs berendezésbe (II.11.3. ábra) kerül. Az oldott levegős flotálás (DAF=Dissolved Air Flotation) korszerű, nagyteljesítményű fázissztávlasztási eljárás. A flotációs berendezésbe való befolyás előtt a szennyvízhez levegővel dúsított visszacirkuláló vizet adagolnak. A finom levegőbuborékok a vízben található szilárd anyagokkal keverednek, iszappelyhek keletkeznek. A lebegő részecskéket a felületükre tapadó légbuborékok nagy sebességgel a folyadék felszínére úsztatják. A felúszó iszapfázis a berendezés felszínéről egyszerűen eltávolítható.



**II.11.3. ábra: Csőflokkulátor és oldott levegős flotációs (DAF) berendezés**  
(Forrás: Uri Zsuzsanna fotói)

A flotációs berendezéshez iszapvíztelenítő, szalagszűrő berendezés kapcsolódik. A keletkezett 3-5 % szárazanyag-tartalmú iszapot iszaptartályokban tárolják, majd biogáz-üzemi alapanyagként hasznosul.

#### **II.11.4. Hűtőipari szennyvizek tisztítása – esettanulmány**

A gyorsfagyasztott termékek előállításánál friss víz 90 %-a ivóvíz minőségű, ennek kb. felét hűtő- és kazántápvíz pótlására használják. A technológiában a legtöbb vizet a nyersanyag tisztítására fordítják.

A hűtőipari szennyvízkezelés egy fagyasztott zöldségalapú élelmiszerek előállítását végző hűtőház példáján keresztül kerül bemutatásra. A cégnél a technológiai vizet a kommunális szennyvíztől elkülönítetten kezelik. A szennyezett csapadékvizet, mely a nyersáru fogadó és készáru elszállító területen keletkezik, az ipari szennyvízzel együtt tisztítják. A mechanikai és kémiai kezeléssel átesett technológiai vizet 2,9 hektáros nyárfás szűrőmezőn helyezik el, mely közös használatban van a szomszédos zöldség- és gyümölcsle gyártásával foglalkozó céggel.

A mechanikai kezelést az üzem területén ülepitő és szűrő egységek (oldó-medence, rács 10 mm-es résmérettel, homok- és uszadékfogó, ívszita; II.11.4. ábra) biztosítják.



**II.11.4. ábra: Ívszita (balra), illetve ülepitő, szűrő és mésztej-adagoló egység (jobbra) a nyárfás szűrőmező előtt** (Forrás: Uri Zsuzsanna fotói)

A szomszédos két termelőüzem egyesített technológiai vizét közvetlenül a nyárfás elhelyező telep előtt ülepitővel és rúdostás dobszűrővel mentesítik a darabos részekről, majd mésztejjel kezelik, mellyel a pH a semleges-gyengén lúgos irányba tolódik.

Az üzemi munkarendet figyelembe véve a víz nyárfásra való kikerülése maximum 6 hónapra (júniustól novemberig) korlátozódik.

A telepítési rendszer ikersoros, drén- (elnyelető) árkokkal van megszakítva (II.11.5. ábra). A víz elosztását betonozott osztóárkok segítik (II.11.5. ábra), a kormányzás a szakaszokban tiltókkal történik (II.11.6. ábra). Az elnyelető árkokba a vizet kavicságyba fektetett műanyag csöveken vezetik. A szennyvízterítésnél törekednek az egyenletes fedettségre. Az öntözőárkokba adagolt szennyvíz által képzett beázási szint és a talajvíz szintje között minden esetben 150 cm-es védőtávolságnak kell lennie.



**II.11.5. ábra: Bakhatas ikersoros nyárfás szennyvízelhelyező telep (balra) és burkolt elosztó árok (jobbra)** (Forrás: Uri Zsuzsanna fotói)



**II.11.6. ábra: Szikkasztó árok a szennyvíz kormányzására szolgáló tolózárrel** (Forrás: Uri Zsuzsanna fotója)



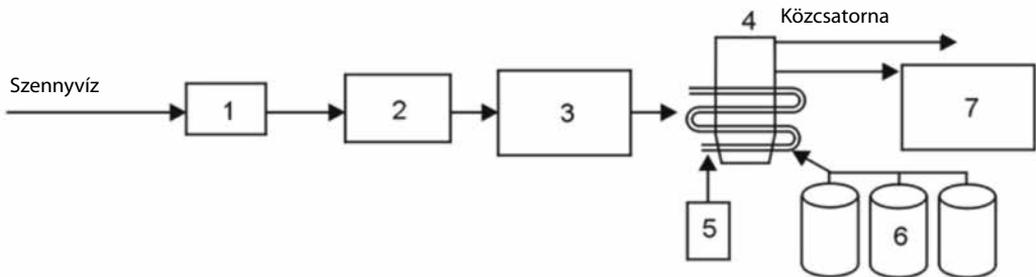
**II.11.7. ábra: Talajvíz figyelő kút** (Forrás: Uri Zsuzsanna fotója)

A területre szennyvíz-kiadagolás csak érvényes vízjogi üzemeltetési engedély birtokában történhet. A kihelyezést úgy kell végezni, hogy az a talajban és a talajvízben károsodást nem okozhat. A nyárfás elhelyezőn 3 db monitoring kút üzemel (II.11.7. ábra), melyből évente egyszer talajvízmintát vesznek az esetleges szennyeződések feltárása érdekében. Az ellenőrző talajtani-talajalkalmassági vizsgálatot 5 évente végzik, és ennek megfelelően, ha szükséges, módosítják a talajterhelhetőségi értékeket. A telepről feles csugalékvíz nem távozhat, ezért a kijuttatást az evapotranszspirációs körülmények limitálják. A kijuttatási időszakon kívül a szennyvíz zárt tárolásáról gondoskodni kell.

### II.11.5. Tejipari szennyvíztisztítás – esettanulmány

A tejipar vízfelhasználásnak 90 %-a ivóvíz minőségű. A friss víz négyötödét technológiai célokra, 5 %-át hűtésre használják. A technológiai eredetű vízfogyasztásnak 30-35 %-a a tejkezelésből, 60-65 %-a a tisztítás-fertőtlenítés műveleteiből származik. Az iparág mint vízszennyező a közepes kategóriába sorolható. A felhasznált víz szennyezését a tej és a tejtermék maradványok (savó, író, vaj, sajt, túródarabok), valamint az öblítővizek okozzák.

A tejipari szennyvíztisztítási technológiát döntően a befogadó határozza meg. Közcsatorna befogadó esetén flotációs előtisztítás az elterjedten alkalmazott eljárás, míg élővíz befogadó esetén egy- vagy kétlépcsős biológiai tisztítás a jellemző. A II.11.8. ábra egy közcsatornába bocsátáshoz alkalmazott megoldást mutat be.



1. Átemelő; 2. Dobszita; 3. Kiegyenlítő medence; 4. Csőflokulátor és flotációs berendezés; 5. Polimeradagoló; 6. Sav- és lúgtartályok; 7. Iszaptároló medence

### II.11.8. ábra: Tejipari szennyvíz flotációs előtisztításának folyamatábrája

(Forrás: saját szerkesztés)



### II.11.9. ábra: Csőflokulátor (balra) és polimer adagoló (jobbra)

(Forrás: Besenyey Dávid fotói)

A technológiai szennyvíz az üzemi gyűjtő csatornahálózaton keresztül gravitációsan az átemelő aknába érkezik. Innen a szennyvíz búvárszivattyú segítségével a dobszítára kerül. A dobszítáról a szűrt szennyvíz az épület alatt elhelyezkedő puffer-medencébe folyik, ahol a szennyvíz mennyiségi és minőségi kiegyenlítése történik két búvárkeverő segítségével. A puffer-medencéből a szűrt szennyvíz átemelő szivattyú segítségével a flotáló csőflokulátor (100. ábra) részébe kerül. Ide adagolják az előkezeléshez szükséges koagulánst, a polielektrolitot (BOPAC) és a semlegesítő

szereket. A polielektrolit beoldását folyamatos adagoló berendezés biztosítja (II.11.9. ábra). A polimert a szerkezet a felhasználás ütemétől függően az előkészítő tartályban automatikusan bekeveri. Az adagoló tartály a már felhasználható polielektrolitot tárolja. A bekeveréskor a lehulló polimert a rendszer előnedvesíti, majd feloldja. A csőfokkulátorban a vegyszerrel kezelt emulziók, illetve a pelyhesített szennyezők elkeverednek a bejuttatott sűrített levegővel. A keletkező nagy nyomás miatt a levegő mikrobuborékok alakjában van jelen. A csőfokkulátorban képződött pelyhekhez hozzáilleszkednek a nagy fajlagos tapadási felületű mikrobuborékok, melyek később a flotációs terekben a felszínre emelkednek. A fokkulátorhoz tartozik egy állandó átfolyású pH mérő, amely a semlegesítéshez szükséges automatikus vegyszeradagolást biztosítja. A vegyszeradagolás egy 3 m<sup>3</sup>-es és két 2 m<sup>3</sup>-es tartályból (II.11.10. ábra) történik beépített vegyszeradagoló szivattyúkkal. Indításkor a tartályokba 40 %-os lúgot (NaOH) és 10 %-os sósavat töltenek. A tartályok szellőzőcsonkkal vannak felszerelve. Feltöltéskor az esetleges elfolyó vegyszerek kármentőbe ereszthetőek.



**II.11.10. ábra: Sav- és lúgtartályok**  
(Forrás: Besenyey Dávid fotói)

A fokkulátorból a szennyvíz a flotáló berendezésbe (II.11.11. ábra) áramlik, ahol a diszperz víz felúsztató hatására a szennyvíz szennyezői besűrűsödve a felszínre úsznak, illetve bizonyos elnehezült szennyezők a berendezés aljára süllyednek.



**II.11.11. ábra: Flotáló berendezés**  
(Forrás: Besenyey Dávid fotói)

A felúszó és leülepedett anyagok valamint a szennyvíz elegy megfelelő ellentétes irányú mozgását speciális keresztáramú lemez rendszerek biztosítják. A felszínen keletkező uszadék leválasztását egy állítható sebességű láncos lefőlöző gépezet végzi. A tartály alján képződő fenékiszap a flotáló alján található idővezérelt pneumatikus pillangószelep nyitásával üríthető. A flotációs berendezés-

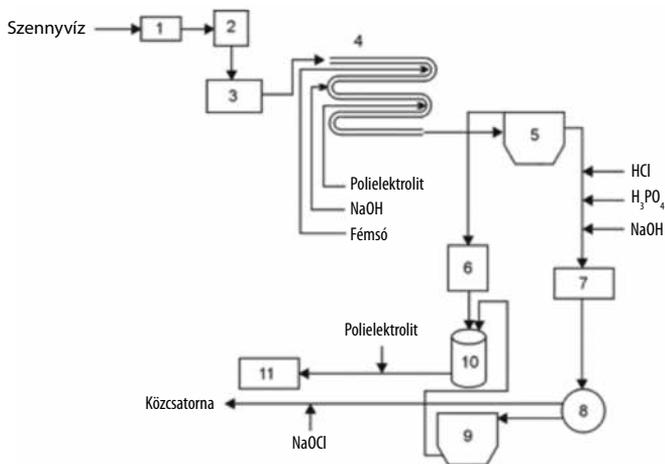
hez tartozik egy pneumatikus szabályozó rendszer, amely a fenékiszap mozgására szolgáló szelep működtetésére, a levegőellátásra és a recirkulációs nyomás kijelzésére szolgál. A flotáció folyamán tehát kétféle iszap keletkezik: felúszott, vagyis flotált iszap, illetve kiüledett, azaz fenékiszap. A keletkező kétféle iszap kevert szárazanyag tartalma 5-10 %. A keletkező híg iszap mennyisége 10-20 m<sup>3</sup>/d, szárazanyag tartalma pedig 800-1100 kg/d. A kétféle iszap átmeneti pufferolására egy 40 m<sup>3</sup>-es térfogatú vasbeton medencét használnak. A medence átkevert terű és túlfolyási lehetőség van biztosítva a szűrt szennyvíz puffer felé. A biztosított puffer-kapacitás kb. 2-3 nap. A medencében lévő szintkapcsolók jelzik, ha a puffert üríteni kell. Ilyenkor a szállító a tömlőt összekapcsolja az épület előtt található iszapkiadó csővéggel, majd bekapcsolja az iszap-pufferben lévő keverőt és elindítja a feladó szivattyút. A szállítások után a kármentőt öblíteni kell a szaghatások lecsökkentése miatt.

A vállalkozás másik üzemében biofilter működik a szennyvíztisztítás okozta bűszennyezés csökkentése érdekében. A szűrőtöltet nyersanyaga speciálisan előkezelt szőlőcsuma és hosszában tépett előkezelt fagyökér. A biofilter automata nedvesítő berendezéssel van felszerelve.

### II.11.6. Állatifehérje-feldolgozó üzem szennyvizének tisztítása – esettanulmány

Az állatifehérje-feldolgozó üzemek az országban keletkező állati eredetű melléktermékek begyűjtését, illetve ártalmatlanítását végzik. Ezen üzemekben keletkező szennyvíz az ún. fekete övezetből (fogadóvályúk csurgalékvíze, a gépek és a térburkolat tisztításából, valamint a kocsimosásból származó szennyvíz), a biofilter csurgalékvizéből, a zsírvonal és a vérvonal szennyvizéből, valamint a légkondenzátorokról lejövő pára-kondenzátumból tevődik össze. A felsorolt szennyvíz-áramokból összekevert szennyvíz minőségét a rendkívül nagy szennyezettség jellemzi. A szennyvíz igen nagy szervesanyag-tartalma, jelentős mennyiségű lebegőanyag- és zsírtartalma, valamint nagy ammóniatartalma sok gondot okoz a tisztítási technológia kialakításánál. A számos technológiai megoldás közül egy állatifehérje-feldolgozó üzem előtisztítási rendszerét mutatja be az II.11.12. ábra.

Az alkalmazott szennyvíztisztítási technológia sorrendben mechanikai, fizikai-kémiai és biológiai tisztításból áll.



1. Gépirács; 2. Dobszűrő; 3. Kiegyenlítő medence; 4. Csőflokkulátor; 5. Oldott levegős flotáló rendszer; 6. Iszapgyűjtő; 7. Anoxikus medence; 8. SBR üzemű biológiai rendszer; 9. Iszapsűrítő; 10. Iszaptároló tartály; 11. Iszapcentrifuga

II.11.12. ábra: Állatifehérje-feldolgozó üzem szennyvíztisztításának folyamatábrája

(Forrás: saját szerkesztés)

A nyers szennyvizet először 5 mm lyukátmérőjű gépi rácson, majd 0,75 mm részátmérőjű dobszűrőn vezetik keresztül. A megszárt szennyvíz levegőztetett, keverővel ellátott kiegyenlítő medencébe folyik, majd a kiegyenlítés után csőflokulátorba kerül feladásra. A csőflokulátor (II.11.13. ábra) olyan átfolyásos reaktor, amelyben a koaguláció, a flokkuláció és a kémhatás beállítása turbulens áramlási viszonyok között megy végbe. A koaguláció elősegítésére vas (III)-szulfátot, a flokkulációhoz polielektrolitot (Flocstar 202 L) és a pH beállításához NaOH-ot adagolnak a csővezetékbe. Az adagolt vegyszerek típusa és mennyisége a kezelendő szennyvíz szennyezettségétől függ. A csőflokulátorból kikerülő szennyvíz egy elosztó csőrendszeren keresztül áramlik az oldott levegős flotáló berendezésbe.

A flotáló (II.11.13. ábra) egy kompakt, alacsony kialakítású, lamella-szeparátorral felszerelt berendezés, amelyben a szennyvíz ellenáramban halad a befolyási ponttól az elvezető vályú felé. A diszpergált levegő beporlasztásával mikrobuborékok keletkeznek. A mikrobuborékok a szennyvízben található pelyhekhez, zírscseppekhez csapódnak és a felhajtóerő hatására azokat a flotáló felszínére juttatják. A felúszott iszapot egy kaparószerkezet távolítja el, mely az iszapgyűjtő tartályba kerül.



**II.11.13. ábra: Csőflokulátor (balra) és oldott levegős flotáló berendezés (jobbra)**

(Forrás: ATEV Zrt hódmezővásárhelyi telepe)

A flotáló berendezést elhagyó szennyvíz a folyamatosan kevert anoxikus medencébe jut. A megfelelő C:N:P arány beállítása – amennyiben szükséges – foszforsav használatával történik az anoxikus medence előtt. Az anoxikus medencéből a szennyvíz az SBR (Sequencing Batch Reactor) szakaszos üzemű biológiai rendszerbe kerül. Az SBR műtárgy (II.11.14. ábra) két koncentrikus kör alakú medencéből áll. A belső medencét egy fal két egyenlő részre osztja. Az anoxikus medencéből a szennyvíz először a külső gyűrűmedencébe folyik, melyet folyamatosan levegőztetnek. Ezt követően a belső medencékben folytatódik a tisztítás. A belső félkör alakú medencék egyikében üleptetés történik, ilyenkor a levegőztetés szünetel. A másik medencében eközben nitrifikáció zajlik folyamatos levegőellátás mellett. A két medence periodikusan funkciót vált, miközben a külső medencében az áramlás iránya megfordul.



**II.11.14. ábra: SBR műtárgy** (Forrás: ATEV Zrt. hódmezővásárhelyi telepe)

A biológiai tisztítás során keletkező fölösiszap térfogatának csökkentését gravitációs sűrítővel végzik. A flotálóból kikerült 6-8 % szárazanyag-tartalmú iszapot összekeverik a sűrítőből átszivattyúzott 3 % szárazanyag-tartalmú biológiai fölösiszappal, majd rövid tározás és homogenizálás után a centrifugára (II.11.15. ábra) továbbítják. Az iszaphoz polielektrolitot adagolnak a jobb hatásfok elérése érdekében. A centrifugált, 20-23 % szárazanyag-tartalmú iszapot komposztáló telepre szállítják.



**II.11.15. ábra: Iszapcentrifuga**  
(Forrás: ATEV Zrt. hódmezővásárhelyi telepe)

A tisztított szennyvíz a települési csatornahálózatba kerül elvezetésre. A nyomócsőbe NaOCl oldatot adagolnak a szennyvíz fertőtlenítése céljából.



# III. BIOLÓGIAI HULLADÉKKEZELÉS

## III.1. Bevezetés (Aleksza László)

Az emberi tevékenység és fogyasztás révén nagy mennyiségű biológiailag lebomló hulladék képződik. Magyarországon ez a mennyiség évente mintegy 3 millió tonna, amely szakszerűen kezelve nagyon fontos szerepet tölthet be a talajok szervesanyag-tartalmának fenntartásában és kiinduló anyaga lehet biogáz előállításnak, illetve komposztálásnak is.

A fejlettebb országokban a jogszabályi háttér rendelkezésre áll, Magyarországon a 2012. évi CLXXXV. törvény a hulladékról pontosan definiálja a biohulladék és a biológiailag lebomló hulladék fogalmát. Ez alapján a biohulladék a biológiailag lebomló, parkokból származó vagy kerti hulladék, háztartásokban, éttermekben, étkeztetőkben és kiskereskedelmi tevékenységet folytató létesítményekben képződő élelmiszer- és konyhai hulladék, valamint az ezekhez hasonló, élelmiszer-feldolgozó üzemekben képződő hulladék. A biológiailag lebomló hulladék pedig minden szervesanyag-tartalmú hulladék, amely aerob vagy anaerob úton biológiailag lebomlik vagy lebontható, ideértve a biohulladékot is. Ennek értelmében a biológiailag lebomló hulladékok közé tartoznak a települési biohulladékok mellett a szennyvíziszapok és a mezőgazdasági-élelmiszeripari hulladékok is.

A jogszabályok meghatározzák azt az alapelvet is, hogy elő kell segíteni a biológiailag lebomló hulladék elkülönített gyűjtését és hasznosítását annak érdekében, hogy a hasznosítás után a természetes szervesanyag-körforgásba minél nagyobb tisztaságú anyag kerülhessen vissza, valamint a hulladéklerakókon lerakásra kerülő települési hulladék biológiailag lebomló tartalma csökkenjen.

A települési szilárd hulladék (TSZH) biológiailag lebomló része vonatkozásában a jogszabályok előírják a biológiailag lebomló hulladék csökkentését oly módon, hogy az 1995-ben képződött mennyiséghez képest 2016. július 1-jéig 35 %-ra (Magyarország esetében 820 000 tonna alá) kell csökkenteni.

A Magyarországon jelenleg meglévő 150 000 tonna/év biohulladék komposztálása, amely 15 kg/lakos/év fajlagos mennyiséget jelent, az Európai Unió átlaghoz képest nagyon alacsony, hiszen az EU 27 ország átlaga 72 kg/lakos/év (EU STAT 2010).

Az Európai Unió gyakorlatnak megfelelően, a környezeti és üzemeltetése szempontokat figyelembe véve, nem előnyös a TSZH-ban maradó biológiailag lebomló hulladék előkezelés nélküli lerakása sem. A hulladékgazdálkodási hierarchiát figyelembe véve a mechanikai-biológiai hulladékkezelés szükségszerű a lerakás előtt, ezért a fejlettebb hulladékgazdálkodási gyakorlattal rendelkező országokban, beleértve Lengyelországot és Szlovéniát is, megtiltották a biológiailag nem stabilizált hulladékok lerakását.

A szelektív gyűjtés bevezetése mellett természetesen nagyon fontos az is, hogy a biológiailag lebomló hulladékokból jó minőségű komposztot állítsunk elő, és azokat maradéktalanul használjuk fel a mezőgazdaságban, hiszen csak ebben az esetben biztosítható a körforgás-gazdálkodás. Erősíteni kell a hulladékgazdálkodás és a mezőgazdaság kapcsolatát, ki kell használni a komposztokban rejlő lehetőségeket a talajok szervesanyag-tartalmának fenntartására.

A szennyvíziszapok vonatkozásában fontos szempont, hogy a csatornázottsági szint fejlődésével a képződő szennyvíziszap mennyisége is növekszik a világ minden részében. Magyarországon ma már meghaladja az 1 millió tonnát évente a szennyvíztisztító telepekről kikerülő, eltérő szárazanyag-tartalmú (15-25 %) iszap mennyisége. A fejlett országokban jellemző, hogy a szennyvíziszapok toxikus elemtartalma jelentősen alatta marad az előírt határértéknek, és továbbra is csökkenő tendenciát mutat. Az európai tendenciákhoz hasonlóan Magyarországon is az jellemző, hogy az 50/2001. (IV. 3.) Korm. rendeletben meghatározott határértékek már nem annyira relevánsak mint korábban, hiszen jelenleg a legtöbb szennyvíziszap mezőgazdasági felhasználásának engedélyezése során a nitrogén-tartalom a limitáló tényező, és legalább egy nagyságrenddel kevesebb szennyvíziszap felhasznál-

nálását teszi lehetővé, mint a toxikus elemtartalom.

A mezőgazdasági és élelmiszeripari melléktermékek, hulladékok esetében a rendelkezésre álló adatok rendkívül eltérőek, és valószínűleg az is problémát okoz, hogy a fogalomhasználat (melléktermék, hulladék) is eltérő a szakmák között (mezőgazdaság, környezetvédelem). Sok esetben a keletkező anyagoknál egyértelműen melléktermék megnevezést használ a mezőgazdasági szakma (pl. istállótrágya, szalma, szármaradványok), de egyes esetekben ezeket a környezetvédelmi adatszolgáltatásoknál – tekintettel arra, hogy hasonló megnevezéssel, hulladék (EWC) kóddal is rendelkeznek – hulladékként kell(ene) bejelenteniük.

Reális célkitűzésként 2020-ig Magyarországon el lehet és kell érni a mezőgazdasági és élelmiszeripari melléktermékek és hulladékok esetében a 95-97 %-os hasznosítási arányt. A növénytermesztésben keletkező melléktermékek (szalma, szármaradványok, gabonatisztítási maradványok stb.) teljes körű hasznosítása részben a tápanyag-forgalomban, a talajok szervesanyag-tartalmának és tápanyag-tartalmának növelésében, részben pedig energetikai területen biztosított lesz. Az állattenyésztésben és élelmiszeriparban keletkező állati eredetű melléktermékek esetében, azok kb. 60-70 %-ánál biztosítható az anyagában történő újra hasznosítás, a takarmány alapanyag előállítása. Az állati eredetű melléktermékek 30-40 %-ánál pedig biztosítható a talajjavító anyagként (komposzt, egyéb állati eredetű talajjavító termékek) és energia hordozóként (biogáz telep, cementművek együtt égetés) történő hasznosítás. Kiemelt cél az élelmiszer maradékok (közétkeztetés, vendéglátás, esetleg a háztartások) és a lejárt fogyaszthatósági idejű élelmiszerek hasznosítása az előbbieken említett módszerek szerint. Az élelmiszeripar növényi eredetű hulladékait és melléktermékeit a komposztáló és biogáz telepek alakíthatják át hasznos termékekké.

Összefoglalva megállapítható hogy a biológiailag lebomló hulladékok és melléktermékek esetében ugyanazok az aerob és/vagy anaerob folyamatok zajlanak le, ezért ezek ismerete nagyon fontos a lehetőségek kihasználásában. Magyarország esetében ha a biológiailag lebomló hulladékok esetében a 3 millió tonnás potenciális mennyiséget vesszük figyelembe, akkor az ebből előállítható 1,5 millió tonna komposzt (10 tonna/hektár(év) mintegy 150 ezer hektár terület szervesanyag-utánpótlását biztosítaná, így 50 %-kal megnövelhetnénk a szervesanyag-utánpótlás terület nagyságát.

## III.2. A biológiai hulladékkezelés kémiai és biológiai folyamatai (aerob, anaerob rendszerek) (Posta Katalin)

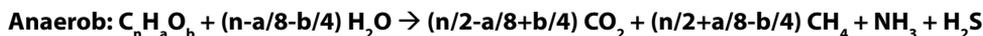
### III.2.1. Az aerob és az anaerob kezelés mikrobiológiai összefüggései, mezofil, termofil rendszerek

A biológiai hulladékkezelési eljárások során a hulladék szerves alkotóinak lebontása, elsősorban baktériumok és gombák segítségével történik. Az eljárás egymásra épülő biológiai és kémiai folyamatok sorozata. A spontán lejátszódó kémiai folyamatok jelentősége elhanyagolható, ugyanakkor a hulladék minősége és a biológiai résztvevőkön keresztül mindez jelentősen változhat. A biológiai hulladék bomlása egy természetes folyamat, a hulladékkezelés során a körülmények folyamatos biztosításával az idejét, a hatékonyságát és irányát tudjuk befolyásolni.

A biológiai aktivitást és azok szabályozását jelentősen befolyásolják a külső környezeti körülmények. Lényegében minden olyan körülmény, mely a mikroorganizmusok életműködésére, szaporodására hat, befolyásolja a hulladékkezelés folyamatait is. Ezek az alábbi tényezők: a közeg oxigén ellátottsága, a lebontandó anyag nedvességtartalma, kémhatása, kémiai szerkezete valamint a közegben jelenlevő toxikus hatással bíró vegyületek.

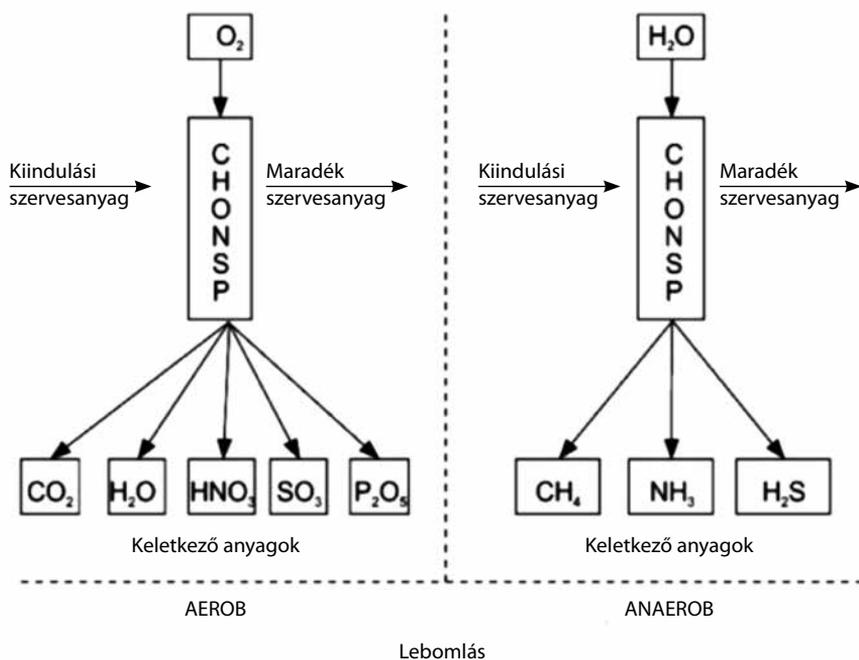
A spontán módon kialakuló mikrobiális konzorcium résztvevőinek összetétele alapvetően a közeg oxigén tartalmától függően alakul ki. A közeg oxigén ellátottsága alapján ugyanis két rendszer jöhet létre: oxigén jelenlétekor aerob, oxigén hiányában pedig anaerob rendszer (III.2.1. ábra). A két rendszer eltérő energetikai folyamatokkal és eltérő mikrobiológiai összetétellel (diverzitással) jellemezhető: az anaerob lebontás endoterm folyamat, a benne résztvevő szervezetek általában mezofilok, míg az aerob lebontás exoterm, az ezt előidéző szervezetek nagy része pedig hőkedvelő, azaz termofil.

Hogyan alakul ki ez az állapot? Aerob rendszerekben a szerves hulladékokban tárolt kémiai energia közel 50 %-a biztosítja a folyamatban résztvevő mikroorganizmusok sejtjeinek kialakulását, míg 40 %-a hő termelésre fordítódik és csak közel 5-10 % energia marad a végtermék kémiai kötéseiben. Anaerob rendszerekben ugyanakkor csak az energia 5-6 % fordítódik új sejtek képzésére, 1-2 % biztosítja a hő termelést és 90-95 % marad a metán és az éghető gázok kémiai kötéseiben. Energetikai szempontból a folyamat legfontosabb elemeit foglalja össze az alábbi két egyenlet:



Komposztálásnál a legkülönbözőbb szerves eredetű anyagok (növényi és állati) dolgozhatók fel és ártalmatlaníthatók aerob mikroorganizmusok segítségével. A folyamat végén olyan szerves anyag nyerhető, mely a talaj termékenységének fenntartását és javítását szolgálja. Azonban aerob szervesanyag lebontási rendszereknél is bekövetkezhet anaerob rothadás, hiszen az oxigén eloszlása nem feltétlenül egyenletes a komposztban.

Komposztáláskor a mikroorganizmusok oxigén és elektron igényüket két forrásból fedezhetik. Az egyik a levegő oxigénje, a másikat pedig a hulladék szerves vagy szervesetlen vegyületei szolgáltatják. Amennyiben a komposzt oxigénellátottsága 10 % alá csökken, akkor az aerob mikrobiológiai folyamatok jelentősen lelassulnak, és a szervezetek oxigén igényüket a szerves anyagok oxidációjából fedezik. Ekkor a lebontás anaerob úton, metán és más gázok képződése mellett megy végbe. (III.2.1. ábra). Komposztáláskor azonban a fő cél nem az éghető gázok, hanem a tápanyag-utánpótlásra alkalmas humusz-szerű anyagok képződése.



III.2.1. ábra: Aerob és anaerob lebomlás (Barótfi 2000)

Aerob és anaerob rendszerek között lehetséges az átmenet, de csak egy bizonyos fokig. A mindkét rendszerben megjelenő termofil és mezofil folyamatok a komposztálásnál nem felcserélhetőek, nem helyettesíthetőek. Az anaerob lebontási folyamatban résztvevő mikroorganizmusok többsége mezofil körülmények között működik, habár a magasabb hőmérsékleten (termofil) történő üzemeltetésnek számos előnye van. Megnő a reakciók sebessége, a szubsztrát jobban hozzáférhető, a gáztermelés mértéke nagyobb, a patogén szervezetek elpusztításának aránya is magasabb, mint mezofil hőmérsékleten. A magasabb hőmérsékleten történő folyamatot ugyanakkor kevésbé stabil, bonyolultabban szabályozható mechanizmusként tartják számon, mely sokkal érzékenyebb a környezeti változásokra. Mindemellett a lebontó folyamatokat előidéző szervezetek többsége mezofil, így hiába nő a reakció sebessége, szükséges hőkedvelő mikroorganizmus jelenléte is.

Az anaerob biológiai lebontás bonyolult és összetett folyamat, melyet anaerob mikroorganizmusok által termelt enzimek katalizálnak. Az anaerob lebontási folyamat négy részfolyamatból áll (hidrolízis, savképzés, ecetsavképzés, metáncépzés), melyet gyakran csak két részfolyamatra szűkítenek (savtermelő és a metáncépző folyamatok), a hidrolízist a savtermelő folyamatba sorolva, mivel azonos savtermelő baktériumok felelősek a folyamatért. A lebontás első lépcsője a hidrolízis, melyben a kiindulási anyag minőségétől függően (szénhidrát, fehérje, zsírok) a polimer molekulák egyszerűbb vegyületekké alakulnak át a mikroorganizmusok külső közegbe juttatott un. exo-enzimjei segítségével. A már kisebb méretű molekulák bejutnak a sejtekbe és a savképződés fázisában kis szénatomszámú zsírsavakat valamint egyéb vegyületeket képeznek. A keletkezett karbonsavak az ecetsavképződés fázisában ecetsavvá alakulnak, melyeket a metántermelő-baktériumok már közvetlenül képesek metánná alakítani. Az acetogén, ecetsavat képző baktériumok igen sokfélék és ezért a környezeti hatások változását könnyen tolerálják. Ezzel szemben a metanogén mikroorganizmusok lassan szaporodnak és rendkívül érzékenyek a környezeti változásaikra. Az 1-2 °C-os hő-

mérsékletingadozás gátolhatja növekedésüket, mely a rendszer működését blokkolja. Éppen ezért igen fontos a metanogén baktériumok életfeltételeinek megfelelő, állandó szinten tartása.

Az anaerob lebontást sajátos baktérium közösség végzi, melynek összetétele mezofil és termofil rendszerekben eltérést mutat (III.2.1., III.2.2. táblázatok).

**III.2.1. táblázat: A mezofil és a termofil félüzemi rothasztók**

Mezofil rendszer		Termofil rendszer	
Név	Jellemzés	Név	Jellemzés
<i>Acidovorax sp.</i>	Fakultatív hidrogénfogyasztó, kemolitotróf, baktériumok, amelyeknek szerepe van a xenobiotikumok lebontásában.	<i>Thermotogaceae sp.</i>	A pálca alakú baktériumok egyszerű és összetett szénhidrátok hasznosítására is képesek.
<i>Nostocoida sp.</i>	Képes hasznosítani többek között az acetátot, piruvátot, propionátot, glükózt, fruktózt, mannózt, laktózt, glicerint.	<i>Coprothermobacter sp.</i>	Mérsékelt termofil baktérium, fehérjékben gazdag szennyvízzel táplált mezofil rothasztókból izolálták. Zselatint, kazeint hasznosít.
<i>Smithella sp.</i>	Szigorúan anaerob, elsősorban propionátot, butirátot hasznosítók.	<i>Bacteroidetes sp.</i>	Széles körben elterjedt csoport.
<i>Bacteroidetes sp.</i>	A leginkább elterjedt az anaerob rothasztókban.		
<i>Choroflexi sp.</i>	Változatos szervesanyag hasznosítás jellemzi		

**mikrobaközösségeinek összetétele és jellemzésük (Kardos 2012)**

Ismert tény, hogy a termofil hőmérséklet (<55 °C) hatékonyabb biogáz termelésre, mint a mezofil. A termofil rendszerben a megnövekedett reakciósebesség miatt nő a gázhozam, és a biogáz metán tartalma. A termofil rendszer előnyei mellett a negatív oldalról is beszélnünk kell. A melegítés és a reaktor méretének változtatása megnöveli a költségeket és az igen érzékeny a rendszer a toxikus nehézfémek gátló hatására illetve a tápanyag összetétel változására. A rendszer érzékenységének legfontosabb oka, a termofil közösség a mezofilhoz képest fajban szegényebb ezért a dominancia-viszonyai kiegyenlítetlenek (III.2.1., III.2.2. táblázat). A mezofil rendszer az üzemeltetési paraméterek megváltozására rugalmasabban képes reagálni, illetve a megváltozott körülményekhez az adaptálódása gyorsabban fog végbemenni.

Mezofil rendszer		Termofil rendszer	
Név	Jellemzés	Név	Jellemzés
<i>Methanosaeta sp.</i>	Széles körben elterjedtek, csak acetátot hasznosító gömb alakú mikrobák.	<i>Methanosarcina sp.</i>	Acetátot, metanolt, metil-amint, illetve szén-dioxidot, hidrogént hasznosítók.
<i>Methanoculleus sp.</i>	Hidrogént, szén-dioxidot, gyakran hangyasavat és ritkábban alkoholokat is hasznosító gömb alakú mikrobák.	<i>Methanothermobacter sp.</i>	Hidrogént, szén-dioxidot, néha hangyasavat és alkoholokat hasznosítanak.
<i>Methanosarcina sp.</i>	Acetátot, metanolt, metil-amint, illetve szén-dioxidot, hidrogént hasznosítók.		

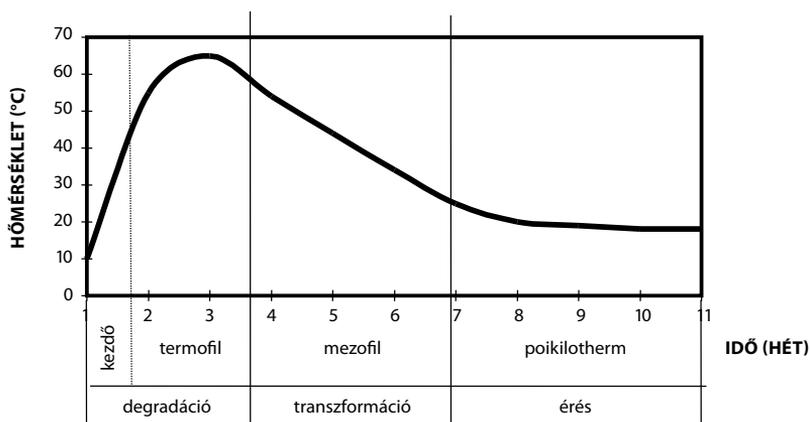
**III.2.2. táblázat: A mezofil és a termofil félüzemi rothasztók mikrobaközösségeinek Archea összetétele és jellemzésük (Kardos 2012)**

### III.2.2. Komposztálás szakaszai, termofil fázis jelentősége

A komposztálás aerob körülmények között lejátszódó biológiai, kémiai és fizikai folyamatok összessége. Olyan irányított szervesanyag kezelési és újrahasznosítási módszer, melynek során általában oltóanyag nélkül, spontán módon alakul ki olyan mikroba közösség, mely képes a szerves hulladékok lebontására. A folyamatban a szerves polimerek egyszerűbb vegyületekre bomlanak, és a nem mineralizálódott anyagokból a mikroszervezetek aktivitásainak eredményeként tápelemekben gazdag komposzt keletkezik, amely mentes a gyommagvaktól és a kártevőktől is.

A komposztálható szerves hulladékok köre rendkívül széles. Megemlíthetők a mezőgazdaság termelési és az élelmiszeripar feldolgozási hulladékai, a legkülönbözőbb eredetű trágyák, lakossági és ipari hulladékok, valamint a lakossági szennyvíz tisztításánál keletkező szennyvíziszapok is.

A komposztálás folyamata időben sajátos hőmérséklet és kémhatás változást mutat, mely alapján négy szakasz különíthető el. A hulladék-anyagok átalakulási folyamatait is figyelembe véve mindez háromra szűkül, a lebomlás mezofil és termofil szakaszait egynek tekintve (III.2.2. ábra).



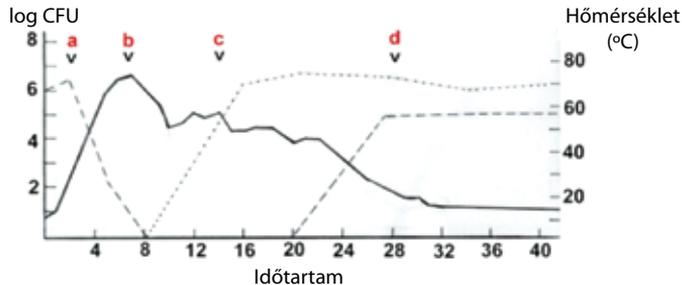
**III.2.2. ábra: Hőmérséklet változása a komposztálás során (Aleksza – Dér 2001)**

### III.2.2.1. Lebomlási szakasz

A komposztálás első, bevezető fázisára jellemző, hogy viszonylag rövid időtartamú és mezofil – 25-30 °C optimális hőmérséklettel rendelkező- szervezetek dominálnak benne. A folyamat időtartamát jelentősen befolyásolja a kiindulási biohulladék minősége: könnyen bontható anyagnál néhány óra, nehezebben degradálható anyagoknál néhány napig is eltarthat ez a szakasz.

Amikor a könnyen bontható szerves anyagok mikrobiológiai degradációja megkezdődik, az intenzív anyagcsere során a hidrolízis hatására a közeg kémhatása csökken és a mikroorganizmusok számának rohamos növekedésével együtt a hőmérséklet emelkedni kezd (III.2.2., III.2.3. ábrák). Az intenzív mikrobiális anyagcsere eredményeképpen rohamosan emelkedő hőmérséklet egyre kevésbé komfortos a kiindulási mezofil mikroorganizmusoknak, ezért a hőmérséklet további növekedésével fokozatosan átadják helyüket a hőkedvelő mikroorganizmusoknak. A lebomlási szakasznak ebben a magas hőmérsékletű (termofil)szakaszában a közeg hőmérséklete meghaladhatja a 70-75 °C-ot is. A szakasz kezdetén még a mezofil és termofil mikroorganizmusok között metabiózis van. Magasabb hőmérsékleten azonban már csak azok a szervezetek képesek a szerves vegyületek bontására, melyek megtartják aktivitásukat termofil körülmények között is. A hőkedvelő mikroorganizmusok egy része a sejtmembrán foszfolipidjében található zsírsavak összetételének a változtatásával éri mindezt el. Nagyobb lesz a magasabb olvadáspontú telített zsírsavak aránya, így biztosítja a membránfüggő transzporterek és enzimek optimális szintjét. Normál esetben a hőmérsékleti maximum elérését követően egy úgynevezett hőmérsékleti „plató” alakul ki, amely több napig fennmarad, így járulva hozzá a jó minőségű komposzt kialakulásához.

A nitrogén tartalmú szerves vegyületek –leginkább a fehérjék- bomlásakor ammónia szabadul fel, mely a komposzt kémhatásának növekedését okozza, így kezdeti savas közeg lassan alkalikusává válik. A termofil szakasz 60 °C feletti hőmérsékletének hatására a humán-, állat- és növénykórokozók többsége elpusztul, és a gyommagvak is elveszítik csírázó képességüket. A huzamosabb ideig tartó magas hőmérséklet ( $\geq 85$  °C) azonban irreverzibilis változásokat okoz a komposztban, mely kedvezőtlen folyamatokat indít el. Így az átalakulási és érési folyamatok helyett elszénesezés (pirólízis, autooxidáció) következik be, mely a mikrobiális tevékenységet megzavarja, leállítja.



III.2.3. ábra: A komposztálási hőmérsékletének és mikrofaunájának alakulása (Chang és Hudson alapján 1967).

Egyenes vonal = komposzt hőmérséklete, szaggatott vonal = mezofil szervezetek, pöttyözött vonal = termofil szervezetek, a, b, c, d = hőmérsékleti fázisok; CFU:colony forming unit, telepkepző egység

### **III.2.2.2. Átalakulási szakasz**

Az átalakulási szakaszban a könnyen bontható tápanyagtartalom csökkenésével lelassulnak a lebontó folyamatok és ezzel együtt csökken a hőmérséklet is. Így ez a szakasz ismét a mezofil mikroorganizmusok aktivitásának kedvez. Ekkor már a nehezebben bontható szervesanyagok (cellulóz, lignin, keratin...) biztosítják a mezofil szervezetek tápanyag és energia szükségletét, mivel a könnyen bontható vegyületek nagy része már a termofil szakaszban elfogyott. A komposzt térfogata jelentősen csökken, hozzávetőlegesen az eredeti kétharmadára esik össze és elkezdődik a humifikáció. A humuszképződés folyamatában a mono-, di-, és trifenol vegyületek kondenzációja játszik fő szerepet, melyek elsősorban a lignocellulóz bontásából származnak.

Az átalakulási szakaszban jelentős szerepet játszó gomba-közösség micéliumhálózata ammóniumot köt meg, illetve a nitrifikációs folyamatok előtérbe kerülnek, melynek hatására csökkenhet a komposztálást gyakran kísérő kellemetlen szag. Az átalakulási szakasz a kiindulási anyag minőségétől függően több hétig (5-6 hét) is eltarthat.

### **III.2.2.3. Érés fázis, más néven felépülési fázis az utolsó szakasz**

A folyamatosan csökkenő hőmérséklet átvezet az érési szakaszba. Ez az utolsó szakasza a komposztálásnak, melyben a szerves anyag humifikálódása befejeződik, a komposzt sötét színét eredményezve. A mikrobiális tevékenységeket itt már a mezofil mikroorganizmusok mellett a pszichrofil baktériumok és penészgombák végzik el, amelyek hőmérsékleti optimuma alacsonyabb, 15–20 °C. Ezen kívül jelentősen nő a sugárgombák száma is, mely tapasztalati tény felhasználhatjuk komposzt érettségének a megállapítására is.

Mindemellett megjelennek a tipikus talajlakó élőlények (atkák, hangyák, férgek, ugróvilások, stb.), amelyek tevékenységükkel hozzájárulnak a komposzt további, fizikai szétDarabolásához. A giliszták például a komposzt ásványi és szerves anyagainak összekeverésében vesznek részt aktívan. A humusgiliszta (*Eisenia foetida*) az érés korábbi szakaszában magasabb hőmérsékleten fordul elő, míg a földgiliszta (*Lumbricus terrestris*) jelenléte a már érett komposztban várható.

## **III.2.3. A komposztálás feltételei**

A komposzt összeállításának fontos paraméterei a C/N arány, a részecske méret, nedvesség-, és tápanyag tartalom, mely elsősorban a komposztálandó anyagoktól függ. A komposzt optimális C:N aránya 25-35:1. Ha túl szűk vagy túl tág ez az arány, a mikrobiális tevékenységek csak akkor indulnak be, ha a feleslegben lévő anyagok eltávoztak. A komposzt részecske méretének csökkenésével elérhető a hulladék összterfogatának a redukálása, ugyanakkor megnöveli a felületet. A víz is fontos tényező, nagymértékben befolyásolja a szerves anyagok lebomlását. Tapasztalat szerint a 40-60 %-os nedvességtartalom a legkedvezőbb. Ha a nedvességtartalom 40 % alatt van, úgy a mikrobiális aktivitás csökken, a mikroorganizmusok szaporodása megáll. Amennyiben a nedvességtartalom 60 % fölött van, úgy a magas nedvességtartalom kiszorítja a pórusokból az oxigént, így rendkívül kedvezőtlen, anaerob folyamatok állhatnak elő.

### **III.2.3.1. Mikroorganizmusok a komposztálás során**

Komposztáláskor a spontán módon kialakuló „mikrobiális konzorcium” az adott hulladékanyag minőségének megfelelően jön létre, baktériumok és gombák egyaránt részt vesznek a felépítésében. A mikroorganizmusok hidrolitikus aktivitása mellett a gombák hifái a komposztálandó anyagot körbeszőve mind a mechanikai, mind pedig a fizikai bontásban segítkeznek. A komposztból izolált gombák egy része mezofil, de a legfontosabb résztvevők az itt felsorolt termofil szervezetek: *Aspergillus* spp, *Chaetomium* spp., *Chrisosporium* spp., *Fusarium* spp., *Penicillium* spp., *Thermoascus aurantiacus* (III.2.4. ábra), *Thermomyces lanuginosus* (III.2.5. ábra), *Trichoderma viride*. A komposztálás folyamatában a gombák szukszessziójára jellemző, hogy *Zygomycetes* (járomspórás) fázissal indul



a lebontási folyamat majd ezt követik a Deuteromycetes és Ascomycetes (tömlősgombák) gombák végül pedig a folyamatot a Basidiomycetes gombák tevékenysége zárja le. A *Rhizomucor* spp. tagjai például tipikus pionír fajok, a komposztálás folyamatának előre haladtával (hőmérséklet és ammónifikáció növekedés) azonban eltűnnek, s megjelennek a *Talaromyces thermophilus* (III.2.6. ábra) és a *Thermomyces lanuginosus*, melyek pH és hőmérséklet optimuma viszonylag magas. Baktériumok közül kiemelkednek a termofil aktinomicéták, melyek spórás állapotban a magas hőmérséklet túlélve hidrolitikus enzimszisztémájukon kívül még az antibiotikumok termelésével járulnak hozzá a komposztálási végtermék növényi növekedést serkentő hatásához és kórokozó mentesítéséhez. Komposztban megtalálható leggyakoribb antibiotikum termelő actinomicéták: a *Micromonospora* spp, *Streptomyces reticuli* és *S. hygroscopicus*.



**III.2.4. ábra: *Thermoascus aurantiacus***

(SziE, Növényvédelmi Intézet Mikrobiológia és Környezet-toxikológiai Csoportja)



**III.2.5. ábra: *Thermomyces lanuginosus***

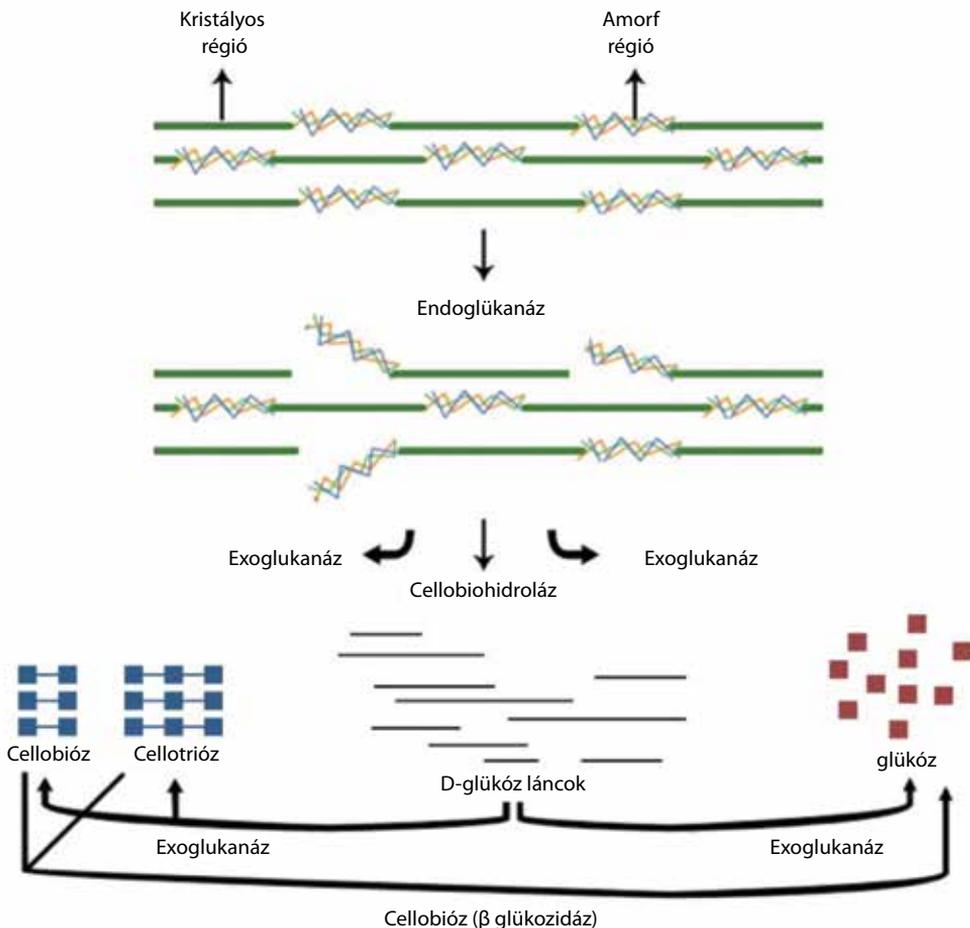
(SziE, Növényvédelmi Intézet Mikrobiológia és Környezet-toxikológiai Csoportja)



**III.2.6. ábra: *Talaromyces thermophilus***

(SziE, Növényvédelmi Intézet Mikrobiológia és Környezet-toxikológiai Csoportja)

A szerves hulladékok bontásáért felelős mikrobiális konzorcium tagjai egy adott feladatban, reakcióban résztvevő enzim szintéziséért felelősek, melyek önállóan vagy egy komplex folyamat elemeként kapcsolódnak be a degradációba. Ennek az egymásra épülő folyamatnak elemeivel ismerkedhetünk meg a cellulóz lebontásának példáján. A növényi sejtfal felépítésében résztvevő cellulóz hatékony hidrolíziséhez egy sor funkcionálisan eltérő hidrolitikus enzim, cellulázok szükségesek (III.2.7. ábra).



**III.2.7. ábra: A cellulóz mikrobiológiai bontása** (Biokatalizátorok, <http://slideplayer.hu/slide/2102142/>)

A cellulázokat tradicionálisan három fő csoportba oszthatjuk. Az első csoportba tartoznak az endo-enzimek, a másodikba pedig az exo-hatású enzimek, végül a monomereket eredményező cellobiázok. A kristályos cellulóz tökéletes degradációjához tehát a három különböző funkciójú enzim együttes jelenlétére van szükség. Az endoglukanázok (endo-1,4-β-D-glukán-4-glukanohidrolázok), véletlen módon hasítják a cellulózlánc amorf régióit szabad lánc végeket létrehozva. Ezt követik az exoglukanázok, vagy cellobiohidrolázok (exo-1,4-β-D-glukán-cellobiohidrolázok), melyek a szabad lánc végekről hasítanak le cellobióz egységeket. Végül a β-glükozidázok, vagy cellobiázok (β-D-glükózid glükohidrolázok), melyek a végtermék gátlást akadályozzák azzal, hogy a felszabaduló cellobióz frakciót folyamatosan hidrolizálják glükózzá.

Az egyes cellulázok szinergisztikus módon segítik egymást. Mindezt az a tény is alátámasztja, hogy a különböző enzim kombinációkat tartalmazó keverékek aktivitása meghaladja az egyes komponensek egyedi aktivitása alapján várható értékeket. A három enzim együttes képződése, jelenléte megvalósulhat néhány komposztalakó mikroorganizmusnál (komplett celluláz rendszerrel rendelkezők), de ennél gyakoribb, hogy csak egy vagy két enzimmel rendelkezik az adott szervezet. Így egymás aktivitására, tevékenységére épülve alakulhat ki a konzorcium.

A cellulóz mellett a növényi sejtfalat alkotó hemicellulóz, és lignin felépítése lényegesen bonyolultabb, ebből adódóan még összetettebb rendszer szükséges a lebontásukhoz. A fás növények száraz tömegének 20-30 %-át alkotó lignin háromdimenziós polimerekből, fenil-propanoid alegységekből áll, melyek kovalens kötésekkel kapcsolódnak. A lignocellulóz komplex szerkezetéből adódóan rendkívül ellenálló a lebontó folyamatokkal szemben, de magas szén és energia tartalma miatt fontos szerepe van a szén körforgásában. Nincs olyan ismert mikroorganizmus amely egyedüli energia- és szénforrásként képes hasznosítani a lignint, ezért valószínű, hogy a lignin depolimerizációja ahhoz szükséges, hogy hozzájuthassanak a cellulózhoz és a hemicellulózhoz. A lignin lebontása olyan folyamat, amely az oxidatív enzimek működését, és az azt követő kémiai reakciókat foglalja magába. További érdekesség, hogy a lignin teljes lebontásához szükséges enzimek [lignin peroxidázok (LiP), mangán-függő peroxidázok (MnP), glioxál oxidáz (GLOX) és lakkáz] csak a könnyen elérhető tápanyagok hiányában termelődnek. A lignin bontásában elsősorban gombák vesznek részt, köztük a fehér korhadást (nevét a visszamaradó bontatlan cellulózváz színéről kapta) előidéző *Merulius*, *Ceratostomella* és *Mucor* nemzetségek fajtái ismertek. Kiseb aktivitással az *Aspergillus*, *Trichoderma* és *Trichothecium* nemzetségek tagjai is rendelkeznek.

A biztonságos komposzt előállításának feltétele a kiindulási anyagok higiénizálása, a kórokozók elpusztítása. Ebben nagy szerepe van a termofil fázisnak, amikor a 40 °C fölötti hőmérséklet biztosítja a patogén szervezetek elpusztítását. Ugyanakkor, mint már a lebomlási szakasz jellemzőskor utaltunk rá, a hosszabb ideig tartó 85 °C feletti hőmérséklet nem kívánatos, mivel nem kívánt reakciókat indít el.

### III.2.3.2. A szén/nitrogén arány

A komposztálás kezdetekor a keverék összeállításánál az egyik legfontosabb tényező a C/N arány, mert a komposztálás során a mikroorganizmusok helyes tápanyagellátásával a veszteséget (elsősorban a nitrogénvesztést) minimalizálni tudjuk. Az optimális arány könnyen meghatározható a mikroorganizmusok tápelem igényéből. A mikroba sejtek C/N aránya 5/1. Értelmetlen volna azonban a tápanyagokat ilyen arányban dúsítani nitrogénnel, mert a mikrobák a feldolgozott szervesanyag széntartalmának csak 20 %-át használják fel bioszintézisükhöz, 80 %-át energianyerés céljából elégetik. Megfelelőbb tehát a kiindulási C/N=25:1 arány.

NYERSANYAG	C/N ARÁNY	NYERSANYAG	C/N ARÁNY
Fakéreg	120:1	Baromfitrágya	10:1
Fűrészpor	500:1	Baromfi-mélyalom	15:1
Papír, karton	350:1	Trágyalé (híg)	2:1
Kommunális hulladék	35:1	Trágyalé (sűrű)	10:1
Konyhai hulladék	15:1	Marhatrágya	25:1
Kerti hulladék	40:1	Szalma (rozs, árpa)	60:1
Lomb	50:1	Szalma (búza, zab)	100:1
Vágott fű	20:1	Vágóhídi melléktermék	16:1

III.2.3. táblázat: A legfontosabb nyersanyagok C/N aránya (Fazekas et al., 2011)

Abban az esetben, ha a C/N arány túl szűk, tehát a nitrogén feleslegben van, a fölösleges nitrogén 25/1 arányig ammónia formájában eltávozik. Ez a folyamat, amely például a baromfitrágya komposztálásakor léphet fel, az intenzív ammóniaszagról könnyen felismerhető. Meg kell jegyeznünk azonban, hogy ez a 25/1 arány csak elméleti, mert a gyakorlatban elsősorban a nehezen bomló lignintartalom miatt inkább a 30-35/1 C/N arány az optimális.

Túl tág C/N arány esetén a folyamat csak nagyon lassan indul be, amikor már a felesleges szén CO<sub>2</sub> formájában eltávozott.

### **III.2.3.3. Nedvességtartalom**

A komposztálás során a mikroorganizmusok számára a tápanyagok mellett megfelelő mennyiségű víz is biztosítanunk kell.

Abban az esetben, ha túlzottan száraz a keverék, a mikroorganizmusok szaporodása lelassul esetleg megáll, és csak a megfelelő nedvességtartalom visszaállítása után folytatódik. A komposztálás során az optimális nedvességtartalom 40-60 % között van.

A magas nedvességtartalom esetén a póruster jelentős részét víz tölti ki, így kiszorítva az oxigént anaerob feltételeket teremt, amely kedvezőtlen rothadási folyamatokhoz vezet, ezért a komposztálás során a nedvességtartalmat folyamatosan ellenőrizni kell.

### **III.2.3.4. Oxigénellátás**

A komposztálási folyamatokban résztvevő aerob mikroorganizmusoknak jelentős mennyiségű oxigénre van szükségük. A komposztálás során az oxigén tartalomnak 10 % felett kell lenni. Különösképpen igaz ez a kezdeti intenzív lebontási fázisra, amikor számítások szerint egy köbméter komposztban a levegő két órán belül elfogy. Ez azt jelenti, hogy az anyagnak olyan lazán kell állnia, annyi strukturáló anyagot kell tartalmaznia, annyi levegőt kell bejuttatnunk, vagy olyan gyakran kell a komposztot átforgatni, hogy a levegőáramlás folyamatos legyen a prizma peremétől a magzónáig.

Az irányítástechnikával ellátott komposztálási technológiáknál az érő anyag pórusaiban lévő levegő oxigéntartalmát folyamatosan mérik, és a kapott adatok alapján visszacsatolással szabályozzák a levegőztető rendszert.

## **III.2.4. Anaerob kezelés, biogáz előállítás szakaszai és a metántermelést befolyásoló tényezők**

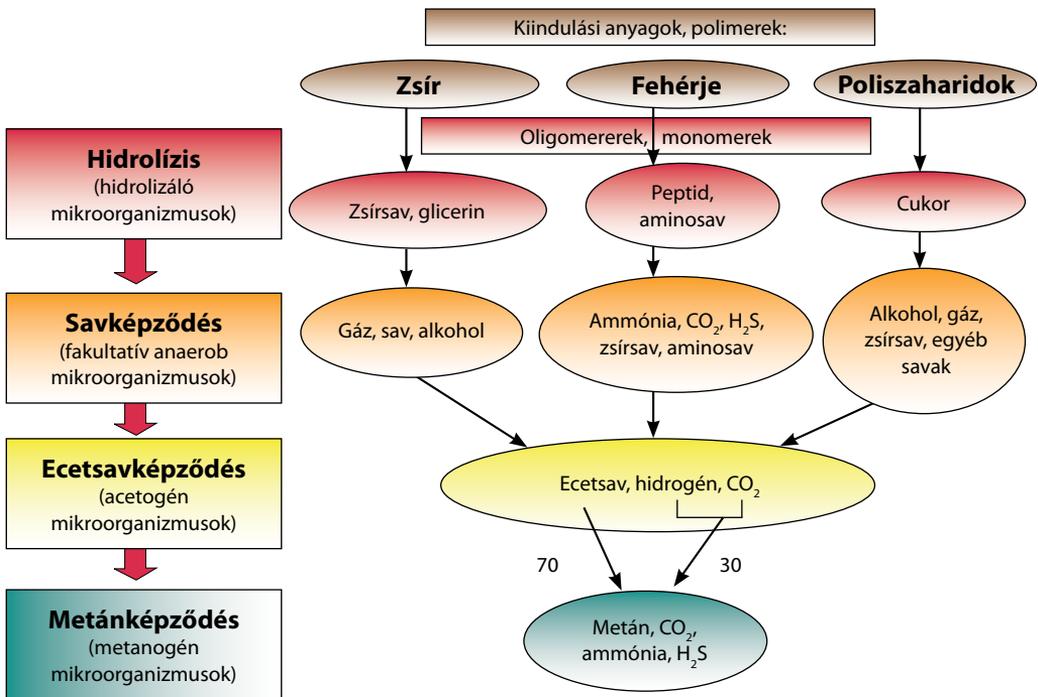
### **III.2.4.1. Az anaerob lebontás és a biogáz előállítás szakaszai**

Az anaerob hulladékkezelés napjaink egyik legdinamikusabban fejlődő eljárásává vált a szennyvíziszapok kezelésére, az ipari, a mezőgazdasági és a települési hulladékok lebontására, újrafelhasználására és - egyéb technológiákkal kombinálva - további értékes melléktermékek (pl. metán) nyerésére, így a megújuló, „zöld energia” előállítására is.

A szilárd hulladékok mikroorganizmusok által történő lebontását biodegradációnak, míg a folyékony hulladékok lebontását fermentációnak nevezzük, ez előbbi rothadás, utóbbit erjedés kíséri. A biogáz szerves anyagok – kommunális szennyvíziszap, állati trágyák és mezőgazdasági maradékok – mikrobák által anaerob (oxigénmentes) körülmények között történő lebontása (fermentációja) során képződő gázelegy, amely mintegy 45-70 % metánt tartalmaz. További összetevői: 30-55 % széndioxid (CO<sub>2</sub>), vízgőz és – kis mennyiségben – kénhidrogén (H<sub>2</sub>S) valamint egyéb maradványgázok. Biogáz főként baktériumok szintrófikus együttműködése során keletkezik, bár néhány gomba illetve alacsonyabb rendű állati szervezet is részt vesz a szerves anyagok lebontásában. Ezeknek a mikrobáknak a szaporodása és a biogáz képződés a természetben lassan megy végbe. A folyamat spontán beindul minden olyan területeken, ahol nagy koncentrációban, oxigénmentes környezetben van jelen nedves szerves anyag. A természetes biogáz képződésre példa a lápos, mocsaras területeken fenékiszapból keletkező gázképződés (mocsárgáz), az elöntött rizsföldeken, a kérődző állatok vagy a bálnák emésztőrendszerében keletkező gáz, a hulladéklerakó telepen termelődő depóniagáz.

Asszíriában időszámításunk előtt a 10. században már biogázt használtak a fürdővíz melegítésére, ennek ellenére az első biogáz fermentor (erjesztő tartály) csak 1859-ben épült meg Bombay-ban egy lepratelepen. Nem sokkal később, 1895-ben Európában is megépült az első ilyen jellegű fermentor az angliai Exeter szennyvízkezelő üzemében, melyből az előállított biogázt az utcai lámpákban használták világításra. Európában jelenleg a legnagyobb biogáz termelő Németország, ahol – bár 2012-ben „mindössze” 269 új telep létesült – 2011-ben 1310, 2007-ben pedig 3750 mezőgazdasági biogáz telepet hoztak létre. Hazánkban először, 1954-ben egy mezőgazdasági jellegű szerves trágya alapú biogáz telep létesült a Pécsi Állami Gazdaságban, jelenleg pedig mintegy 55 biogáz üzem működik már.

Az anaerob lebontás egy komplex folyamat, melyet enzimkatalitikus reakciók sorozata jellemez. A legtöbb szerző (Bitton 1994, Dueblein és Steinhauser 2008, Tamás 1998) négy meghatározó fázisra bontja fel, melynek egyszerűsített bomlási ciklusait az III.2.8. ábra szemlélteti.



III.2.8. ábra: A biogáz-képződés folyamata (Mézés 2007)

A biogáz-képződést tehát négy fázisra bonthatjuk. Ezek a következők:

### I. Hidrolízis:

Az anaerob lebontás első szakasza a hidrolízis, mely során a biohulladék nagy molekulájú szerves polimer vegyületeit - szénhidrátokat, fehérjéket és zsírokat – baktériumok extracelluláris enzimeikkel egyszerűbb vegyületekre, monomerekre bontanak (zsírsvavakra, aminosavakra, cukrokra stb.). A folyamatban általában a *Clostridium* spp., *Bacillus* spp., *Pseudomonas* spp. vesznek részt (Böhnke et al. 1993).

## II. Acidogenezis (savképződés):

A második fázis egy savas-fermentációs (erjedési) biokémiai folyamat, acidogenezis, a levegő kizárásával megy végbe, amely során a hidrolízis termékei tovább bomlanak szerves savakra (ecetsavra, propionsavra, vajsavra) valamint kis molekula tömegű alkoholokra, aldehidekre illetve hidrogénre, szén-dioxidra és egyéb gázokra (például ammóniára, kénhidrogénre).

Ezeket az enzimkatalitikus reakciókat - ugyanúgy, mint az első fázisban - obligát anaerob vagy fakultatív aerob fermentatív mikroorganizmusok (pl. *Lactobacillus* spp., *Propionibacillus* spp., *Clostridium* spp., *Proteus* spp., *Alkaligenes* spp., *Enterobacillus* spp., gombák) exoenzimjei katalizálják (Bokányi 2004).

A savképződés hatására a közeg kémhatása addig csökken, amíg a baktériumok saját lebontó tevékenységeik következtében el nem pusztulnak.

## III. Acetogenezis:

Ebben a szakaszban az acetogén *Syntrophobacter wolinii*, *Syntrophomonas wolfei*, *Syntrophus buswellii*, valamint a *Selenomonas* spp., *Clostridium* spp., *Ruminococcus* spp., és *Desulfovibrio* spp. játszanak fontos szerepet (Dr. Bokányi 2004). Az anaerob lebontás harmadik fázisa, az acetogenezis során az acetogén baktériumok enzimjeinek köszönhetően ecetsav, hidrogén és szén-dioxid keletkezik.

## IV. Metanogenezis:

Az anaerob degradáció negyedik fázisa a metán-képződés, azaz a metanogenezis, mely során a metántermelő (metanogén) mikroorganizmusok nagyobb csoportja a szerves savakat metánná, szén-dioxiddá és vízzé bontja le, míg egy másik csoportja ezzel egy időben a keletkező szén-dioxid egy részét az acetogének által termelt hidrogén felhasználásával alakítja át metánná:



A metanogén mikroorganizmusoknak (archaeabaktériumok) igen sok törzse (~50) létezik, ami lehetővé teszi, hogy az anaerob biodegradáció széles hőmérsékleti tartományban létrejöjjön, akár 15 °C-tól 55 °C-ig, 60-99 % víztartalom esetében is. Dublein és Steinhäuser (2008) a kb. 50 metanogén törzset 5 rendbe osztotta: Methanobacteriales, Methanococcales, Methanomicrobiales, Methanosarcinales, Methanopyraceae. Az anaerob fermentáció során leggyakrabban előforduló metanogén baktériumtörzs a *Methanocaldococcus jannaschii* ezek közül a Methanococcales rendbe tartozik.

A biohulladékok széntartalmának 90-95 %-a alakulhat át biogázzá. A rendszerben szulfátredukáló baktériumok is megtalálhatóak, melyek szulfátból és egyéb különböző kén vegyületekből hidrogén-szulfidot állítanak elő. Ez utóbbi reakcióba lép a vas és egyéb nehézfém sókkal, azokkal oldhatatlan szulfidokat képez, ennek ellenére egy kevés hidrogén-szulfid a biogázban mindig megtalálható.

A biogáz sokoldalúan hasznosítható. Közvetlen elégetéssel épületek, mezőgazdasági létesítmények (üvegházak) fűtésére lehet felhasználni. Ha nagy mennyiségben keletkezik célszerű elektromos energia előállításra használni. Sikeresen alkalmazható alternatív üzemanyagként személyautókban, teherautókban, buszokban egyaránt, a felhasználás előtt azonban meg kell tisztítani a benne található hidrogén-szulfidtól, szén-dioxiddtól és a vízgőztől. Ezt követően már ugyanolyan módon használható, mint a sűrített természetes gáz.

### **III.2.4.2. A metántermelést befolyásoló tényezők**

Mivel egy kiegyensúlyozott anaerob lebontási folyamat során az egyes fázisokban részt vevő baktériumcsoportok dinamikus egyensúlyban szaporodnak, így az anaerob lebontás, s ezáltal a biogáz képződés folyamatának irányítása és optimalizálása a mikroszervezetek életfeltételeinek és a folyamatot befolyásoló abiotikus tényezők hatásának ismeretében válik lehetségessé. A környezeti változások ezt az egyensúlyt könnyen megbonthatják, és olyan átmeneti termékek halmozódhatnak fel, melyek a teljes folyamat gátlását, lassulását, vagy akár leállását is eredményezhetik (Kárpáti 2002). Az anaerob lebontási folyamatban résztvevő mikroszervezetek számára ilyen kritikus környezeti tényező a hőmérséklet, a tápanyag-ellátottság, a nedvesség, a kémhatás, vagy a toxikus anyagok jelenléte stb. (Malina és Pohland 1992).

Ezeket a továbbiakban részletezzük:

#### **III.2.4.2.1. Hőmérséklet**

A hőmérséklet az élettevékenységeket befolyásoló egyik legjelentősebb abiotikus környezeti tényező, a biogáz képződése szempontjából pedig a legfontosabb rendezőfaktor. Az anaerob lebontás endoterm folyamat, így a rendszerbe hőt kell bevinni. Hőmérsékleti-tartományok szempontjából az anaerob fermentálásnak két fő eljárását különböztethetjük meg:

- a mezofil eljárás során az optimális hőmérséklet 30-35 °C között;
- a termofil eljárásnál az optimális hőmérséklet 50-65 °C között van. Ez a folyamat reakció-kinetikai szempontból előnyösebb, gyorsabb és 10-20 %-kal termelékenyebben zajlik le ugyanolyan szerves anyag lebontása során (Szabó 1999).

Egy konkrét esetben, hogy a mezofil, avagy a termofil folyamat előnyösebb-e, azt főleg gazdasági, üzemeltetési megfontolások alapján döntenek el.

A nagyobb szerves molekulák kezdeti átalakítását végző fermentáló mikroorganizmusok nagyobb növekedési sebességének és nagyobb energianyerességük eredményeként alacsonyabb hőmérsékleten is nagyobb átalakítási sebességet biztosítanak (Kárpáti 2002), ezzel szemben a metanogén archeák hosszú generációs idővel rendelkeznek, s így sokkal érzékenyebbek a hőmérséklet változására, mint a lebontás más szereplői.

#### **III.2.4.2.2. Tápanyag**

A kiegyensúlyozott mikrobiológiai tevékenység egyik alapfeltétele a keverék állandó összetétele (Kárpáti 2002). Emellett a mikroorganizmusok szempontjából rendkívül fontos a biogáz-termelés során felhasználásra kerülő szerves anyagok szén- és nitrogén-tartalma, valamint a C/N aránya. A nem megfelelő C/N arány kedvezőtlenül befolyásolja az erjedés folyamatát. Az anaerob baktériumok a szén kb. 30-szor gyorsabban fogyasztják el, mint a nitrogént, így a mikrobák fenntartása szempontjából az optimális C/N arány Pesti (2005) szerint 30:1. A kevés nitrogéntartalom gátolja a szénmennyiség feldolgozását, ha a nitrogén teljesen elfogy, a baktériumok elpusztulnak. A magas nitrogéntartalom viszont ammónia-akkumulációt okoz, ami akadályozza a metánképződést, amellett, hogy a hátramaradó nitrogén a keletkező trágya minőségét is csökkenti.

Szintén lényeges a felhasználásra kerülő szerves anyagok optimális, 150:1 szén-foszfor aránya. Egyéb tápelemekből (pl. a kén, a kalcium, a magnézium, stb.) a szükséges mennyiség minden biodegradációra vagy fermentációra szánt anyagban jelen van, így ezek nem okoznak problémát (Kárpáti 2002).

### **III.2.4.2.3. Nedvesség/Szárazanyag-tartalom**

A víz nélkülözhetetlen mind a mikroorganizmusok anyagcseréje, mind pedig az enzimkatalitikus reakciók szempontjából. Az aerob biodegradációhoz képest az anaerob lebontás optimális nedvesség-tartalma tágabb határok között van. A lebontandó keverék szárazanyag tartalma 0,1 % - 60 % között mozoghat (Szabó és Szabó 2006), ezen belül viszont az alább elkülönített szárazanyag-tartományok alapján különböző eljárás-technikai típusokról beszélhetünk:

- 0,1 -5 % között nedves eljárásról,
- 5 -15 % között szuszpenziós eljárásról,
- 15-25 % között félszáraz eljárásról és
- 25-60 % szárazanyag-tartalom között száraz eljárásról.

### **III.2.4.2.4. Kémhatás**

A fermentatív és metanogén mikroorganizmusok a semleges körüli kémhatás mellett szaporodnak optimális (maximális) sebességgel és fejtik ki hatásukat a legkedvezőbbben (Szabó 1999). Az anaerob lebontás közegének kémhatása Kaltwasser (1983) szerint pH= 7-7,6 között, míg Bagi (Kovács és Bagi 2007) szerint pH=7-8,5 között optimális, viszont az acidogenezis, illetve a metanogenezis enyhén eltérő kémhatást igényelnek. A zömmel fakultatív anaerob savtermelő baktériumok pH=5,3-6,8, míg az obligát anaerob metanogének pH=6,8-7,2 kémhatású közegben érzik jól magukat (Öllös 1991). A közeg kémhatására az anaerob rendszer különbözőmikroba családjai közül a metanogén baktériumok a legérzékenyebbek. Ha savképző szervezetek gyorsabban állítják elő a szerves savakat, mint ahogy azt a metanogének átalakítják metánná, a metántermelő baktériumok inhibíciója figyelhető meg (pH 6,0 érték alá csökken), de akár a kémhatás csökkenése oly mértékű is lehet, hogy az a folyamat leállását eredményezi (Szabó és Szabó 2006).

A kedvezőtlen, elsavanyodó kémhatás szabályozása történhet mésztejjel, nátrium-karbonát oldattal, vagy akár a maradékanyag kezelése során keletkező szűrlet visszavezetésével.

### **III.2.4.2.5. Inhibitorok/Toxikus-anyagok**

A toxikus anyagok általában egy bizonyos koncentráció felett gátlóhatást fejthetnek ki, amelyet a mikrobák szaporodási rátájának csökkenése jelez. Alapesetben a természetes szubsztrát relatív fogyása vagy a fermentációs salakanyagok felszaporodása is gátló hatást fejthet ki. Olyan közti termékek, mint az illósavak, vagy bizonyos szubsztrátok magas koncentrációban inhibitor hatást fejtenek ki. A kénhidrogén, ammónia, klórozott szénhidrogének ( $c \geq 3$  mg/L), aromás vegyületek, zsírsavak, az alkáli- és alkáli-földfémek ( $C \geq 5$  g/L), a nehézfémek ( $c \geq 5$  mg/L) és a cianidok koncentrációtól függően szintén gátló hatásúak vagy toxikusak az anaerob lebontási folyamatra nézve (Öllös et al. 2010). A 0,1 g/L-es koncentrációnál magasabb szulfát-ion jelenlét a metanogén archeák inhibícióját okozza. A toxikus anyagok közül különösen veszélyesek az erős baktériumölő és gombaölő szerek, mint pl. a krezolok, a fenolok (Mosey 1976). A reaktortérbe jutó fény gátló-hatása is jelentős!

### **III.2.4.2.5. Szemcseméret**

A szemcseméret és annak eloszlása határozza meg az enzimkatalitikus reakcióban résztvevő érintkezési felület nagyságát (Varga 2010). A szemcseméret és a fajlagos felület fordítottan-arányos. A finom szemcseméret (< 50 mm) és az egyenletes eloszlás előnyös az anyagkezelés valamint a fermentor üzemeltetés (keverés, termékek elvezetése stb.) szempontjából is. Ezen kívül fontos a szálas anyagok szálszerkezetének feltörése is.



#### **III.2.4.2.6. Hidraulikus tartózkodási idő (HRT - Hydraulic Retention Time)**

Hidraulikus tartózkodási időnek nevezzük azt az átlagos időtartamot, amíg a szubsztrát a reaktorban tartózkodik. Ez az idő – a technológiától függően- 20 és 120 nap között változik, amely függ a folyamat fontosabb paramétereitől, mint pl. a hőmérséklettől, valamint a szubsztrát tulajdonságaitól (Varga 2010).

#### **III.2.4.2.7. Szerves töltési arány (OLR- Organic Loading Rate)**

Szerves töltési arány az a szerves-anyag mennyiség (KOI, vagy illó szilárdban kifejezve), amely naponként betáplálásra kerül a reaktor egységnyi térfogatára vonatkoztatva. A szerves töltési fok az anaerob lebontási folyamat biológiai átalakítási kapacitását fejezi ki. Egy bizonyos mennyiség fölött a biogáz hozam csökken az iszapban akkumulálódó inhibitorok következtében (Varga 2010). Ez egy lényeges paraméter, hiszen a túltöltés a folyamat leállítását eredményezheti.

#### **III.2.4.2.8. Koszubsztrát hatás**

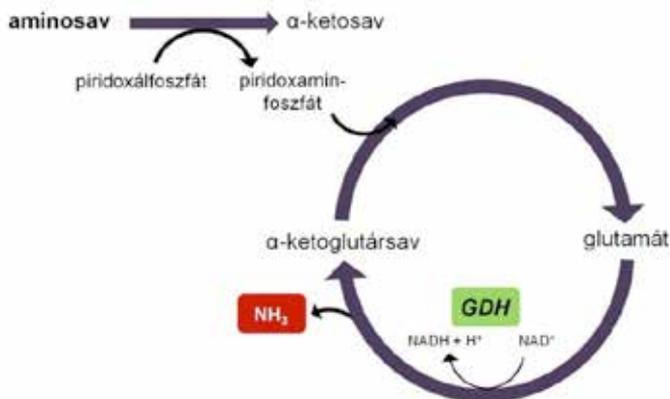
Különböző szerves hulladékok (pl. mezőgazdasági, élelmiszeripari, vágóhídi, papír-ipari hulladékok, kommunális szennyvízszappal) együttes rothasztásával növelhető a biogáz mennyisége és javul a nehezen bontható szervesanyagok bonthatósága.

### **III.2.5. Nitrogén-transzformációs folyamatok**

Az egyik legfontosabb makroelem a nitrogén, mely többek között az aminosavak (fehérjék), nukleinsavak (DNS, RNS) és néhány poliszacharid, vagyis élő és elhalt sejtek fontos építőeleme. Az állati szervezetek tömegének átlagosan 3 %-a tartalmaz nitrogént, míg a növények szárazanyagának közel 15 %-át teszik ki (Fülek 1999).

Az aminosavak szintéziséhez szükséges nitrogén egy része a talajból származik. A növények gyökérzetük segítségével a talaj nitrogén-tartalmának 1-5 %-át kitevő szervesetlen vegyületekből származó ionokat veszik fel ( $\text{NH}_4^+$  és  $\text{NO}_3^-$ ), melyből közvetlenül csak az ammónia hasznosítható. A szervesetlen nitrogén beépülésének másik útja a mikroorganizmusok segítségével történik. A pillangósvirágú növények gyökérgümőjében élő ún. nitrogénkötő baktériumok kötik meg a levegő molekuláris nitrogénjét szerves vegyületek, aminosavak formájában. A már szerves kötésben lévő nitrogén, különböző anyagcsere folyamatokon át változik, átalakul. A nitrogén transzformációs folyamatok így egyaránt tartalmazzák a lebontó és építő folyamatokat is, melyben a mikroorganizmusok igen nagy szerepet töltenek be.

A nitrogéntartalmú szerves vegyületek degradációja, mineralizációja nagymértékben függ a vegyület típusától. A talajban a kiindulási anyagtól függetlenül első lépésként a makroszervezetek segítségével kisebb darabokra esik szét a nitrogéntartalmú szerves anyag, majd aktív fehérjebontó enzimek segítségével a mikroorganizmusok sejteken kívüli, extracelluláris lebontó támadást indítanak. A kiválasztott proteolitikus enzimek a peptidláncok könnyen hozzáférhető kötéseit megbontják, kisebb egységekre tagolva. Az így keletkezett részek, molekulák egy része már képes a sejtfalon és membránon átjutni a citoplazmába, ahol folytatódik a bontás aminosavakra, majd azok dezaminálását követően ammóniára és más termékekre (III.2.9. ábra). Ezt a folyamatot gyakran ammonifikációnak nevezik, mely tágabb értelmű, mint a mikrobiológiai értelemben vett ammonifikáció jelensége.



**III.2.9. ábra: Tágabb értelemben vett ammonifikáció folyamata [GDH, glutamát-dehidrogenáz] (Borsodi, 2013)**

A felszabaduló ammóniát a szervezetek többsége képes beépíteni, első lépésként glutamin keletkezése közben, mely számos N-tartalmú vegyület képződésének kiindulópontja (pl. aminosavak).

A mikroorganizmusok a bontás során keletkező illetve létrejövő aminosavakat közvetlenül is felhasználhatják, vagy a növényi és állat szervezetnek rendelkezésére bocsáthatják.

Anaerob körülmények közötti fehérjebomlásnál, rothadáskor az ammónia mellett indol, kén-hidrogén és több, hulláméregnek is nevezett vegyület keletkezik (putreszcin, kadaverin, hisztamin, triptamin). A fehérjék bontásában körülményektől függően aerob (*Bacillus putidum*, *B. cereus*, *B. megaterium*, *B. subtilis*, *Aspergillus niger*, *Botrytis* spp., *Mucor* spp., *Rhizopus* spp., *Penicillium* spp., *Trichoderma* spp.), fakultatív aerob (*Proteus vulgaris*, *P. mirabilis*, *E. coli*) és anaerob (*Clostridium putrificum*, *Cl. sporogens*, *Cl. perfringens*, *Cl. bifermentans*, *Cl. tetani*) baktériumok és gombák egyaránt részt vesznek.

A kitin N-acetilglükózaminból felépülő polimer molekula, mely a gombák sejtfalának fő komponense, valamint az ízeltlábúak (rágók, rovarok) külső vázának alkotója is. A talajban és biológiai hulladékokban egyaránt megtalálhatók ezek a vegyületek, és kémiai ellenállóságuk dacára több mikroorganizmus is képes bontásukra. A folyamat során először glükóz-amin és ecetsav, majd a glükóz-aminból glükóz és ammónia képződik a kitináz enzim közreműködésével. A kitin bontásában szerepet játszó baktériumok (*Bacterium chininovorum*, *Flavobacterium* spp., *Pseudomonas* spp.) mellett a gombák (*Aspergillus* spp., *Mucor* spp., *Penicillium* spp., *Trichoderma* spp.) tevékenysége sem elhanyagolható.

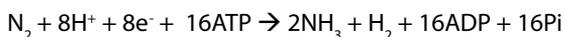
A N-tartalmú polimer vegyületek transzformációs folyamataiban a humusz központi szerepet játszik, hiszen a Földön mintegy 14.000 milliárd tonnára becsült humuszvegyületeknek 5-6 % a nitrogéntartalma. A bonyolult, több típusú monomerből felépülő polimer vegyület degradációjában is szerepet kapnak a mikroszervezetek (*Bacterium* spp., *Mycobacterium* spp., *Nocardia* spp.) (NYF). Másfelől a humusz oldalláncai ammóniát kötnék meg, jelentős mennyiségű nitrogént kivonva a körforgásból. Ennek az időlegesen kikerülő anyagnak körülbelül 50 %-a vonható ki savas hidrolízissel, mely lassú bomlásukkal egyenletes nitrogénellátottságot biztosíthatnak a növényeknek.

A műtrágya széleskörű, és sokszor túlzott mértékű felhasználása miatt környezetünkben megnövekedett a karbamidot bontó szervezetek jelenősége is. Ezek a vegyületek ugyanis specifikus, ammonifikáló talajbaktériumok tevékenysége nélkül a növények számára hasznosíthatatlanok maradnak. Az átalakításban szereplő baktériumok az ún. urobaktériumok (*Sarcina urea*, *Micrococcus urea*, *Bacillus pasteurii*).

A nitrogéntartalmú szerves vegyületek lebontó folyamati mellett igen fontos a talajban élő szervezetek közvetlenül vagy közvetetten ehhez a folyamathoz kapcsolódó tevékenysége, mely a nitrogén mikrobiológiai körforgását tartalmazza.

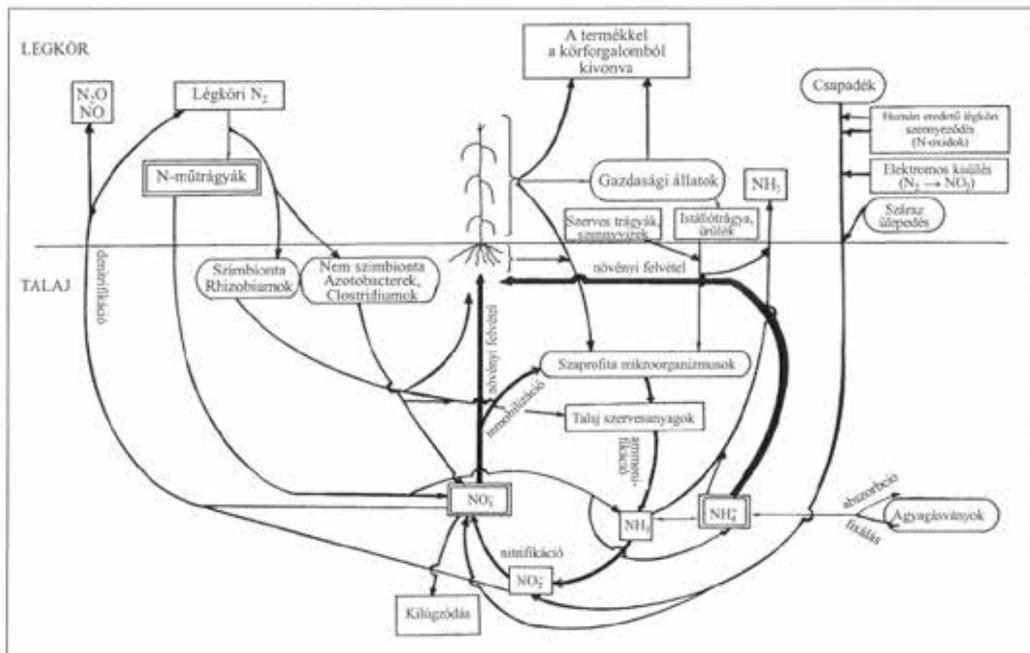
A nitrogén körforgása mikrobiológiai szempontból négy lépésre bontható: ammonifikáció, nitrifikáció, dentirifikáció, biológiai N<sub>2</sub>-kötés. Bár a hulladékfeldolgozás és kezelés szempontjából a biológiai nitrogénkötés nem jellemző, mégis a nitrogén transzformációs folyamatok teljes képehez elengedhetetlenül hozzátartozik ez a lépés is. A folyamatban a levegő molekuláris nitrogénje beépül a növény szerves anyagaiba. Ez az átalakulás történhet fotokémiai, például villámlás útján is, azonban ez a mennyiség (<3x10<sup>9</sup> kg N/év) messze elmarad a biológiai nitrogénkötés mértékétől (140x10<sup>9</sup> kg N/év). A levegő molekuláris nitrogénjét megkötő prokarióták lehetnek szabadon élők (*Azotobacter* spp, *Azospirillum* spp.), asszociatív vagy átmeneti társulást alkotók illetve szimbiotikus nitrogénkötők. Becslések alapján igen nagy különbség van a különböző típusú társulások segítségével megkötött nitrogén mennyiségében. A talajban szabadon élő mikroorganizmusok 7-15 kg nitrogént kötnek meg hektáronként évente, míg a pillangósvirágú növényekkel szimbiózist alkotóknál ez 70-300 kg N/ha/év is lehet; abiotikus módon pedig maximum 15-30 kg nitrogén kerül a talajba (Birkás 2006).

A levegő nitrogénjének megkötése energiaigényes folyamat, aerob és anaerob körülmények között egyaránt lejátszódhat. A folyamatban kulcsfontosságú enzim, a nitrogenáz a sejtekben azonban anaerob közegben működik. A nitrogenáz enzim két fehérjéből álló (az egyik Fe-fehérje, a másik Fe-Mo-fehérje) komplex, ami szoros kapcsolatban áll egy másik, a hidrogénmolekula aktiválását biztosító hidrogenáz enzimmel.



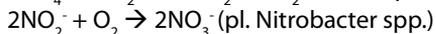
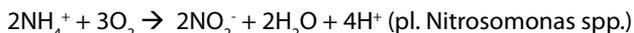
A teljes biológiai nitrogén-fixáció 70 %-át a szimbiotikus, 30 %-át a szabadon és asszociációban élő nitrogénkötők adják (Paul 1988). A szimbionták közül a legnagyobb jelentőséggel a gazdanövény specifikus *Rhizobium*, *Bradyrhizobium*, *Shizorhizobium* fajok rendelkeznek, melyek a talajban önállóan is megtalálható pálcika alakú, szaprofita baktériumok. A növények gyökereinek kéregállományába vándorolva ún. bakteroid formákká alakulnak át, gyökérgümők képződését indukálva. A gümők teljes kialakulásához és a nitrogénkötés kezdetéhez mintegy 2-3 hétre van szükség, és az öregedő gumók körülbelül egy hónap alatt inaktívvá válnak, szétesnek (Szabó 1989).

A mikrobiális folyamatok kulcsfontosságúak a nitrogén körforgalmában és mivel a környezeti faktorok (nedvesség, hőmérséklet, pH, talaj-szerkezet) hatással vannak mikroba-közösségre, mindez kihat a talaj N-háztartására is (III.2.10. ábra).



III.2.10. ábra: A nitrogén-körforgalma (Birkás, 2006)

A szerves molekulákban kötött nitrogén a mikroorganizmusok ammonifikációs tevékenysége folytán aerob közegben ammóniává alakul, mely toxikus hatással rendelkezik. A talaj egyensúlyi állapotában éppen ezért ammónia gyakorlatilag nem fordul elő. Az ammonifikáció során képződött, illetve a természetes környezetből, hulladékból származó  $\text{NH}_3$  egy részét olyan baktériumok hasznosítják, melyek az ammónia oxidációjából nyerik a felépítő folyamataikhoz szükséges energiájukat. A folyamat eredményeképpen nitrit illetve nitrát képződik, a folyamatot nitrifikációnak a benne szereplő mikroorganizmusokat pedig nitrifikáló baktériumoknak nevezik. Ezen baktériumok kivétel nélkül aerob, Gram-negatív, kemolitotróf szervezetek, ezért csak levegővel jól ellátott talajokban fordulnak elő, semleges közegben.



A nitrifikálás, vagyis az oxidálható N-vegyületekből történő energia felszabadítás biológiai célja tehát az ATP-képzésre fordítható energianyerés, melynek eredményeképpen energiát már nem tartalmazó, teljesen oxidált formátumok jönnek létre, melyek fontos nitrogénforrással szolgálnak. A nitrát beépülése, vagyis a nitrát asszimiláció a biológiai körforgalom egyik fő folyamatának mondható, évente mintegy  $2 \times 10^{13}$  kg N épül így be.

A nitrifikáció haszna mellett a folyamat hátrányairól sem szabad megfeledkezni. A nitrátok a vízben könnyen oldható sókat képeznek, és a talaj felső rétegeiből könnyen kilúgzódnak, így a növényi táplálkozás szempontjából elvesznek. Mindemellett a természetes vizekbe kerülő nagyobb mennyiségük hátrányosan változtatják meg a vizek ökoszisztémáját. Az élelmiszer-, és takarmánynövényekben való felhalmozódásuk pedig mérgezéseket idézhetnek elő az emberekben, állatokban (met-haemoglobinaemia), ami különösen a csecsemőkre nézve lehet életveszélyes.

A talajok szerves anyagainak lebontásakor a C/N arány döntően befolyásolja a nitrogén további sorsát. Amennyiben a C-N arány 30-nál nagyobb (szénhidrát-hatás), úgy a mikrobák erőteljes N-felvétele csökkenti a talaj nitrát-tartalmát. 20-30 közötti C:N arány esetében a nitrogén elegendő a bontó szervezetek számára, szűkebb aránynál viszont már a bontás kezdetekor ásványi nitrogén szabadul fel (Birkás 2006).

A denitrifikációnak -mint azt korábban is láthattuk az ammonifikációnál- többféle megközelítése lehetséges, nevezetesen tágabb ill. szűkebb értelemben is beszélhetünk róla.

A tágabb értelmű vagy asszimilatív denitrifikáció folyamán a mikroorganizmusok a felvett nitrátból testfehérjéiket és egyéb, N-tartalmú szerves anyagaikat szintetizálják. A baktériumok testébe így beépült nitrogén végül a talajban marad. Ezt hívják megfordított nitrifikációnak, amikor is a redukció ammóniáig történik.

Szűkebb értelmezés alatt azt a folyamatot értjük, amikor a nitrát teljes mértékben, tehát molekuláris nitrogénig redukálódik. Ezt a disszimilatív formát valósítják meg a fakultatív anaerob szervezetek, amelyek anaerob körülmények között a nitrátot (nitritet) hasznosítják terminális elektron akceptorként, a keletkező gáz halmazállapotú termékek ( $N_2O$ ,  $NO$ ,  $N_2$ ) pedig a légkörbe távoznak.

Habár a prokarióta szervezetek sokoldalú, esetenként kizárólagos szerepet töltenek be a nitrogén körforgalmában, meg kell említeni, hogy bizonyos gombák is részt vesznek a körforgalom egyes folyamataiban, asszimilatív nitrát redukcióra pedig algák és edényes növények is képesek, továbbá az ammónia asszimiláció kulcs enzime, a glutamin-szintetáz (GS) széles körben előfordul az élő szervezetekben (Borsodi).

A denitrifikáció több lépésből álló enzimatis reakciósor. A teljes folyamat végterméke a molekuláris nitrogén, de a környezeti viszonyoktól és a baktérium fajtától függően valamelyik köztes termék is végterméket jelenthet az alábbiak szerint.



A leggyakrabban denitrifikálók a *Pseudomonas* és a *Thiobacillus* nemzetségbe tartoznak (*Pseudomonas aeruginosa*, *Thiobacillus denitrificans*). Mivel a denitrifikáció energiaigényes, aerob körülmények között, könnyen hasznosítható nitrogénforrás jelenlétében a nitrátot redukáló enzimrendszer ki sem fejlődik.

A kémiai denitrifikáció savanyú pH mellett (pH: 5,5) megy végbe, míg a biológiai denitrifikáció megközelítően 6-9 pH között zajlik. A denitrifikációs folyamatok ideális környezeti körülményei hazánkban az őszi és téli időszakban alakulnak ki, mikor a talaj nagyobb nedvességtartama kedvez ezeknek az anaerob folyamatoknak és a növények a nyugalmi állapotuk miatt kevésbé használják fel a talaj nitrát tartalmát (Helmeczi 1994).

A talajok denitrifikációs úton keletkező vesztesége akár a felhasznált műtrágyák 30 %-át is érintheti (Birkás, 2006). Ennél még nagyobb probléma, hogy a keletkezett nitrogén-oxidok nagy hatással vannak a légkörben zajló kémiai folyamatokra. A dinitrogén-oxid például a szén-dioxidnál 320-szor erősebb üvegházhatást okoz, így hozzájárul a globális klímaváltozáshoz (Borsodi, 2013).

### **III.2.6. Szervesanyag-átalakulási folyamatok az aerob és az anaerob rendszereknél, humuszanyagok a komposztban**

A szerves anyagok bomlása és átalakulása biológiai hulladékkezelés során a hasonló a talajokban végbemenő szerves anyag bomlási és átalakulási folyamatokhoz. A fő különbség a folyamat intenzitása és sebessége. A szerves hulladékanyagok valamint elhalt szervezetek átalakulása bomlás és szintézis egymásra épülő folyamataiból áll. A degradáció vagy bomlás három fázisra osztható. Az első biokémiai fázisban kémiai folyamatok (hidrolízis, oxidáció) hatására egyszerűbb vegyületek keletkeznek. Ez a lépés lényegében időben egybeesik a mechanikai aprítással, amikor a mezo- mak-

ro- és megafauna egyedei előkészítik a degradálódó szerves anyag mikrobiológiai lebontását. A már apróbb, hozzáférhetőbb szerves anyagokat a baktériumok, sugárgombák és gombák extracelluláris enzimek segítségével egyszerűbb vegyületekre bontják. A közeg oxigén ellátottsága alapján kétféle rendszer alakulhat ki: oxigén jelenlétekor aerob, oxigén hiányában pedig anaerob. A két rendszer eltérő energetikai folyamatokkal jellemezhető: az anaerob lebontás endoterm folyamat, a résztvevő szervezetek általában mezofilok, míg az aerob hőtermelő, az ezt előidéző szervezetek nagy része hőkedvelő, termofil. Aerob viszonyok között az energiát az aerob organotróf mikroorganizmusok légzése, a tápanyagok oxidációja biztosítja.

A szerves anyagok lebontásakor keletkező egyik jellemző monomer, a glükóz további felhasználása is jelentősen függ az oxigéntől. A glükóz aerob égésekor 2872 kJ Mol energia szabadul fel, míg anaerob viszonyok között ez az átalakulás csak tejsavvá vagy más egyszerűbb savvá alakulásig tart, mely 197 kJ Mol energiát jelent. Általánosságban elmondható, hogy aerob rendszerekben az energia túlnyomó része „hasznosul” míg anaerob rendszerekben nagy százalék marad a metán és éghető gázok energiájában.

Ugyanakkor egy aerob rendszernél is kialakulhat átmeneti oxigénhiány, amikor a mikroorganizmusok oxigén igényüket a szerves vegyületek redukciójából fedezik. Ekkor indul be a rothadás, melyet kellemetlen szagok kísérnek. A lebomló szerves anyag kékeszürke színű lesz, és csak kevés hő szabadul fel. A keletkező savak, köztük az ulminsav pedig megszünteti a szerves vegyületek bomlási folyamatát.

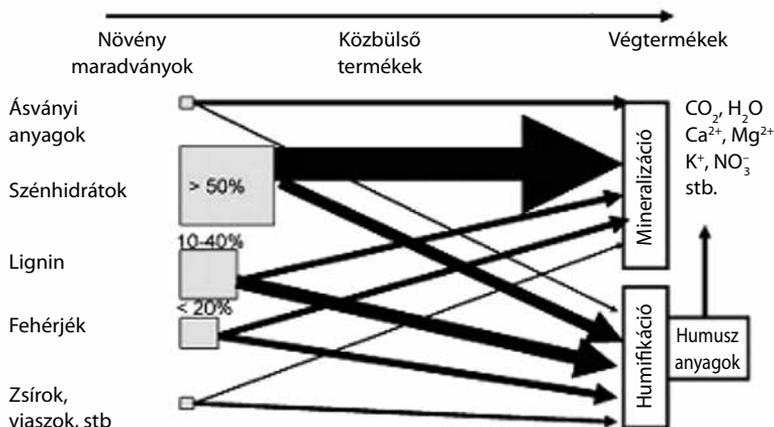
A könnyen bontható szerves anyagok optimális feltételek között gyorsan mineralizálódnak – a szerves kötésben lévő kémiai elemek a növények által fölvehető ásványi formákká alakulnak-, vagy anaerob közegben a szerves anyag KOI  $\frac{1}{4}$  részének megfelelő tömegű  $\text{CH}_4$  szabadul fel.

A szerves anyagok átalakulásában azonban nem csak lebontó, hanem építő - szintetizáló folyamatokkal is számolnunk kell. Így a degradáció (mineralizáció) és építő (humifikáció) folyamatok szoros kapcsolatban állnak (III.2.11. ábra).

A humifikáció lényege, hogy a nehezen bontható vegyületek (maradványok) polimerizálódva a nitrogén tartalmú vegyületekkel összekapcsolódik és nagy molekulájú, sötét színű stabil vegyületeket, humusz anyagokat képez. A lignin jelentős szerepet játszik ebben a folyamatban, mivel a humusz alapvetően a lignin bomlástermékeinek a kondenzációjával és polimerizációjával jön létre. Amennyiben a körülmények nem változnak, az elbomló és keletkező humusz közel azonos mennyiségű, vagyis a mineralizáció és humifikáció következtében a talaj szerves anyagai állandó dinamikus változásban vannak.

Mivel a komposztálásnál a növényi vázanyagot alkotó lignocellulóz, lignin a nehezen bontható polimerekhez tartozik, a komposztálásnál a humifikáció jelenségével is számolni kell. A humifikáció intenzitását nagyban befolyásolja a szerves maradványok összetétele (C/N arány) és a külső környezeti feltételek, a talaj hőmérséklete, nedvességtartalma és kémhatása.

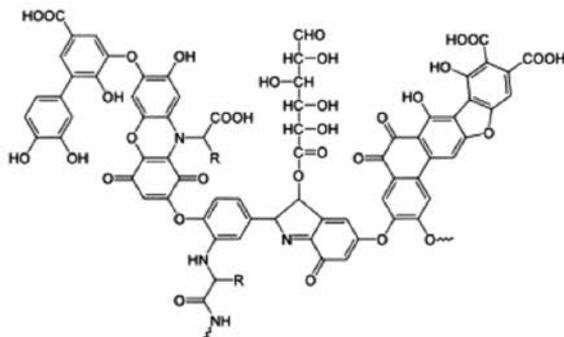
### A mineralizáció és a humifikáció kapcsolata



**III.2.11. ábra: A mineralizáció és a humifikáció közötti összefüggések vázlatja**  
(Stefanovits és munkatársai 1999)

A valódi humuszanyagok rendkívül bonyolult és változatos felépítésű anyagok, szerkezetük nem egységes, csoportosításuk a lúggal illetve savval szembeni viselkedésük alapján történik. Így megkülönböztetünk savokban és lúgokban egyaránt jól oldódó fulvósavakat, savban nem de lúgban oldódó huminsavakat, valamint hideg savban és lúgban egyaránt nem oldódó huminanyagokat. A fulvósavaktól a huminanyagok felé haladva növekszik a vegyületek molekulásúlya, polimerizáltsága, kondenzáltsága és nitrogéntartalma, az aktív gyökök számának csökkenése miatt pedig csökken a humuszvegyületek savas jellege és oldhatósága.

A humuszanyagok stabil szerkezetük, ellenállóságuk ellenére azonban közvetlen és közvetett tápanyagforrást is jelentenek a növények számára. A humusz, mint tápelem utánpótlás elsősorban nitrogén-forrásként jelentős. A legkönnyebben mineralizálódó amino-nitrogén formák túlnyomó része a huminsavakhoz kötött (III.2.12. ábra). A növények számára közvetlenül is hasznosítható ásványi nitrogén formák (nitrát és ammónium) elsődlegesen a humuszanyagokban lévő szerves aminok átalakulásával keletkeznek az ammonifikáció és a nitrifikáció során (Lásd III.2.5. Nitrogén-transzformációs folyamatok). Ismeretes, hogy a humusz nitrogén mellett foszfort és kén is tartalmaz szerves kötésben, melyek a nitrogénhez hasonlóan lassan feltáródva, egyenletes eloszlásban válik felvehetővé a növények számára.



**III.2.12. ábra: Huminsavak összetétele** ([https://en.wikipedia.org/wiki/Humic\\_acid](https://en.wikipedia.org/wiki/Humic_acid))

A humusz mindemellett fontos szerepet játszik a közeg (talaj) fizikai tulajdonságainak alakításában valamint a tápanyag gazdálkodásának szabályozásában. Nagy adszorpciós képességük révén képesek mikro- és makroelemek megkötésére, és azok külső tényezők általi szabályozott leadására is. A humuszanyagok képesek a növények számára toxikus hatású elemeket és egyéb káros anyagokat (pl. növényvédőszer maradványok) is megkötni, ezáltal megvédve a növényeket a toxikus anyagok okozta kedvezőtlen hatásoktól. Mivel a huminsavak kétértékű ionokkal alkotott sói vízben oldhatatlanok, így jelenlétükben a legkedvezőbb ún. morzsás talajszerkezet alakul ki. A talaj puffer-kapacitását javítja, ezzel a talajt érő kedvezőtlen hatásokat tompítani tudja. A humuszanyagok színüknél fogva gyorsítják a talajok felmelegedését, mivel a sötétebb színű talaj jobban elnyeli a Nap sugarait (ugyanakkor a szerves anyagban gazdag talajok kisugárzása is nagyobb). Nagy adszorpciós képességüknél fogva a humuszanyagok a talajok vízgazdálkodását is javítják, a humuszban gazdag talaj több vizet tud megkötni és a megkötött vízmennyiséget tovább tárolja. A magas szerves anyag-tartalmú talajok víz- és hőgazdálkodási tulajdonságai egymással is kölcsönhatásban vannak. Mivel a humuszban gazdag talajok víztartó képessége jobb, a nedves talajoknak pedig magasabb a hőkapacitása, ezért a talajok gyorsabb felmelegedésének lehetősége kevésbé érvényesül. A talaj biológiai aktivitását serkenti, szerves molekulákkal történő kapcsolódása révén hormonokat és enzimeket aktiválja.



## III.3. Komposztálási technológiák (Dér Sándor, Füleky György)

A komposztálási technológiákat sok szempontból lehet osztályozni. Az általunk bemutatott osztályozás legfontosabb szempontja a komposztálási eljárás környezethez való viszonya. Ez alapján meg lehet különböztetni nyitott és zárt komposztálási rendszereket. Ez a viszony meghatározza az alkalmazásra kerülő műszaki megoldások összetettségét, a gépi berendezéseket és építményeket.

### III.3.1. Nyitott rendszerek

#### III.3.1.1. Passzív komposztálás

Műszaki szempontból legkevésbé összetett eljárás. Megfelelően alkalmazni csak nagy szén-nitrogén arányú, stabil, nem rothadó, növényi eredetű hulladékok esetén lehet. Az érés nagyméretű (5-10 m széles és 2-4 m magas) trapéz keresztmetszetű prizmákban történik. A folyamat alapvetően statikus, tehát prizma összerakásán kívül a komposztálási folyamattal során további beavatkozás általában nem történik. A gyakorlatban az érési idő során egyszer legfeljebb kétszer a statikus prizmákat átforgatják, szükség esetén nedvesítik, de a folyamatirányítás passzív jellege megmarad. A szubsztrát oxigén ellátása a pórusokon keresztül diffúzió útján történik. A folyamat időtartama a nyersanyagoktól, a prizmamérettől, a nedvességtartalomtól, illetve a környezeti hőmérséklettől függően 6 hónap és 3 év között változik.

A passzív komposztálás lassú és ebből adódóan nagy helyigényű eljárás, azonban alacsony a munkaerő és gépesítési igénye. A felszínalatti vizek védelme miatt a komposztáló telepeket műszaki védelemmel kell ellátni. A megfelelő burkolat kialakításának magas költségei miatt a passzív komposztálás gyakorlati jelentősége a legtöbb esetben csekély.

#### III.3.1.2. Prizmakomposztálás

A komposztálás egyik legősibb és leggyakoribb módszere. A nyersanyagokat háromszög vagy trapéz keresztmetszetű prizmákba rakják, és meghatározott rendszerességgel átforgatják. Az átforgatással keverik, homogenizálják az anyagot, így biztosítva az aerob feltételeket, a "csapdázott" hő, a vízgőz és a gázok eltávozását.

Háromszög keresztmetszetű prizmák a gyakorlatban a legelőnyösebbek az érési folyamat szempontjából. A megfelelő prizmaméretet számos tényező határoz meg:

- a szubsztrát összetétele;
- a nedvességtartalom;
- levegőztetés, gázcsere;
- a forgatógép mérete.

A megfelelő feltételek esetén 8-10 hét alatt a komposztálható szerves anyag megfelelő minőségű komposztta alakítható át. Az ehhez szükséges intenzív mikrobiális tevékenységhez a folyamat során biztosítani kell az 50 százalék körüli nedvességtartalmat, a megfelelő porozitást és az elméletileg optimális prizma méretet, amely 3 méter széles és 1,5 m magas. Ennél a méretnél a prizma közepén sem lesz magas talajra eső nyomás, így megmarad a megfelelő porozitás. Ezt a méretet csak megfelelő forgatógéppel lehet elérni. A gyakorlatban a prizmaméretet a forgatógép mérete határozza meg, ettől függően a háromszög keresztmetszetű prizmák szélessége 1,8-6,5 méter, a magassága 0,8-3,0 m között változik.

A jobb hely kihasználás érdekében főként zöldhulladékok esetén alkalmazzák a trapézprizmákat. Ezeknek a keresztmetszete trapéz alakú (hossza és szélessége tetszőlegesen változik), magasságuk 2,5-4,0 m között van.

### III.3.1.3. Levegőztetett prizmakomposztálás

A levegőztetett prizmakomposztálás (ASP- Aerated static pile) elmélete az aerob mikroorganizmusoknak azon az igényén alapul, hogy életműködésükhöz a prizmán belül állandó szinten tartott oxigénmennyiségre van szükségük.

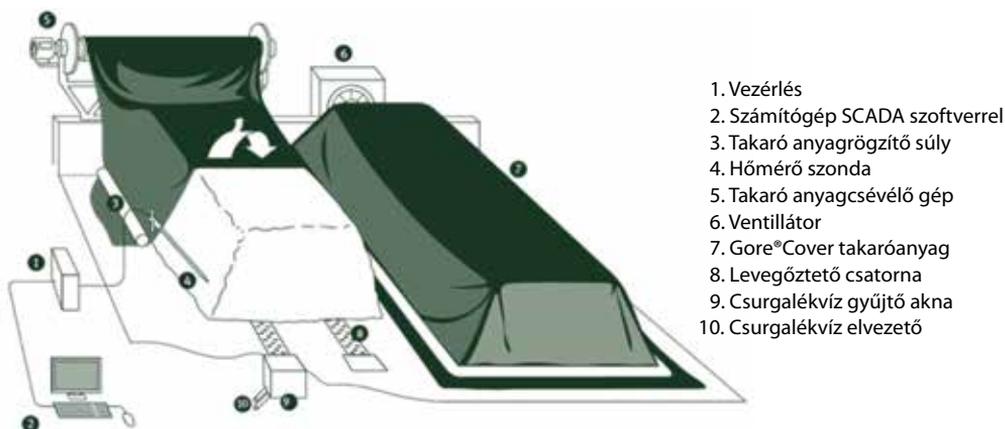
A levegő bejuttatására többféle megoldás létezik, de a leggyakrabban perforált merev csöveket ágyaznak be, vagy levegőztető csatornákat süllyesztenek be a komposztprizmába. A levegőt egy ventilátor vagy egy pumpa segítségével juttatják be, amely a komposztálás folyamatát percről-percre szabályozhatóvá teszi. Az ASP rendszereknél a visszacsatolást a komposzt hőmérséklete vagy oxigéntartalma jelenti, ennek alapján történik a ventilátorok be- és kikapcsolása. A levegőztetett prizmakomposztálás során a levegőztetés lehet nyomott vagy szívott rendszerű. A nyomott rendszer esetén a levegőt a prizmába fújják, a gázcsere termékek a prizma teljes felületéről a környezetbe távoznak. A szívott rendszer esetén a prizmából kerül kiszívásra a gázcsere termék, a friss levegő a keletkezett vákuum hatására a prizma felületén lép be. A szívott rendszer esetén a prizmából kiszívott gázokat gázkezelő rendszerre lehet vezetni (gázmosó+biofilter).

Ennél a módszernél a halom összerakásán és előzetes keverésén kívül más beavatkozásra (átforgatásra, mozgatásra) nincs szükség.

### III.3.2. Zárt komposztálási rendszerek

#### III.3.2.1. Szemipermeábilis membránnal takart levegőztet komposztálási rendszerek

A levegőztetett prizmakomposztálás újszerű változata a szemipermeábilis membrántakaróval zárttá tett komposztálási rendszer, amely 3 fontos elemből áll. Az aktív levegőztető egység a komposztálásban közreműködő mikroorganizmusokat látja el oxigénnel. A levegőztetést az éré anyagban mért hőmérséklet és oxigéntartalom alapján, folyamatosan, visszacsatolással szabályozza. A komposztálás zárt rendszerű megvalósulását egy speciális membrántakaró biztosítja. A takaróanyag légáteresztő képességének  $1,5 - 6,5 \text{ m}^3/\text{m}^2\text{h}$  érték között kell lennie, a pórus átmérője nem haladhatja meg a nem haladhatja meg a  $0,2 \mu\text{m}$ -t. A takaróanyag vízgőz áteresztéssel szembeni ellenállása új és használt állapotban sem haladhatja meg a  $19,5 \text{ m}^2 \text{ Pa/W}$  értéket, továbbá ellen kell állnia minimum  $50 \text{ kPa}$  víznyomásnak.



III.3.1. ábra: A szemipermeábilis membránnal takart komposztrendszer elvi vázlata ([www.gorecover.com](http://www.gorecover.com))

Ennél a technológiánál a prizmákat 2-3,5 méter magasra és 6-9 méter szélesre építik, a hossza 20-50 méter között változtatható. A négy hetes intenzív érési időtartam alatt a levegőztetés a hőmérsékleti és oxigéntartalmi határértékek alapján számítógépes irányítástechnikával működik.

A szemipermeabilis membrán megszünteti a korábbi levegőztethetett rendszerek több hiányosságát azáltal, hogy a membrán miatt a prizmában enyhe túlnyomás uralkodik, ezért anaerob zónák nem keletkeznek. A takaróanyag biztosítja a gázcserét, de a szaganyagokat, a nedvességet és a hőt visszatartja. Nagy előnye, hogy nem igényel gázkezelést, és a hatékonysága a legtöbb esetben magasabb mint a biofiltereké.

### **III.3.2.2. Zárt reaktorterek**

Ezeknél az intenzív eljárásoknál a komposztálás zárt egységekben történik a következő megoldásokkal:

- Dobkomposztálás
- Kamrás (box) komposztálás
- Alagút (tunnel) komposztálás
- Konténerben történő komposztálás



**III.3.2. kép: Zárt, betonboxos komposztálási technológia** (fotó: Aleksza L.)

Ezek a módszerek az intenzív szakasz időtartamától és az elért komposzt érettségi fokától függően különböznek egymástól. Egyes esetekben az intenzív érés végén az utóéréssel integrált rendszerben érett komposztot (IV., V. érettségi fok) állítanak elő, más technológiáknál az intenzív érés higiénizált nyerskomposzt (I-II érettségi fok) előállításával végződik, ezért az utóérésre minden esetben szükség van.

Az utóérés módszerében a technológiák között nincs különbség, a komposztot minden esetben prizmákba rakják és forgatják vagy levegőztetik.

A zárt komposztálási technológiáknál bonyolult és kifinomult műszaki megoldásokkal találkozunk, de magas beruházási és üzemeltetési költségek jellemzik.

Ennek ellenére gyakran alkalmazzák olyan lakott területeken, ahol nagy mennyiségű szerves hulladék termelődik, kevés a rendelkezésre álló terület, és a szaghatást teljes egészében ki kell zárni.

## III.4. A komposztálás munkaműveletei (Dér Sándor)

A komposztálásra számos technológia terjedt el, amelyek alkalmazása sok esetben eltérő, nagyban függ a helyi sajátosságoktól, technológia szállítótól. Azonban ha a komposztálást mint biológiai hulladékkezelési eljárást tekintjük, akkor technológiáktól függetlenül az alábbi főbb munkaműveleteket lehet és kell elkülöníteni:

- A hulladékok átvétele, és átmeneti tárolása
- A hulladékok előkészítése
- Intenzív érés
- Utóérés
- Utókezelés (előkészítés végfelhasználásra)
- Késztermék tárolása

A fent felsorolt hat művelet között a kapcsolatot a hetedik művelet az anyagmozgatás biztosítja.

### III.4.1. Anyagmozgatás a komposztáló telepen

A komposztálás illetve a komposztáló telepen történő különböző munkaműveletek között nagyon fontos a megfelelő anyagmozgatás biztosítása. A legelterjedtebb anyagmozgatásra szolgáló gép a homlokrakodó. Ez a gép egyetlen komposztáló telepről sem hiányozhat. Külön meg kell említeni a teleszkóp rakodógépeket. Ezek a gépek a mezőgazdasági üzemek számára kifejlesztett rendkívül sokoldalú eszközök. Megfelelő adapterekkel szinte minden mezőgazdasági üzemben felmerülő rakodási feladatot meg lehet velük oldani. Az univerzális kialakítása miatt sokféle feladatra alkalmas, azonban teljesítőképességük messze elmarad az egy feladatra kialakított célgépek mögött.

A komposztáló telepeken leginkább ömlesztett anyagok rakodásra van szükség, ezért ezt a feladatot sokkal hatékonyabban el lehet látni egy homlokrakodóval, mint egy teleszkópos rakodóval.

Az anyagmozgatást részben vagy egészben biztosítani lehet szállítószalagokkal is. A fixen telepített szállítószalagok azonban nagy technológiai kötöttséget jelentenek a komposzttelepek számára. Nem teszik lehetővé szükség esetén a technológia sor egyszerű módosítását. Meghibásodásuk az egész telep anyagáramát állítja. A gyakorlatban nagyon kevés telepen alkalmaznak szállítószalag-rendszereket.



**III.4.1. ábra: Teleszkóp rakodógép dobrostába termeli a komposztot** (fotó: Aleksza L.)



**III.4.2. ábra: Szállítószalag rendszer** (fotó: Aleksza L.)

### III.4.2. Hulladékok átvétele

A hulladék átvétele és átmeneti tárolása a komposztálás első munkaművelete. Ennek részletei a következők:

A hulladékok mérése, dokumentálása: Minden beérkező hulladékot le kell mérni, és nyilván kell tartani. A komposzttelep kialakítása során célszerű nagyméretű teherautók mérésére alkalmas híd-mérleget beépíteni (18 m hosszú és 60 tonna méréshatárú).

A hulladékok ellenőrzése: A minőségi normáknak megfelelő komposzt készítésének első fontos lépése a nyersanyagok szakszerű ellenőrzése.

Az első lépés a hulladékok azonosítása (olyan hulladék került-e beszállításra, amely a kísérő okmányokon szerepel és a beérkezett hulladéknak az EWC kódja szerepel-e az hatóság által engedélyezett listában). Egy hulladéknak többféle EWC kódja lehetséges a származási helytől függően.

Az alapanyagok és hulladékok minőség-ellenőrzésének a következőkre kell kiterjedni:

- A hulladék nem tartalmaz-e jelentős mennyiségben idegen anyagokat?
- A hulladék minősége megfelel-e a specifikációnak (amennyiben van részletes specifikáció);
- A hulladék tartalmaz-e szennyezőanyagokat (pl. toxikus elemek). A szennyezőanyag tartalom ellenőrzésére a komposztáló telepnek ki kell alakítani saját mintavételi rendszerét, amely kockázatok figyelembevételével bizonyos gyakorisággal elvégzett mintavételt és laborvizsgálatokat foglal magába!

### III.4.3. A hulladékok (alapanyagok) tárolása

A komposztáló telepeken az előkészítő tér részeként, vagy ahhoz kapcsolódva megfelelő méretű tároló teret kell kialakítani. A tárolótér méretét úgy kell meghatározni, hogy a feldolgozásig beszállított hulladékok – fajtánként - megfelelő módon tárolhatóak legyenek. A tárolótérnek szilárd vízzáró burkolattal és csurkalékvíz gyűjtő rendszerrel kell rendelkezni. A megfelelő tárolást és rakodást nagyban segíti, ha legalább egy oldalon betontámfalat kialakítanak ki. A gyorsan bomló hulladékokat napi rendszerességgel fel kell dolgozni, hosszabban csak biológiai stabil hulladékokat lehet tárolni. Hosszabb 3-4 hónapos tárolás (pl. struktúra anyagok) esetén a tárolótér fölé tetőt célszerű építeni.

Hulladék	Leírás	Térfogattömeg
Lakossági biohulladék	városi főként konyhai hulladékok; nedves	0,85 t/m <sup>3</sup>
	városi; kerti hulladékokkal vegyesen	0,65 t/m <sup>3</sup>
	kertvárosi; magas kerti hulladék tartalommal	0,45 t/m <sup>3</sup>
Zöldhulladék	laza; főként növényi száraz és ágak	0,2 t/m <sup>3</sup>
Faapríték	aprított, száraz	0,3-0,4 t/m <sup>3</sup>
Lenyírt fű	friss; ömlesztett	0,5 t/m <sup>3</sup>
	száraz; ömlesztett	0,2 t/m <sup>3</sup>
Istálló trágya	alomanyagban gazdag	0,4-0,5 t/m <sup>3</sup>
	alomanyagban szegény	0,75 t/m <sup>3</sup>
Komposzt	friss komposzt 1-4 hónap	0,6 t/m <sup>3</sup>
	érett komposzt 4 hónaposnál régebbi	0,7 t/m <sup>3</sup>
	érett komposzt 12 hónaposnál régebb	0,85-1,0 t/m <sup>3</sup>
Szennyvíziszap	20-30 % szárazanyag tartalom	1,0-1,2 t/m <sup>3</sup>

III.4.1. táblázat: Néhány gyakori anyag térfogattömege



**III.4.3. ábra: Szennyvíziszap és struktúraanyag tárolás zárt térben** (fotó: Aleksza L.)

#### **III.4.4. Előkészítés**

A beérkező hulladékok előkészítés első sorban a szubsztrát biológiai-fizikai optimalizálását jelenti.

Ennek célja, hogy

- a komposztálás intenzív szakasza során szén-, és nitrogénfeltáródás fokozatosan menjen végre, így a lehető kevesebb tápanyagveszteség illetve csurgalékvíz lépjen fel;
- a megfelelő struktúra stabilitással biztosítsa a szükséges porozitást így elősegítve teljes komposzt testben a megfelelő gázcserét és hő leadást;
- javítsa a komposzt minőségét azáltal, hogy eltávolításra kerülnek az idegen anyagok.

A legfontosabb előkészítő műveletek:

- az idegen anyagok eltávolítása;
- a fás részek rostjainak roncsolása és a szemcseméret csökkentése az aprítás során;
- a különböző alapanyagok keverése, homogenizálása és kondicionálása, ezáltal
- a nedvességtartalom szabályozása (50-55 %);
- a megfelelő C/N arány biztosítása (30-35:1);
- a gázcserét biztosító pórustérfogat (homogén struktúra kialakítása), jellemzően 650 kg/m<sup>3</sup> térfogattömeg elérése;
- az érési folyamatok és a jobb komposzt minőség elősegítése segédanyagok adagolásával.

Az előkészítés eszközei:

Az idegen-, és szennyező anyagok leválasztása: Az idegen- és szennyezőanyagok leválasztása leggyakrabban a lakosságtól begyűjtésre került biobulladékok esetén szükséges, egyrészt a kész termék optikailag sem kifogásolható minőségének elérése miatt, másrészt az egyes szennyező-források eltávolításért, harmadrészt a feldolgozást végző berendezése sérülésének elkerülése miatt. A hulladékok átvételekor mindenképpen ellenőrizni kell a szennyezések jelenlétét és mértékét. Már az átvétel során a nagyobb idegen anyagokat, tárgyak el kell távolítani. A biológiai hulladékok válogató asztalon történő kézi válogatása semmiképpen sem lehetséges munka-, és közegészségügyi okokból.

- A hulladékok előzetes rostálása (50-80 mm szemcseméretre) vibrációs, vagy dobrostákkal;
- Mágnesezhető és nem mágnesezhető fémek leválasztása (mágneses és örvényáramú leválasztók);
- A műanyag darabok válogatás légosztályzóval;
- Fajsúly szerinti osztályzás (kövek, üvegdarabok elválasztása);

Aprítás:

Az aprítással a komposztálási folyamatban résztvevő mikroba számára biztosítjuk a megfelelő hozzáférést a szerves anyagokhoz; jelentősen növeljük a fajlagos felületet, csökkentjük a hulladék térfogatát, elősegítjük a homogén keverék készítest.

Az aprítás mértékét a komposztálási technológia és a komposzt felhasználási területe határozza meg, de a túl finom aprítás (darálás) kedvezőtlen, mert a szubsztrát nem fog kellő struktúra-stabilitással rendelkezni, így gyorsan anaerob körülmények alakulnak ki. Optimális esetben a durva és finom aprítékok egyenletesen oszlanak el, a durva darabok adják a komposztálandó anyag struktúráját, szerkezetét.

Aprításra a következő gépek alkalmasak:

- kalapácsos aprítók;
- késes aprítók;
- hengeres törők;
- rostaköpenyes aprítók.

Keverés, a megfelelő szubsztrát kialakítása:

Homlokrakodó-gép: A keverést megelőzően az alapanyagokat megfelelő arányban egymásra rétegezik, majd homlokrakodóval többször átrakják, úgy hogy szubsztrát minél inkább homogén legyen;

Trágyaszórával: A keverést megelőzően az alapanyagokat megfelelő arányban trágyaszórára rétegezik, majd azt helyben jártják. A trágyaszórá oldalára ilyen esetben terelő lemezeket kell szerelni, így biztosítva, hogy az maga mögött megfelelő méretű prizmat építsen az összekevert szubsztrátból;

Keverőgép: Két fő típusa van. Az első működési elve megegyezik a trágyaszórával, de ez már gyárilag a komposztálás szempontjainak figyelembevételével kerül kialakítása (pl. saját motorral rendelkezik, alkalmas önállóan kisebb helyváltoztatásra, szabályozható a prizmaméret). A második csoportot a különféle csigás keverőgépek alkotják. Ezekben a berendezésekben kettő vagy több csigaszor van elhelyezve egy megfelelő méretű tartályban. A csigaszorok lassú fordulaton egymással ellentétes irányba forognak, így folyamatosan keverik a tartályban levő alapanyagokat.

Komposztforgató-gép: Az egymásra rétegzett hulladékokon a komposzt forgatógéppel egy vagy több menetben áthaladva hatékonyan lehet megfelelő minőségű szubsztrátot előállítani.

### **III.4.5. Az intenzív érés/intenzív komposztálás**

Az intenzív érés a komposztálásnak az az időszaka, amikor a szubsztrát könnyen bontható szerves anyagai, illetve a folyamat során keletkező bomlástermékek intenzív mikrobiológiai bomlása végbe megy. Az intenzív komposztálást akkor tekinthetjük befejezettnek, amikor komposzt hőmérséklete tartósan 40 °C alá csökken. Az alkalmazott technológiától, a levegőztetéstől, a szubsztrát összetételétől függően az intenzív érés időszak 4-10 hét között van. Az intenzív érés után az utóérés (utókomposztálás) következik. A komposztálás intenzív szakaszának technológája azért is különösen fontos, mert ebben az időszakban jelentkezhetnek legnagyobb mértékben a különböző szennyező anyag kibocsátások (pl. szagmisszió).

Az intenzív érés általában egy- vagy két szakaszban valósul meg:

Egy szakaszos intenzív komposztálás: Olyan folyamatos, egy szakaszban véghez vitt eljárás, amelynek végeredménye a szükséges stabilitás elérése (pl. forgatott prizma komposztálás aktív levegőztetéssel vagy anélkül).

Kétszakaszos intenzív érés: Olyan eljárás, amikor az intenzív érés legnagyobb hőtermeléssel járó első időszaka valamilyen zárt térben (boxok, komposztzilók, zárt csarnokok) megy végbe, azonban a zárt technológiai részben eltöltött idő után a komposzt még nem éri el azt stabilitást amely az utóéréshez szükséges ( $T > 40\text{ °C}$ ); ezért ennek elérése érdekében egy második fő komposztálási szakasz kerül beiktatásra. Ez második fő komposztálási szakasz általában valamilyen prizma komposztálási eljárás.

Az intenzív érés szabályozása: A folyamat megfelelő irányítása érdekében a bizonyos paramétereket optimális-közeli értéken kell tartani, az ettől való eltérés esetén megfelelő intézkedések kell tenni annak visszaállítása érdekében. Egy –talán legfontosabb – ilyen paraméter a szubsztrát oxigén-tartalma, amely ha egy meghatározott szint alá csökken, akkor gondoskodni kell annak pótlásáról. A legfontosabb tulajdonságok, amelyek a folyamat megfelelő nyomonkövetését és optimalizálását segíti a következők:

- nedvességtartalom (50-55 %);
- oxigén ellátás (>12 V %);
- hőmérséklet (50-65 °C, a időtartam függvényében).

A komposztálás végezhető folyamatos eljárás során és szakaszosan. A folyamatos eljárás során a nyersanyagok folyamatosan kerülnek a technológia rendszerbe. A rendszerből a kezelési idő végén folyamatosan kerül ki a végtermék. A szakaszos eljárás során az alapanyagok tételenként (egységenként) kerülnek komposztálásra. Egy egység mindig ugyanabban a komposztálás szakaszban van és tulajdonságai azonosak. Szabályzástechnikai okok miatt a szakaszos eljárás a komposztálás során a leggyakoribb, mivel tételenként az optimális éréshez szükséges feltételek könnyebben nyomonkövethetők és biztosíthatók.

#### **III.4.6. Utóérés**

Az utóérés a fő vagy intenzív érés utáni szakasza a komposztálásnak, amely során a komposzt végleges stabilizálódása és a maradék szerves anyag nagymértékű humifikálódása végbemegy. Az utóérés végterméke a kész vagy érett komposzt. Az intenzív érést akkor tekinthetjük lezártnak, ha a komposzt hőmérséklete tartósan 40 °C alá csökken, míg az utóérés addig tart, amíg a komposzt gyakorlatilag elveszti önhevülő-képességét ( $T < 30$  °C).

Az utóérés során a következő változások mennek végbe:

- A biológiailag nehezen bomló szerves anyagok (leginkább a lignin és a cellulóz) lebomlása;
- A lignin bontás során elszaporodó gombák és sugárgombák által termelt fehérjékből (lignoproteinek) és egyéb vegyületek polimerizációjából kialakulnak a humuszanyagok kiindulási anyagai;
- Az intenzív érés során visszamaradt növényi növekedést gátló anyagok lebomlása;
- Az utókezelésre (pl. rostálásra) kész emissziómentes végtermék kialakulása.

Az utóérés menete:

Az utóérést megelőzheti egy előzetes rostálás (30-50 mm szemcseméret), amely során a nagyobb le nem bomlott részek leválasztásra kerülnek. Az utóérés prizmákban történik, amelyek keresztmetszete lehet háromszög, vagy trapéz. A prizma méretét és további kezeléseket alapvetően az intenzív szakasz minősége határozza meg (könnyen bomló szerves anyagok mennyisége és a friss komposzt nedvességtartalma). A prizmákat úgy célszerű kialakítani, hogy a természetes gázcsere minél nagyobb mértékben végbemenjen (2-3 méter széles és 1,3-1,5 m magas háromszög prizmák). Amennyiben ezt nem lehet megvalósítani, úgy az utóérés során is gondoskodni kell a rendszeres forgatásról (heti egy vagy kéthetente egy alkalommal). Az utóérés során alkalmazott prizma magasság amennyiben meghaladja a 2,5-3,0 m-t, úgy célszerű aktív levegőztetést alkalmazni.

#### **III.4.7. Utókezelés – a komposzt rostálása**

Rostálással választjuk ki az idegenanyagokat és a le nem bomlott szerves anyagokat, így homogén, jó minőségű komposztot állíthatunk elő.

A rosta perforációját a komposzt felhasználási területe határozza meg. Mulcsozásra általában a 40 mm-nél nagyobb, szántóföldön a 15-20 mm-nél kisebb, kertészetekben a 10 mm-nél kisebb szemcseméretű komposztot használják.

A komposzt rostálására általánosan elterjedtek a dobrosták. Ezek fontosabb jellemzői:

- a rosta fő alkatrésze egy forgó perforált hengerpalást, amelynek aktív felületét egy forgó kefe



folyamatosan tisztán tartja;

- egy rostatest két frakciót állít elő, így több egymásban forgó rostatest kombinációjával egy berendezésen belül, vagy több rosta együttes használatával tetszőleges számú frakció választható le. A gyakorlatban nagyobb komposztáló telepeken két önálló berendezést együtt használnak. Az első a durva rostálást (40-50 mm); a második az első által előállított finom frakció (>80-100 mm) további rostálását végzi (15-20 mm). A két berendezés kombinált használatával elérhető rostálási kapacitás nagyobb, mintha a két berendezés külön-külön végezné a finomrostálást.
- a rostaköpenyek különféle méretű (5-100 mm) és alakú (négyzetes vagy kör alakú) perforációval készülnek;
- a berendezések önálló meghajtással kerülnek gyártásra;
- a kialakításuk gyors rostatest-cserét tesz lehetővé;
- jól kombinálhatóak más elválasztási módszerekkel (pl. mágneses leválasztók, légosztályzók). A leggyakoribb típusok gyártói mind rendelkeznek ilyen kiegészítő berendezésekkel, amelyek utólag is felszerelhető a rostákra;
- a beadagolás és dob sebességének változtatásával a teljesítmény jól szabályozható;
- mobil kivitelben is készülnek. A komposztáló telepeken jellemzően a mobil kivitelben kerülnek alkalmazásra;
- karbantartási igényük viszonylag csekély;
- a dobosták hátránya, hogy nedvesebb anyag esetén (nedvességtartalom magasabb mint 55 %) a rostálás hatékonysága csökken, illetve a durvafrakcióban hajlamos nagyobb összetapadt darabok képzésére.

A dobosták mellett a komposztáló telepeken alkalmaznak még különféle sík- és vibrációs, illetve csillagrostákat. Ezeknek a rostáknak sok esetben szélesebbek az alkalmazási lehetőségei (pl. nedvesebb anyag is hatékonyan rostálható), mint a dobostáknak, azonban az elterjedésüket gátolja, hogy

- nem készülnek mobil kivitelben (pl. vibrációs rosták);
- magasabb a karbantartási igényük (csillagrosták);
- nehezebb a szemcseméret változtatása (csillagrosták, vibrációs rosták).

### **III.4.8. A komposztok tárolása**

Az utóérésen átesett kész komposztban a nitrogén jelentős része a humuszanyagokban van kötött állapotban. Megfelelő nedvességtartalom esetén a humifikáció és a részben még a mineralizáció is a tárolás során is folytatódik, ezért a tárolás során is biztosítani kell bizonyos mennyiségű oxigén ellátást. A rostált érett komposzt tárolása során is kialakulhatnak anaerob viszonyok, amely kedvezőtlenül befolyásolja a komposzt minőségét.

A komposztokat szilárd burkolaton kell tárolni. Célszerű, ha tároló teret legalább egy oldalról silófal határolja, amely segíti a jobb helykihasználást, és a rakodást. Tárolás során a következő szempontokat kell figyelembe venni:

- A tárolótér méretét úgy kell meghatározni, hogy az éves komposzt előállító kapacitás harminc, de inkább ötven százalékát tárolni lehessen. (A tárolótér mérete nagyban függ a komposzt felhasználástól.);
- Rostált finomszemcséjű komposztot csak abban az esetben lehet nagyobb keresztmetszetű halmokban tárolni, ha az kellően érett. A nagy halmokban tárolt komposztot a minőség megőrzés érdekében rendszeresen (4-6 hetente) át kell rakni/forgatni. Az átforgatás gyakoriságát a komposzt érettsége és a halom magassága határozza meg (minél magasabb a prizma méret annál gyakrabban). Amennyiben a halom az átforgatás után 30 °C fölé melegszik, úgy az a komposzt még az utóérésben van, ezért ennek megfelelően kell kezelni.
- Az előző pont figyelembevételével sem lehet a komposztot 3 m-nél magasabb halmokban tárolni;
- Amennyiben hosszabb tárolás során 3 m-nél magasabb halmokat kell használni, úgy a finomros-

tálást nem kell elvégezni az utóérés után, hanem csak közvetlen a felhasználás előtt. (A komposztban ilyenkor több a struktúra anyag, így nehezebben alakulnak ki anaerob viszonyok a tárolás során).

- A különböző komposzttételek tárolása során ügyelni kell azok elválasztására, megjelölésére, különösen akkor, ha az egyes tételek eltérő minőséggel rendelkeznek;
- A komposzt tárolótér elhelyezése és kezelése során ügyelni kell arra, hogy ne fertőződhessen felül a már higiénizált komposzt. (Pl. az alapanyag tároló és kész komposzt tároló tér megfelelő elválasztása, a szennyezett eszközök használatának kerülése).

## III.5. A komposztok forgalomba hozásának szabályai az EU tagállamaiban (Dér Sándor)

A biohulladékok hasznosítása szempontjából az Európai Unió országokat 3 kategóriába sorolhatjuk:

- 1. csoport: Ausztria, Belgium (flamandok), Dánia, Németország, Luxemburg és Hollandia – itt a szelektív gyűjtés és a komposztálás teljes körű törvényi szabályozás mellett működik.
- 2. csoport: Belgium (vallonok), Finnország, Franciaország, Olaszország, Svédország, Nagy Britania, és Magyarország - a biohulladék kezelés jogszabályi háttere többé-kevésbé rendelkezésre áll, de a gyakorlati megvalósítás még kezdeti stádiumban van.
- 3. csoport: Görögország, Spanyolország, Portugália és az új tagállamok többsége – jelenleg még a jogszabályok előkészítésén dolgoznak.

Az 1. csoportba tartozó EU országokban egyértelműen bebizonyosodott, hogy mind az előállítók, mind a felhasználók a biohulladékok hasznosításának elterjedésében a komposzt minőségbiztosítási rendszerek bevezetését tartják a legfontosabb feltételnek.

Az elmúlt évek piackutatásai kimutatták, hogy a komposzt felhasználók keresik a független minőségbiztosító szervezetek ellenőrzését és minősítését igazoló védjegyet a terméken.

### III.5.1. A minőségbiztosítási rendszerek működése

A minőségbiztosítási rendszerek jogi környezete és szervezeti felépítése országonként jelentős különbségeket mutat. Ezek az eltérések a rendszerek kialakulásának különbségeiből, strukturális adottságokból, az országok környezetvédelmi problémáiból és a közigazgatás nemzeti sajátosságaiból adódnak.

A minőségbiztosítási rendszerek legfontosabb feladatai minden országban a következők:

- elősegíteni a környezet védelmét, biztosítani a szerves hulladékok újrahasznosítását;
- elősegíteni a komposztok felhasználását a talaj termékenységének megőrzésében és növelésében;
- minimalizálni a komposztálás környezeti és közegészségügyi kockázatait;
- biztosítani egy, a telepektől független szakmailag kompetens ellenőrzési rendszer működését;
- a tevékenységet szabályzó egyéb jogszabályoknak és normatíváknak valamint a komposzt minőségbiztosítási rendszereknek harmonizálniuk kell egymással.

A komposzt minőségbiztosítási rendszerek a szerves hulladékok kezelésének minden lépcsőjét érintik:

- szelektív hulladékgyűjtés;
- komposzttelep üzemeltetése: az üzemeltetés során előforduló hibák ugyanis a komposzt minőség megmutatkoznak, a higiéniai feltételek teljesítése a telep dolgozói szempontjából is fontosak;
- a komposztok minősítése: csak a beltartalmi mutatókkal és ezek állandóságával biztosítható a minőség;
- a minőség tanúsítása: a tanúsítás előfeltétele a minősítő rendszer kialakítása;
- a komposzt felhasználása: a szakszerű felhasználáshoz szükségesek a minősítés során elvégzett analitikai vizsgálatok;
- komposzt politika: a rendszer működése során végzett vizsgálatok eredményeinek elemzéséből nyert információk felhasználása a rendszer működésének áttekintéséhez, a továbbfejlesztés és az új szabványokhoz vagy jogszabályok előkészítéséhez;

• marketing: a fogyasztók keresik a védjegyet;

• PR munka, közönségkapcsolat: a komposztokról alkotott pozitív kép kialakítása;

A minőségbiztosítási rendszerek elemei:

- nyersanyagok meghatározása;

- káros anyagok szintjének meghatározása és ellenőrzése;
- tápanyagtartalom vizsgálata;
- a komposzt előállítás ellenőrzése;
- külső ellenőrzés;
- belső teljes körű üzemeltetési ellenőrzés (termelés, anyagmozgatás stb.);
- a komposztok jelölése;
- védjegy odaítélése;
- a beltartalmi mutatók feltüntetése felhasználási javaslatok;
- a komposztüzem vezetőinek képzése;
- éves minősítés;

A minőségbiztosítási rendszereknek a következő feladatokat kell ellátniuk:

- az analitikai és a minősítő módszerek meghatározása, a laborok tesztelése (körteszt);
- az egységes mintavétel és módszertan megalkotása;
- központi adatbázis kiépítése;
- a büntetések meghatározása arra az esetre, ha az üzem a követelményeknek nem felel meg;
- a felügyelet formájának kidolgozása;
- a rendszer regionális vagy állami elismerése.

A komposzt marketingnek szüksége van az állandó minőségű, ellenőrzött termékre a következő okok miatt:

- alapot képez a közönségkapcsolatokhoz, jó érvelési lehetőséget nyújt;
- a védjegy pozitívan befolyásolja a vásárlók hozzáállását;
- a rendszeres analízis garantálja a jó minőséget;
- a vizsgálati eredményeket tartalmazó adatlap az alapja a termék minősítésének és a felhasználási javaslatoknak.

### III.5.2. A komposztok minőségi besorolása

A komposztok minőségi osztályozásának a gyakorlatban különböző módjai terjedtek el. Általában a komposztoknál egy vagy két minőségi osztályt különítenek el, a piaci tapasztalatok azonban egyértelműen azt mutatják, hogy a vásárlók csak a jobb minőséget keresik, ezért pl. Belgiumban már csak az első minőségi kategóriánál ítélik oda a védjegyet. Ausztriában három minőségi kategória van, de jelölésben hivatkozni lehet bizonyos felhasználási területekre (pl. megfelel a 2092/91/EGK rendelet szerint az ökológiai gazdálkodásban való felhasználásra) illetve bizonyos kiindulási anyagokra hivatkozni kell a végtermék esetén (pl. minőségi szennyvíziszap komposzt).

Németországban a komposztokat az érettségi fok, a szemcseméret és a sótartalom alapján a felhasználási célnak megfelelően kell csoportokba sorolni.

Ország	Komposzt kategóriák
Ausztria	három minőségi osztály, A+; A és B típus
Belgium	1 bio- és 1 zöldhulladék komposzt kategória
Németország	Friss és érett komposzt, mulcs, szubsztrát (adalékanyag) komposzt kategóriák
Hollandia	2 kategória: minősített komposzt és kiváló minősített komposzt

III.5.1. táblázat: A minőségi kategóriák az EU néhány tagállamában

Össességében elmondható, hogy Európában régóta működő, ezáltal évtizedes tapasztalatokkal rendelkező, jól bevált minőségbiztosítási rendszerek garantálják a piacra kerülő komposztok minőségét. Mivel előbb mindenhol közösségi alapon jöttek létre a minőségbiztosítási rendszerek, megfigyelhető, hogy a privát szervezetek több esetben a jogszabályokban előírt követelményeknél magasabb követelményeket támasztanak tagjaikkal szemben. Nem véletlen, hogy ezekben az országokban lényegesen kisebb a bizalmatlanság, kevesebb az ismeretek hiányából fakadó előítélet a szerves hulladékokból készült talajjavító anyagok, a komposztok iránt. Ez természetesen a komposztvásárlás és –felhasználás mértékében is igen jól tükröződik, ami a komposztáló telepek gazdagságos, sőt nyereséges működése szempontjából sem elhanyagolható körülmény.

## III.6. Biogáz előállítása szerves hulladékokból (Kalmár Imre)

### III.6.1. A biogáz előállítás jelentősége

A biogáz előállítást legalább négy lényeges szempontból kell vizsgálni. Ezek az energetikai, ökológiai fenntarthatósági, a klímaváltozási és gazdasági szempontok. A metánt tartalmazó biogáz megújuló energiahordozó és egyben „klímagáz” is. A biogáz, mint megújuló energiahordozó egyre nagyobb jelentőséggel bír és az egyre érzékenyebb, szélsőségesebbé váló klíma paraméterek miatt a biogáz előállítás és hasznosítás környezetvédelmi jelentősége is növekszik.

A szerves anyagok anaerob körülmények közötti lebomlaskor keletkező gázmennyiség nagyobb része nagy energiataralmú metán, amely a  $\text{CO}_2$ -nél fajlagosan több mint húszszoros súllyal vesz részt az üvegházhatás alakításában. Így több szempontból is fontos, hogy a Földünkön rendszeresen újratermelődő biomassza mennyiséget a lehető legnagyobb arányú hasznosítást követően forgassunk csak vissza a primer biomassza előállítási ciklusba.

A koncentráltan termelődő, potenciális környezetszennyező szerves anyag melléktermékek és hulladékok kezelése, a természeti erőforrások megóvásának követelménye miatt is kiemelten fontos. A természetes körülmények között csak lassan lebomló szerves melléktermékek és hulladékok a biogáz üzemekben rövid idő alatt értékes, hasznosítható anyagokká alakíthatók át. Az anaerob szerves anyag lebomlás eredményeként keletkező metán így megújuló energiahordozóként hasznosítható, a kiejert szerves melléktermék és hulladék pedig talajerő utánpótlásra a növényi biomassza termelésbe visszaforgatható.

A természetes ökoszisztémára a szerves anyag felhalmozódásának és lebomlásának dinamikus egyensúlya jellemző. A mesterséges termelési- technológiai rendszerek által befolyásolt ökológiai rendszerekben úgy biztosítható a dinamikus egyensúly, ha a megújítható természeti erőforrásaink használatakor az onnan származó anyagokat a termelési ciklus alatt tudatosan visszaforgatjuk. A biogáz előállítás és hasznosítás végén a lebomlott, ásványosodott szerves anyagok visszaforgatásával a növényi biomassza termeléssel a talajból kivont tápanyagokat juttatjuk vissza a talajba. A biogáz metán tartalmának elégetésével pedig az a  $\text{CO}_2$  mennyiség kerül vissza a légkörbe, amelyet a termelési fázisban a növények a fotoszintézis folyamán a szervezetükbe beépítettek.

A mező- és az élelmiszergazdaságban keletkező melléktermékekre és hulladékokra így már nem további költségeket igénylő, ártalmatlanítandó anyagokra, hanem mint a biogáz előállítás értékkel bíró alapanyagaira kell tekintenünk.

A biogáz előállítással és hasznosítással tehát a megújuló energiatermelés, hulladék és melléktermék hasznosítás, a természeti erőforrásainkkal való tudatos gazdálkodás, klímavédelem és talajállapot megóvás egyaránt biztosítható.

### III.6.2. A biogáz előállítás technológiai alapjai

A biogáz előállítási technológia a természetes körülmények között is lejátszódó anaerob szerves anyag lebomlási folyamatot valósítja meg mesterséges környezetben. A szerves anyagokat a természetben anaerob körülmények között mikroorganizmusok bontják le, a növények számára ismét felvehető ásványi anyagokká. A lebontási folyamatban keletkező metán és széndioxid valójában a lebontást végző baktérium törzsek anyagcsere termékei.

A biogáz előállításakor az ember által előállított biomassza tömeget bontunk le mesterséges anaerob környezetben biotechnológiai módszerekkel a természetben növényi szervezetek számára ismételen felvehető szerves anyagokká. A természetes körülmények között időben igen elhúzódó folyamatot a lebomlást befolyásoló paraméterek szabályozásával felgyorsítjuk. Természetes anaerob lebomlaskor

a keletkező gázok a környezetbe távoznak, a mesterséges, zárt térben keletkező biogázt hasznosítási céllal felfogjuk és összegyűjtjük.

A biogáz előállítás tehát egy olyan biotechnológiai eljárást tartalmazó technológiai rendszer, amely segítségével biomasszából – beleértve azok melléktermékeit és hulladékait is – állíthatunk elő energetikailag hasznosítható metánt, a növények számára felvehető CO<sub>2</sub>-ot és ásványosodott alkotórészeket tartalmazó kiejert anyagot.

A biogáz előállító rendszert és annak működését az egyes alrendszereinek, elemei és a közöttük lévő kapcsolat: a megvalósított technológia és annak paraméterei valamint az inputok együtt határozzák meg.

A biogáz előállítás tehát egy olyan energiahordozó transzformáló rendszer, amely bemenetét biomassza, ill. biomassza alapú szerves technológiai hulladékok és melléktermékek jelentik. A technológiai folyamat fenntartásához hőenergia és az üzemeltetéshez humán erőforrás is szükséges. A működtetéshez szükséges információk az input és az output jellemzőket és a szabályozáshoz szükséges üzemeltetési paramétereket jelentik. A biogáz előállítás főterméke a nagy metántartalmú biogáz, a mellékterméke a kiejert anyag, amely a növénytermesztésbe tápanyag visszapótlásra felhasználható.

A biogáz összetevői közül a CO<sub>2</sub> a légkörbe visszakerülve a növények által felvehető, az egyéb összetevők és gázzennyezők – az előfordulási arányuk és a biogáz hasznosítás módjától függően – eltávolítandók. A kimeneti oldalon humán erőforrás vonatkozásában biztosítani kell az egészségre ártalmas hatások elkerülését.

A rendszer külső környezetére vonatkozóan is alapvető követelmény a károsító hatások elkerülése. A kiejert folyékony halmazállapotú trágya tárolására, tároló terének kialakítására és kijuttatására vonatkozó előírások a koncentrált terhelésből következő talajkárosító hatások elkerülésére irányulnak. A biogáz üzemek területén és környezetében tapasztalható szaghatást az input anyagokban levő kénhidrogén és ammónia okozza. A szaghatást okozó légnemű összetevőket még hasznosítás előtt leválasztják a biogázból, a fermentorokból kikerülő, jól kiejesztett trágya sem tartalmazhat számottevő, az input anyagokéhoz hasonló nagyságrendű koncentrációban kénhidrogént és ammóniát. Az input anyagok zárt rendszerben történő tárolásával és áramoltatásával a szaghatás mérsékelhető.

### **III.6.3. A biogáz előállítás feltételei**

Metánt tartalmazó biogáz anaerob nedves környezetben elméletileg bármilyen biomassza féleségből kinyerhető. A gyakorlatban azonban az alacsony nedvességtartalmú, több nehezebben lebontható nagyszilárdságú vázanyagot (lignint, cellulózt) tartalmazó biomassza féleségek lebontása jellemzően aerob módszerrel, komposztálással történik. A nagy nedvességtartalmú szerves melléktermékek és hulladékok lebontásának elterjedten alkalmazott módszere a biogáz üzemekben történő anaerob lebontás.

A mezőgazdasági termelési és termék-feldolgozási területen belül Magyarországon három helyen keletkezik biogáz üzemi hasznosításra potenciálisan alkalmas mennyiségű és összetételű melléktermék ill. hulladék. A jelenlegi viszonyokat figyelembe véve ez a három terület:

- a nagyüzemi állattenyésztés,
- a cukorgyártás és
- a szeszgyártás

Amíg a nyugat-európai gyakorlatban nagy arányban épültek családi gazdaságokban termelődő biomassza melléktermékekre alapozott biogáz előállító létesítmények is, addig hazánkban az eddig létesített mezőgazdasági eredetű biomasszára alapozott biogáz üzemek alapanyagként szinte kizárólag nagyüzemi sertés, szarvasmarha és baromfi telepekről származó trágyaféleségeket hasznosítanak.

Az alapanyagként hasznosítható hígtrágyaféleségek szerves szárazanyag tartalma nem éri el a nedves biogáz előállítási technológiai eljárások által megengedett 10-12 %-os szárazanyag tartalmat. Az adott méretű biogáz előállító létesítményből kinyerhető biogáz- és metánmennyiség növelésére ezért

gyakorlatilag minden biogáz üzemben adalékanyagként még más biomassza mellékterméket és hulladékot is alkalmaznak.

A biogáz üzemekben keletkező biogáz mennyiségét és minőségét az input anyagok mennyiségi és minőségi jellemzői, az alkalmazott technológia, valamint annak paraméterei együttesen határozzák meg.

A keletkező biogáz és annak metántartalmát befolyásoló inputanyag jellemzők:

- az alap- és adalékanyagok összetétele,
- a fajlagosan kinyerhető biogáz és metán mennyisége,
- a szerves és szárazanyag tartalom,
- C/N arány,
- kémhatás (pH),
- fizikai jellemzők,
- gátló anyagok.

#### **III.6.4. A biogáz előállítás technológiai rendszere**

A biomassza-erjesztési eljárások során – a technológia alkalmazási céljától függetlenül – valójában két egymással egyenrangú végtermék keletkezik. A metánt is tartalmazó biogáz mellett olyan folyékony halmazállapotú kiejert anyag is visszamarad, amely a növénytermesztésbe talajerő utánpótlásra visszaforgatható. Az egységnyi szerves anyag mennyiségből kinyerhető biogáz mennyiségét a megvalósítandó technológiai változatot is befolyásoló lebontandó anyagjellemzők és az egymással összefüggő technológiai paraméterek is befolyásolják.

##### **III.6.4.1. A biogáz előállítási folyamat**

Az adott körülményekhez legmegfelelőbben alkalmazható biogáz üzemi technológiát a keletkező biogáz és kiejert trágya konkrét hasznosítási lehetőségei és a rendelkezésre álló szerves anyagok mennyiségi és minőségi jellemzői határozzák meg.

A biogáz előállításra és hasznosításra alkalmas technológiai rendszereknek több ismert és a gyakorlatban is alkalmazott változata létezik, de valamennyi jól elkülöníthetően megvalósítja a biogáz előállítási és kezelési valamint a kiejert trágyakezelési tárolási fő funkciókat.

##### **III.6.4.2. Előkészítő műveletek**

Az input anyagok közül a hígtrágya a lebontási folyamat napi ütemezésének megfelelő mennyiségben érkezik a biogáz üzembe, ezért jellemzően az előkészítő térbe kerül. Az egyéb koferment anyagokat általában tárolni kell. A növényi eredetű kofermenteket a szezonális termelésük miatt valamilyen formában tárolni kell. A tárolási technológia kukorica és cukorcirok esetén a silózás. Az állati eredetű koferment hulladékok pl. vágóhídi hulladék, állati tetemeket a bennük esetlegesen megtalálható patogén szervezetek elpusztítása érdekében hőkezelésnek kell alávetni és a felhasználási ütem által megkövetelt időpontig tárolni is kell. Az előkészítési műveletek közé tartozik a kofermentek aprítása, amivel a lebontásban résztvevő mikroorganizmusok számára a lebontandó anyaghoz való jobb fizikai hozzáférést biztosítjuk. A kofermenteket a receptúrának megfelelő összetételben kell adagolni a hígtrágyához és homogén keveréket kell képezni a lebontó térbe történő adagolás előtt.



### **III.6.4.3. A szerves anyag lebontás**

A lebontás a biogáz előállítás fő funkcionális folyamat szakasza. A lebontó térben kell biztosítani az alap és adalékanyagok lebontásához szükséges optimális feltételeket. A fermentortérnek zártnak és fűthetőnek kell lenni, valamint biztosítani kell a keverés lehetőségét is. A folyamatos biogáz előállítási üzemmódoznál a gáztárolás is részben vagy teljes egészében a fermentortérben történik. Az input anyagok beadagolását és az output anyagok elvezetését a fermentortérből biztosítani kell.

A lebontással gyakorlatilag befejeződik a biogáz előállítási folyamatrésze. Az ezt követő folyamat-szakaszok valójában már a hasznosítás részét képezik.

### **III.6.4.4. Az output anyagok kezelése**

A fermentorból kikerülő kierjedt hígfázis az alkalmazandó technológiától függően fázisszétválasztásra és/vagy tárolásra kerül. A fázisszétválasztás utáni szilárd összetevő is értékkel bíró melléktermék, amely komposztálható, vagy tápanyag visszapótlási célra a talajba visszajuttatható.

A keletkező biogáz minden esetben tartalmaz olyan összetevőket, amelyeket hasznosítás előtt a nyers biogázból mindenképpen el kell távolítani. A további gázhasznosítási módtól függetlenül a vizet és a kénhidrogént mindenképpen el kell távolítani. A nem közvetlen égetéssel történő hasznosítás előtt az energiakinyerés határfokának növelése érdekében a széndioxidot is le kell választani.

### **III.6.5. A biogáz üzemek működési módjai**

Működési mód szerint alapvetően kétféle eljárás különböztethető meg: a szakaszos és a folyamatos biogáz előállítási technológiák.

A szakaszos biogáz előállítási eljárásokra (BATCH-eljárás), az erjesztő, fermentortér egyszeri teljes feltöltése és a kierjesztendő anyag előre meghatározott szintig (szerves szárazanyag tartalomig) ill. az ahhoz szükséges időtartamig történő kierjesztése, a keletkező biogáz tárolása, hasznosítása, majd a termelési ciklus végén a kierjedt anyag kitérőlése a jellemző. Több megvalósítási változata ismert, jellemzően kisüzemi eljárás.

A folyamatos üzemű biogáz előállítási technológiáknál az előkészítő-homogenizáló tartályból meghatározott beadagolási ciklus szerint kerül a fermentorokba a kierjesztendő anyag, ahonnan a kierjedt anyag betárolás ütemében a kierjedt anyag tárolóba távozik. A folyamatos üzemelés technológiai okokból kizárólag csak a lerakódó nehéz üledék időszakonként szükségessé váló eltávolítása alatt szünetel. A folyamatos üzemmódot megvalósító eljárások a legelterjedtebben alkalmazott üzemi technológiák. A magyarországi biogáz üzemi gyakorlatban kizárólag ezt a módszert alkalmazzák. Az eljárásnak több változata is létezik. A folyamatos eljárások jellemzője, hogy az erjesztő tér egyben biogáz tároló tér is. Ebben az esetben gondoskodni kell a folyamatosan keletkező biogáz folyamatos, ill. a keletkezés üteme szerinti felhasználásáról, mert a növekvő nyomás gátolja a biogáz keletkezést. Amennyiben külön biogáz tárolót is alkalmaznak, lehetőség nyílik – a biogáz tárolótér kapacitástól függően – a kinyert biogáz mennyiségnek a keletkezéstől eltérő ütemű hasznosítására.

### **III.6.6. A biogáz képződését befolyásoló tényezők**

A fermentorokban található biomasza, tulajdonképpen élő anyagnak tekintendő, hiszen a benne lévő mikroorganizmusok működését akarjuk kihasználni a szerves anyag anaerob lebontása és a biogáz előállítása érdekében. Az alapanyagok, és a technológiai paraméterek kiválasztásánál ezért természetesen figyelemmel kell lenni a biogáz termelésben résztvevő mikroorganizmusok ökológiai igényeire, és arra kell törekedni, hogy ezek az ökológiai igények minden pillanatban a lehető legteljesebben ki legyenek elégítve. A biogáz előállítása során a gázképzésben résztvevő savképző és metántermelő baktériumok együtt, egymás mellett egy időben fejtik ki tevékenységüket, de ökológiai igényeik eltérőek (III.6.1. táblázat).

<b>Jellemzők</b>	<b>Savtermelők</b>	<b>Mezofil metanogének</b>
Oxigénigény	Többségükben fakultatív anaerobok	Kizárólag obligát anaerobok
Hőmérséklet optimum (°C)	30	35-37
pH	5,3-6,8	6,8-7,2
Szaporodás	Tápanyagfüggő, gyors (viszonylag rövid generációs idő)	Tápanyag és milió függő, nagyon lassú (nagyon hosszú generációs idő)
Keverés (anyagtranszport)	A lehető legtökéletesebb anyagáramlás biztosítása	Kevésbé intenzív keverés

**III.6.1. táblázat. A savtermelő- és a mezofil metánbaktériumok eltérő jellemzői és ökológiai igényei**

(Forrás: Tamás J.-Blaskó L., 2011)

A lebontási folyamatban résztvevő mikroorganizmusok optimális működéséhez szükséges, de egymástól eltérő ökológiai igényeket időben egyszerre és egy térben kellene biztosítani az alkalmazandó technológiáknak a maximális biogáz hozam eléréséhez. Az egymástól eltérő ökológiai igények azonban a gyakorlatban csak a kompromisszumokkal elégíthetők ki. Az alkalmazandó technológia a maximális biogáz hozamot eredményező jellemző technológiai paraméterek meghatározását jelenti.

A nedves, folyamatos technológiai eljárások technológiai jellemzői:

- anaerob környezet,
- a lebontandó közeg nedvességtartalma,
- hőmérséklet,
- kémhatás (pH),
- fermentor terhelés (egyenletes anyagellátás),
- átlagos benntartózkodási idő (erjedési, erjesztési idő),
- keverés (intenzitás, időtartam),
- fényviszonyok,
- fajlagos gáztermelés,
- a lebontás foka,
- gázhozam
- nettó gázhozam.

**III.6.7. A biogáz előállítás output anyagai**

A biogáz előállítási folyamat kimeneti oldalán a biogáz és a kierjedt biotrágya jelenik meg. A biogázon a légnemű halmazállapotú alkotókat, a kierjedt biotrágyán pedig az anaerob biológiai folyamatokban lebomlott hígrágya és adalékanyag összetevőket, és a folyékony halmazállapotú biomassza maradékot értjük.

### **III.6.7.1. A termelődött biogáz összetétele**

- metán
- széndioxid
- egyéb gázok

A termelődött biogáz összetétele elsősorban a kiindulási anyagok összetételétől függ, de befolyásolhatja az alkalmazott technológia is. A metán és a széndioxid tartalom széles határok között változik, a magasabb kénhidrogén és ammónia tartalomra pedig az állati eredetű, nagy fehérjetartalommal rendelkező input anyagok felhasználásakor kell számítani

### **III.6.7.2. Az erjesztési maradék tulajdonságai**

Az erjesztési maradék anyag az előkészítés és az anaerob lebontás következtében kórokozó mikroorganizmusokat nem tartalmaz, szaghatása az input anyagokéhoz képest kevésbé zavaró, a kompozitához hasonló, állaga homogén, így könnyen kezelhető, kijuttatva jól beszívódik a talajba a növények számára könnyen felvehető tápanyagokat megfelelő koncentrációban tartalmazza, és nitrogén-tartalma jól érvényesül, tehát trágyaként alkalmazható. A biogáztermelés során az energiatermelés és a talajerő-fenntartás szervesanyag-szükséglete egyaránt biztosítható.

- szerves és szárazanyag tartalom,
- tápanyag tartalom (össz-N,  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ),
- mikroelem tartalom,
- toxikus elemek,
- térfogattömeg,
- vízben oldható összes sótartalom.

### **III.6.7.3. Biogáz hasznosítás**

A hasznosításnak alapvetően három különböző energetikai kimenete van.

- a metán gáz közvetlen értékesítése, hasznosítása
- a földgáz közmű hálózatba táplálva
- komprimálva
- a hőenergia előállítás a biogáz elégetésével
- elektromos energia előállítás
- kombinált elektromos- és hőenergia előállítás.
- közvetlen elektromos energia előállítás tüzelőanyag cellákkal.

#### **III.6.7.3.1. A metán gáz közvetlen értékesítése, hasznosítása**

A szigorú befogadási paramétereknek megfelelő minőségűre tisztított biogáz a jogszabályokban rögzített feltételek mellett a földgáz közmű hálózatra csatlakoztatható. Komprimált, tartályos metán gázzal, kísérleti jelleggel már Magyarországon is üzemelnek autóbuszok, az infrastruktúra és a költségigényes technikai megvalósítás nem várható a közeljövőben.

#### **III.6.7.3.2. A hőenergia előállítás**

Azokon a helyeken, ahol lehetőség van a termelt biogázból kinyerhető hőenergia hasznosítására a szerves hulladékot és mellékterméket képző vagy más technológiai folyamatokban, ott közvetlen égetéssel hőenergia előállításra hasznosítható. Ebben az esetben a keletkező biogázból kell fedezni a fermentorok technológiai hőmennyiségének szükségletét is.

### **III.6.7.3.3. Elektromos energia előállítás**

A biogáz metántartalmában jelentkező energia elektromos energiává is átalakítható, amely lokálisan, ún. sziget üzemmódban vagy az elektromos közmű hálózatra zöldáramként betáplálva hasznosítható.

### **III.6.7.3.4. Kombinált elektromos- és hőenergia előállítás**

A biogázból jellemzően több energia átalakítási folyamatszakaszon keresztül keletkezik elektromos energia. A biogázt motorokban vagy turbinákban elégetve mechanikai energiát nyerünk, amelyet generátorok segítségével alakítunk át elektromos energiává. Minden energiáttranszformálási műveletnek vesztesége is van. A keletkező hulladék hőenergia jelentős részét a fermentorok fűtésére hasznosíthatjuk, ezzel jelentősen növeljük a biogáz üzemi technológia energetikai hatásfokát. Az üzem hatékonysága szempontjából fontos, hogy az összes hulladékot hasznosítani tudjuk.

### **III.6.7.3.5. Közvetlen elektromos energia előállítás tüzelőanyag cellákkal**

A tüzelőanyag cellák alkalmazásával technikai lehetőség nyílik a metán közvetlen elektromos energiává történő alakítására is, azonban ezen hasznosítási lehetőség elterjedését ma még a technikai eszközzrendszer bekerülési költsége hátráltatja.

### **III.6.7.4. Az erjesztési maradék hasznosítása**

Az erjesztési maradékok felhasználhatók a mezőgazdasági termelés során terménynövelő anyagként közvetlen kijuttatással, vagy komposztálás után.

## **III.6.8. A biogáz előállítás technikai eszközei**

A biogáz előállítási technológiát fizikailag az előállító létesítmény és a benne foglalt technikai eszközzrendszer és annak elemei valósítják meg. A technológiai eszközzrendszer fő funkcionális elemei (Barótfi, 1998):

- alapanyag tároló, homogenizáló,
- erjesztő berendezések, fermentorok,
- gáztisztító berendezések,
- esetleg komprimáló berendezések,
- gáztárolók,
- anyagáramlás és –továbbítás,
- szabályozó berendezések,
- biztonsági berendezések,

A fő funkcióit már az első biogáz előállító létesítményekben is meg kellett valósítani, azonban a szerkezeti kialakításuk folyamatosan változott. A szerkezeti kialakításukat meghatározó legfontosabb tényezők: az üzem méretjellemzői, a megvalósított üzemelési mód, valamint a keletkezett biogáz hasznosítási módja.

Magyarországon a mezőgazdasági eredetű biomassza melléktermékeket és hulladékokat hasznosító biogáz üzemek a potenciálisan rendelkezésre álló hasznosítható szerves anyagok mennyiségi és minőségi összetétele a méret gazdaságossági szempontok és az output anyagok továbbhasznosítási lehetősége miatt nagyméretű, folyamatos üzemmódú kombinált hő- és villamos energia előállító létesítmények.

### **III.6.8.1. Alapanyag tároló, homogenizáló berendezések**

A biogáz előállítás, mint biotechnológiai ipari eljárás érzékeny az input anyagok homogenitására. A folyamatosan keletkező hígtrágyához szükséges adalékanyagokat az éves termelési ciklus folyamán a homogén receptúra biztosítás érdekében tárolni kell. A növényi biomassa alapanyagok tárolására a mezőgazdasági termelésben alkalmazott merev falú silótárolók alkalmasak.

Az állati termékfeldolgozásból érkező melléktermékeket, hulladékokat és az elhullott állatok teteit homogenizálni (aprítani), és az előírásoknak megfelelően hőkezelti is szükséges. A napi beadagolandó erjesztendő biomassa mennyiség tárolótere szokásosan merev falú, keverő berendezéssel is ellátott zárt kialakítású tér. A zárt rendszerben történő kierjesztendő anyag tárolása és áramoltatása, mint az előzőekben is utaltunk rá, lényegesen csökkenti a biogáz üzemek környezetében keletkező szaghatást is.

### **III.6.8.2. Erjesztés berendezései, a fermentorok**

A fermentorok a biogáz üzemek legfontosabb szerkezeti egységei. Itt játszódik le a biogáz képződés biotechnológiai folyamata. A fermentorokban kell biztosítani az adott receptúra függvényében a biogáz képződéshez szükséges optimális feltételeket. A fermentorok a biogáz üzemek fizikailag is legnagyobb méretű és legnagyobb költségigényű szerkezeti egységei, így a méretük megfelelő meghatározása közvetlen és közvetve is befolyásolja a beruházás költségigényét és megtérülési idejét.

#### **III.6.8.2.1. A fermentortér kialakítása**

A gyakorlatban a vízszintes és a függőleges fermentortér kialakítás ismert. A vízszintes fém fermentorokat általában a farmgazdasági kisüzemi erjesztőként alkalmazzák. A folyamatos üzemmódot megvalósító biogáz üzemek merev, betonfalú, vertikális elrendezésű merev vagy ponyva fedésű fermentorokat alkalmaznak (III.6.1. ábra)



**III.6.1. ábra: Merev födémmel ellátott fermentorok** (Nyírbátor, Bátortrade Kft.)

A folyamatos üzemmódú fermentorokban elkerülhetetlen az üzemelés folyamán a nagy sűrűségű szilárd részek kiülepedése, ezért az időszakosan kivált üledékanyag fizikai eltávolításának a lehetőségét már a fermentorok tervezése és kivitelezésekor is biztosítani kell. A kitárolás a fermentortér leürített állapotában történhet technológiai üzemszünet alatt. Lehetőség szerint a folyamatos gáztermelés és felhasználás érdekében is célszerű adott mennyiségű lebontandó biomassza tömeghez több fermentort biztosítani.

#### **III.6.8.2.2. A fermentortér fűtése**

A biogáz termelés hőigényes folyamat, a fermentortér fűtéséről gondoskodni kell. A fűtésnek egyik lehetséges módja a fermentortér belső palástjára szerelt fűtőcsövek alkalmazása (III.6.2. ábra).



**III.6.2. ábra: Fűtőcsövek a fermentortér belsejében.**

A fermentorok fűtése a keletkezett biogáz mennyiség közvetlen elégetésével vagy a kombinált elektromos energia előállító berendezések hulladékhő energiájának felhasználásával történik. A létesítmény energia hatékonysági mutatóinak érdekében a fermentorok falát hőszigetelni és burkolni kell (III.6.3. ábra).



**III.6.3. ábra: Fermentor szigetelés (Nyírbátor, Bátortrade Kft.)**

### **III.6.8.2.3. A keverőszerkezet**

A biogáz a bakteriális tevékenység következtében a szerves szilárd anyagok lebomlásakor keletkezik. A baktériumok a lebontandó anyag felületéről befelé haladva fejtik ki tevékenységüket. A felúszás elkerülése és a mikroorganizmusok könnyebb hozzáférhetősége érdekében a gázhalmozállapotú összetevőket el kell távolítani a szilárd részek felületéről. Ezt a funkciót biztosítják a keverő berendezések. A keverő berendezéseknek biztosítaniuk kell a teljes fermentor térfogat vertikális és horizontális átkeverését. A keverő szerkezetek hidraulikus és mechanikus megoldási változatai ismertek, amelyek közül a nagy térfogatú folyamatos üzemmódot megvalósító fermentorokban a magassági szintállítási lehetőséggel rendelkező elektromos meghajtású mechanikus keverő berendezések terjedtek el (III.6.4. ábra).



**III.6.4. ábra: Elektromos működtetésű mechanikus keverő berendezés**

### **III.6.8.3. Gáztisztító berendezések**

A biogáz az energetikailag hasznosítható metán mellett még a hasznosítást befolyásoló mértékben vízgőzt, kénhidrogént, széndioxidot, oxigént és egyéb gázokat is tartalmazhat. A környezeti hőmérsékleten lecsapódott kondenzvíznek az előkészítő tárolóba vagy a fermentorba történő visszavezetéséről gondoskodni kell.

A további hasznosítás előtt a víztelenítés mellett a kénhidrogén eltávolítását is meg kell oldani a korrózió elkerülése érdekében. A jelenlegi üzemi gyakorlatban a kéntelenítés szokásos módja a biotechnológiai eljárás. A kénbaktériumok kevés oxigén jelenlétében a kénhidrogént elemi kénné vagy kénsavvá alakítják. A vízmentesített és kéntelenített biogáz már motorokban hasznosítható.

A széndioxid leválasztás a motoros hasznosítás alapvető energia hatékonysági és gazdaságossági feltétele. A biogáz széndioxid tartalma a motorokban nem hasznosul, így a biogáz fűtőértéke a nagy mennyiségben előforduló egyéb összetevők arányának megfelelően csökken. A széndioxid leválasztásnak több gyakorlatban elterjedt módszere ismert – abszorpciós, adszorpciós membrános – amelyek közül a beruházás hatékonysági és a környezetterhelési mutatók alapján célszerű kiválasztani az adott körülményekhez illeszkedő megoldást.

### **III.6.8.4. Gáztárolók**

A biogáz üzemekben keletkező biogáz mennyisége és összetétele azonos alap- és adalékanyag-receptúra és azonos üzemeltetési paraméterek mellett is ingadozik, ezért különösen szerződéses alapú, közüzemi hálózatra történő energia hasznosítás esetén puffertároló térre is szükség van. Ehhez

elendő lehet a fermentorok feltöltési szint feletti tere, de a nagy biogáz előállító létesítményekben gyakran alkalmaznak biogáz tárolókat is. Több megoldási alapváltozat ismert. Az alkalmazott eszközök kettős falú létesítmények, a külső fal az időjárás körülményektől való védőfunkciót biztosítja, a belső tér mérete flexibilisen változhat a tárolt biogáz mennyiség függvényében (III.6.5. ábra).



**III.6.5. ábra: Kettős falú fólia gázgyűjtő-tároló kísérleti berendezés**

#### **III.6.8.5. Anyagáramlás és -továbbítás**

A biogáz üzemekben folyékony és légnemű halmazállapotú anyagok továbbítása és tárolása történik. A légnemű biogáz összetevők tároló térbe juttatása komprimáló berendezés nélkül a fermentorokban keletkező túlnyomás segítségével megfelelő keresztmetszetű csővezetékben történik. A folyamatos üzemmódú nedves biogáz előállítási technológiák input adatainak átlagos szárazanyag tartalma technológiai okokból nem haladhatja meg a 12 %-ot, így szivattyúk segítségével csővezetékeken keresztül a betárolástól a kiejert anyag kitérítéséig továbbítható. A beépített szivattyú teljesítményeknek a biogáz üzem napi hidraulikus terheléséhez kell igazodnia.

#### **III.6.8.6. Mérő és szabályozó berendezések**

A folyamatos üzemmódú biogáz üzemek működését számítógépes folyamatszabályozó rendszer felügyeli. A kimeneti oldalon folyamatosan információt szolgáltat a keletkező biogáz mennyiségéről, és összetételéről, a kombinált elektromos energia előállító rendszereknél a hálózatra táplált elektromos energia mennyiségéről, a fermentortér hőmérsékletéről. A technológiai paraméterek közül a fűtés szabályozásával kontrollálja a fermentortér hőmérsékletét, szabályozza a technológia szerinti keverési, betáplálási és ürítési ciklust.

A bemeneti oldalon biztosítja a fermentor egyenletes hidraulikus terhelését. A folyamatszabályozó rendszerek alkalmazási problémája, hogy a bemeneti paraméterek közül éppen a pontos szerves anyag terhelés biztosítása nem megoldott. A beadagolt alap- és adalékanyagoknak még a nedvesgéttartalma is tág határok között változhat, így a tömegmérésen alapuló receptúra összeállítás nem biztosítja az egyenletes száraz anyag terhelést a fermentorokban. A szabályozó rendszer elemei az áramlásmérők, a gázanalizátorok, a mennyiségmérők, a beavatkozó szervek (útváltók, szabályozó szelepek) különböző árkategóriákban nagy választékban állnak rendelkezésre.

#### **III.6.8.7. Biztonsági berendezések**

A metán a levegővel 4,4-16,5 % koncentráció tartományban robbanóelegyet képez. A beépített eszközöknek az előírt „robbanásbiztos” kivitelűeknek kell lenni. A metánérzékelő szenzorokat szintén a számítógépes termelés szabályozó rendszer kezeli.



## III.7. A mechanikai-biológiai hulladékkezelés (MBH) (Aleksza László, Gyuricza Csaba)

A települési szilárd hulladékok esetében a szelektív gyűjtés nem csökkenti elegendő mértékben a lerakandó hulladék mennyiségét, amelynek jelentős része – kezeletlenül - kerül lerakásra. E települési szilárd maradékanyag ugyanakkor alapvetően mezőgazdasági, ill. energetikai szempontból hasznos komponensekből áll: ez egyaránt igaz a biológiailag lebontható, mind pedig a biológiailag nem lebontható (vagy nehezen lebontható) szerves részre.

A kezeletlen települési maradék hulladék elégetése - a maradék kedvezőtlen tüzeléstechnikai tulajdonságai (alacsony fűtőérték, nagy nedvességtartalom) miatt - gazdasági szempontból előnytelen.

Mindez először oda vezetett, hogy a lakossági hulladékból másodtüzelőanyagot kezdtek előállítani mechanikai eljárásokra alapozva (német rövidítése BRAM = Brennstoffs aus Müll, angol rövidítése RDF: Refuse Derived Fuel), majd pedig a 90-es években a biológiailag lebontható rész nedvességtartalmának csökkentésére, stabilitásának növelésére és jobb minőségű alternatív tüzelőanyag előállítása érdekében biológiai kezelés bevezetésre.

A szilárd települési hulladékok mechanikai-biológiai kezelésének fogalma tehát az 1990-es évek elejétől ismert, amikor is az addig már alkalmazást nyert mechanikai eljárásokat biológiai eljárásokkal egészítették ki. Ma a szilárd települési hulladékok maradékanyagának kezelése mechanikai, biológiai vagy termikus eljárásokkal történő kezelésekből, illetve leggyakrabban ezek kombinálásából tevődik össze.

Kezdetben a gyakorlatban való összehangolt mechanikai-biológiai stabilizálás alkalmazásához nagyon sok kérdést kellett tisztázni, és a hiányosságokat pótolni. A hiányosságok a tradicionális mechanikai-biológiai hulladékkezelési rendszerben a következők voltak:

A berendezések egyike se teljesítette az emissziós követelményeket.

- Nem volt megfelelő szennyvíz (csurgalékvíz) kezelés.
- A rendeletek szerint előírt magas fűtőértékű anyagok leválasztása csak a tapasztalatok alapján történt.
- A leválasztott, magas fűtőértékű komponensek minősége igen rossz volt.
- Nem volt berendezés a nemvas-tartalmú fémek leválasztására.
- Nem volt minden üzemben fémek leválasztására alkalmas berendezés.
- A szerves hulladékok feldolgozása nem volt megoldva.

A mechanikai kezelés (előkészítés) többnyire a hulladék biológiai vagy termikus tovább kezelésnek megelőző (és követő) lépcsője. Már a hulladék összegyűjtésénél is alkalmazunk mechanikai eljárásokat, már ebben a folyamatban is célszerű arra törekedni, hogy a különböző anyag típusok szeparálása lehetőség szerint a legnagyobb mértékben megvalósuljon. A hulladékok kezelése során célszerű először a fémeket, a magas fűtőértékű frakciót, valamint a kevésbé értékes, de a kezelést nehezítő frakciókat, mint pl.: a kőzetdarabok, a föld, az üveg, leválasztani az anyagáramból. A mechanikai előkészítés minden nyersanyag körfolyamatos gazdálkodásához szükséges, mivel a meghatározott szemcseméret tartományt tud kialakítani, ami a további kezelést jelentősen megkönnyíti.

A biológiai kezelés egyik fő célja a különböző gázok és szivárgó, illetve csurgalékvizek mennyiségének csökkentése, azaz a környezetet károsító komponensek minimalizálása, illetve teljes megszüntetése. A másik, előbbivel szoros kapcsolatban álló célkitűzés, hogy a rendelkezésünkre álló mikroorganizmusokat úgy használjuk fel, a működésüket úgy befolyásoljuk, hogy a kiindulási anyagban (hulladékban) meglévő toxikus tartalmat a legnagyobb mértékben minimalizáljuk. Ezt az eljárást biológiai stabilizálásnak nevezzük.

### III.7.1. Stabilizálási technológiák

A szilárd települési (háztartási és háztartási hulladékhoz hasonló) hulladékok szelektív gyűjtés utáni maradványát hasznosításra előkészítő stabilizációs eljárások három csoportba sorolhatók. Ezek a csoportok nem csak az általános (társadalmi) és eljárástechnikai célokban térnek el egymástól, hanem az alkalmazott eljárásokban és berendezésekben is:

- Mechanikai-biológiai stabilizálás
- Mechanikai-fizikai stabilizálás
- Szárazstabilizációs eljárás

#### III.7.1.1. Mechanikai-biológiai stabilizálás

A mechanikai-biológiai stabilizálás általános célja:

- egy, nagyfűtőértékű komponensekben gazdag és
- egy, a nagyfűtőértékű komponensekben szegény frakció előállítását, ill. ennek a terméknek lerakása: olyan lerakandó termék előállítását, ami megfelel a lerakóba elhelyezés feltételeinek mind az eltávozó levegő, mind a szivárgó víz, mind pedig a szilárd fázisból való kioldódásra vonatkozóan.



III.7.1. ábra: Biológiai stabilizálásra mechanikailag előkészített TSZH (0-80 mm-es frakció)

A mechanikai-biológiai stabilizálás közvetlen célját tekintve két kezelési célkitűzést különböztethetünk meg:

1. kezelési (eljárástechnikai) cél: a kezelendő hulladék nagy részének biológiai stabilizálása és az ehhez kapcsolódó lerakás.

Ebben az esetben az a törekvés, hogy a szilárd települési hulladék maradványából a lehető legnagyobb részt (papírt, kartont, pelenka stb.) biostabilizálásra vigyenek. Ezért elsőként az anyagot biológiai úton stabilizálják és a stabilizált anyagból (a stabilátból) nyerik ki szitálással a nagyfűtőértékű komponensekben gazdag frakciót.

2. kezelési (eljárástechnikai) cél: az értékes és nagy fűtőértékű frakció a lehető legnagyobb nagymértékben történő leválasztása.

Itt az eljárástechnikai koncepció az, hogy az értékes nagyfűtőértékű komponensek leválasztását a biológiai kezelés előtt kell elvégezni, mivel az értékes komponensek egy része (papír, karton, penlenka stb.) a biológiai kezelés során lebomlanak.

### **III.7.1.2. Mechanikai-fizikai stabilizálás**

A mechanikai-fizikai stabilizálás fő célja olyan tüzelőanyag előállítás, amelynek elegendően alacsony a nedvességtartalma (< 10 %), és a kívánt mértékben mentes a nem éghető inert és fémes anyagoktól. Ezért a kinyert laza alternatív tüzelőanyag frakciót szárításnak és fémleválasztásnak vetik alá, végezetül pedig rendszerint pelletéznek (vagy brikettezik). További cél a lerakásra kerülő hulladék mennyiségének minimalizálása.

A mechanikai-fizikai stabilizálás előnyei:

- A szilárd települési maradékanyag széntartalma csaknem teljes egészében energetikai hasznosításra kerül.
- Az ásványos inert anyag kivételével a teljes anyag hasznosítása megtörténik.

A termikus szárítással elérhető, hogy a tüzelőanyag-frakció nedvességtartalma a pelletézés által igényelt 10 % körüli értékre csökken.

A mechanikai-fizikai stabilizálás hátrányai:

- Gazdaságos eljárás csak nagy előkészítőművek esetén várható, különösen akkor, ha egyéb hulladékokat (iparból származó háztartásihoz hasonló hulladék, DSD-hulladék) is bekevernek a végtermékbe.
- A leválasztott inert és nagyméretű hulladék elhelyezése továbbra is gond marad.
- A szilárd települési hulladék szárítására nem áll rendelkezésre a megfelelő speciális szárítóberendezés (egyéb területek berendezéseit alkalmazzák, mint pl. a közetszáritók, tápanyagszáritók stb.).
- A pelletézés miatt nagy mennyiségű vizet kell eltávolítani.
- Gondoskodni kell a szárító levegő és a kondenzvíz tisztításáról is.

### **III.7.1.3. Biológiai szárítás - Szárazstabilizálás**

A száraz-stabilizálás fő célja olyan tüzelőanyag előállítás, amely a nyers hulladéknál szárazabb és az inert anyagoktól, fémektől pedig a kívánt mértékben mentes. Cél továbbá a lerakandó anyag minimalizálása, ill. a tüzelésre kerülő rész maximalizálása.

Ennek megfelelően a költségek csökkentése érdekében, a szilárd települési hulladék maradékanyagát biológiai szárításnak vetik alá, az inert anyagoktól és a fémektől mentesítik, végezetül rendszerint pelletéznek (vagy brikettezik).

### **III.7.2. A mechanikai biológiai hulladékkezelés gyakorlata**

A mechanikai-biológiai hulladékkezelés (MBH) az osztályozatlan települési szilárd hulladék és az egyéb eljárások (pl.: szelektív hulladékgyűjtés) után keletkező úgynevezett maradék hulladék kezelésére szolgál, amely a mechanikai (aprítás, osztályzás) és a biológiai (aerob vagy anaerob) kezeléseket célszerű kombinálásával, a hulladékot alkotó komponensek eltérő fizikai és biológiai tulajdonságainak kihasználásával, a TSZH környezeti veszélyességének és mennyiségének csökkentését, és bizonyos hasznosítható frakciók kinyerését teszi lehetővé.

A mechanikai eljárások azon alapulnak, hogy a biológiai nem bontható frakciók (főként a műanyagok) bizonyos aprítási eljárásoknak jobban ellenállnak, mint a biológiai bomló frakciók, továbbá az aprítás során kialakult jelentős méretbeli különbségek illetve az amúgy is meglévő fajsúlybeli különbségek miatt célszerűen megválasztott osztályzási műveletekkel magas biológiailag bontható és alacsony biológiai aktivitású frakciókra bontható.

### **III.7.2.1. Biológiai kezelések**

A biológiai kezelés esetén két eljárást különböztethetünk meg: az aerob és az anaerob kezelést. Az aerob kezelésen a különböző komposztálásnál is alkalmazott technológiákat értjük. Ennek eredményeképpen komposztszerű anyagot (CLO: compost like output) kapunk. Az anaerob kezelés során az oxigén kizárása mellett végbemenő fermentációs folyamat eredményeként biogáz keletkezik. A gyakorlatban az aerob eljárások az elterjedtebbek. Ennek oka, hogy az aerob biológiai kezelés robusztus reverzibilis folyamat, amely kevésbé érzékeny a szerves anyag minőségre, jól és hatékonyan irányítható.

#### **III.7.2.1.1. Aerob kezelés**

Az MBH aerob biológiai kezelésen belül két eljárást különböztetünk meg, amelyek eltérő a kiindulási anyaga, a kezelési technológiája és a célkitűzése is:

##### **Biológiai stabilizálás**

Az eljárást a nagy biológiailag lebomló szerves hulladékot (> 25-30 %) tartalmazó vegyesen gyűjtött maradék hulladék < 80-100 mm-es frakciójának kezelésénél alkalmazzák. A több lépésből álló biológiai kezelés hosszabb időt (technológiától függően 10-12 hetet) vesz igénybe, jellemzően intenzív és utóérésből áll. A kezelés végterméke egy biológiailag stabil frakció, amelynek légzési intenzitása alacsony ( $AT_4 < 10$  mg/g sz.a.).

Az EU országok gyakorlatában ezt a biológiai stabilizálást kell alkalmazni, ahhoz hogy a hulladék lerakható legyen.



**III.7.2. ábra: Biológiai stabilitás mérése ( $AT_4$  érték) (fotó: Aleksza L.)**

### **Biológiai szárítás**

Az eljárást viszonylag alacsony biológiailag lebomló szerves hulladéktartalmú tartalmú vegyesen gyűjtött TSZH nagy szemcseméretű frakciójánál (> 80-100 mm), vagy az előkészített magas fűtőértékű másodlagos tüzelőanyag nedvességtartalmának csökkentésére alkalmazzák. A biológiai szárítás során nem cél a stabilizálás, csak a nedvességtartalom csökkentése.

A biológiai szárítás időtartama (technológiától függően) általában 20-30 nap. A kezelési idő első 14-18 napja alatt a biológiai bomlás elősegítése a cél, így a hulladék egy gyors melegedési fázison esik át majd, miután a szerves anyagok bomlása részben megtörtént és a hőmérséklet elérte maximumát, a levegőztetés intenzitásának növelésével a nedvességtartalmat jelentősen lehet csökkenteni. A biológiai szárítás nem alkalmazható eredményesen a nagy biológiailag lebomló szervesanyag-tartalmú hulladékok esetén, mert a lebomlás a rövid kezelési idő miatt csak részlegesen megy végbe. Az így kiszáritott hulladékokban -amennyiben később megnő a nedvességtartalma- ellenőrizetlen biológiai folyamatok indulhatnak el.

#### **III.7.2.1.2. Anaerob kezelés**

A vegyesen begyűjtött települési szilárd hulladék (TSZH) kis szemcseméretű frakciói nagy biológiailag lebomló szervesanyag-tartalommal rendelkeznek. Ezek elméletileg biogáz előállítás útján energetikailag hasznosíthatók lennének, úgy, hogy közben csökken és stabilizálódik a szervesanyag-tartalmuk. Mindezek ellenére az MBH eljárásban az anaerob biológiai kezelés üzemszerű alkalmazására kevés eredményes példa van. Ennek oka a nagy beruházásigény, a nagy szállítási távolságok (hiszen csak nagy kapacitások esetén jön számításba), de a TSZH anaerob kezelésének jelenlegi kis elterjedtségének legfőbb oka, hogy a heterogén összetételű TSZH-ban minden esetben vannak a biológiai folyamatokat gátló összetevők. Mivel az aerob biológiai bomlás egy robosztus, széles tartományban optimalizálható folyamat, ezért ott ezek a gátló anyagok nem okoznak problémát. A biogáz előállítás során végbemenő metanogén szakaszban azonban sokkal érzékenyebb folyamatok zajlanak. A hatékony fermentációhoz a megfelelő körülményeket igen szűk tartományban kell optimalizálni, amely egy ilyen változó összetételű és gátló anyagokat is tartalmazó szubsztrát esetén jelenleg nem kellően kidolgozott.

A hazai MBH biológiai kezelési részére a jelenleg rendelkezésre álló technikai és gazdasági információk elemzése alapján az aerob rendszerek alkalmazásának elterjedése várható.

#### **III.7.3. Az MBH-ból kikerülő kimenő anyagáramok**

##### **III.7.3.1. Komposztszerű anyag (Compost-like output, CLO)**

Aerob kezelés eredményeként előállított stabil anyag, amelynek minősége általános tapasztalatok alapján gyenge, és nem éri el a komposztok legalsó kategóriáját sem. Legtöbb esetben a biológiai tesztek során jelentős növénynövekedés gátló hatást mutatnak. Néhány országban felhasználása elméletileg lehetséges a minőségétől függően szántóföldeken talajjavításra, azonban Magyarországon ez nem engedélyezett és várhatóan nem is lesz az. Felhasználható a hulladéklerakók takaróföldjeként vagy egyéb rekultivációs célokra.

##### **III.7.3.2. Biogáz**

Az anaerob erjesztés végterméke, amelyet energetikai célra lehet használni (közvetlen égetés, elektromos áram illetve hőtermelés stb.). Jelentősége jelenleg csekély.

### **III.7.3.3. Másodlagos tüzelőanyag (RDF)**

Mechanikai eljárás során elkülönített magas fűtőértékű frakció, amelyet erőművekben vagy cementművekben égetve vagy együttégetve hasznosítanak.

### **III.7.3.4. Biostabilizált hulladék**

A kezelés után visszamaradt szilárd anyag, amely végleges lerakásra alkalmas, környezetre nem veszélyes anyag. Magyarországon jelenleg nincsenek meghatározva a műszaki követelményei (pl. légzési intenzitás).

### **III.7.3.5. Újrahasznosítható anyagok**

Amelyeket a mechanikai kezelés során válogatnak ki (pl. vas és nemvas fémek, üveg, műanyag stb.)

## III.8. A biológiai hulladékkezelés környezeti és környezet-egészségtani hatásai (Béres András)

A biohulladékok kezelése során az egyes alapanyagokhoz, képződő szennyező, elszennyeződött anyagokhoz ill. termékekhez, melléktermékekhez köthetően alapvetően a következő környezeti elemek terhelése és szennyezése merülhet fel:

- vizek (felszíni ill. felszín alatti víz): a csurgalékvíz, az elszennyeződött csapadékvíz, a kondenzvíz stb. által;
- talaj: az előállított, és a talajra kijuttatott, ott tápanyag visszapótlás céljából hasznosított termékekben, melléktermékekben található szennyező anyagok formájában;
- levegő: a szagkibocsátás, a porkibocsátás, az alapanyagokból és technológiai folyamatokból történő – esetenként humán egészségügyi szempontból kockázatot jelentő – mikroszervezetek (csírák) kibocsátása, szerves és szervetlen légszennyező anyagok kibocsátása, zajkibocsátás.

Egy komposztáló üzemben az egyes munkafolyamatok során kialakuló lényeges kibocsátásokat az érintett környezeti elemek szerinti csoportosításban az alábbi foglaljuk össze.

**III.8.1. táblázat: Egy komposztáló üzemben az egyes munkafolyamatok során kialakuló kibocsátásokat az érintett környezeti elemek szerinti csoportosításban (Amlinger et al., 2005)**

Munkafolyamat	Berendezés ill. üzemi terület	Kibocsátások <sup>2)</sup>		
		Vizekbe	Talajba	Levegőbe <sup>3)</sup>
Beszállítás	Átvevő és tárolótér, bunkerek, tartályok	Csurgalékvíz	Nincs**	Szag, zaj, (por, csírák)
Előkezelés	Előkezelő tér (aprítás, rostálás, keverés)	Csurgalékvíz, kondenzvíz a kilépő levegő kezeléséből	Nincs**	Szag, zaj, (por, csírák)
Fő érlelési (intenzív) érlelési szakasz <sup>*</sup>	Komposztáló tér, prizmák, reaktor, komposztalagút	Csurgalékvíz, kondenzvíz	Nincs**	Szag, zaj, csírák, (por,)
Utóérlelés	Komposztáló tér, prizmák, reaktor, komposztalagút	Csurgalékvíz, kondenzvíz	Nincs**	Csírák, (szag, por, zaj)
Konfekcionálás, előkészítés	Utókezelő (aprítás, rostálás, idegen anyag eltávolítás)	Nincs	Nincs**	Por, csírák, zaj, (szag)
Végtermék	Komposzttároló	Nincs <sup>1)</sup>	Nehézfémek, egyéb szennyező anyagok	Por, (szag, csírák, por)

1) Fedett helyen történő tárolás esetén.

2) A zárójelben szereplő kibocsátások korlátozott jelentőségűek ill. erősen technológia függőek.

3) Egyéb légszennyező anyag kibocsátása jellemzően az érlelési folyamat során alakul ki.

\* A fő érlelési szakaszt abban az esetben nevezzük intenzív érlelési szakasznak, ha az érlelési folyamat az alapanyagok önhevülésétől függetlenül technikailag szabályozottan (pl. levegőztetéssel, zárt térben történő elhelyezéssel) kerül megvalósításra.

\*\* Abban az esetben, ha az előírásoknak megfelelően kialakított, szivárgásmentes, szilárd burkolat biztosított.

### III.8.1. Szag és poremisszió

Minden biohulladék feldolgozó létesítmény esetén – még a szakszerű üzemeltetés esetén is – elkerülhetetlen a szagkibocsátás, a porkibocsátás és az alapanyagokból és technológiai folyamatokból történő – esetenként humán egészségügyi szempontból kockázatot jelentő – mikroszervezetek (csírák) kibocsátása. Ezen kibocsátások nagysága a környezetvédelmi jelentőségük alapján természetesen függ a felhasznált alapanyagok jellemzőitől, az alkalmazott technológiától és a technológiai folyamatok és berendezések üzemeltetési módjától.

#### **Szagkibocsátás**

Az III.8.1. táblázatban összefoglaltak alapján a biohulladék feldolgozó létesítmények esetén a szagkibocsátás az alapanyagok és termékek manipulálása, technológiai feldolgozása során alakulhat ki (szállítás, tárolás, előkészítés, adagolás, aerob ill. anaerob fermentáció, utókezelés, kiszérelés, utótárolás). A következőkben a szagkibocsátás mérési módszerét, a jellemző szagkibocsátások mértékét és csökkentési lehetőségeit tekintjük át.

#### **A szag mérése**

A szag nagyságának, erősségének mérése a hazánkban is érvényben lévő MSZ EN 13725:2003 „Levegőminőség – a szagkoncentráció meghatározása dinamikus olfaktometriával” szabványban leírt módon, szabályozott körülmények között megvalósított vizsgálatok során, olfaktométerrel (szagmérő berendezéssel) történik. A szag erősségének más módon (pl. klasszikus szerves analitikai módon) történő mérése a következő nehézségekbe ütközik:

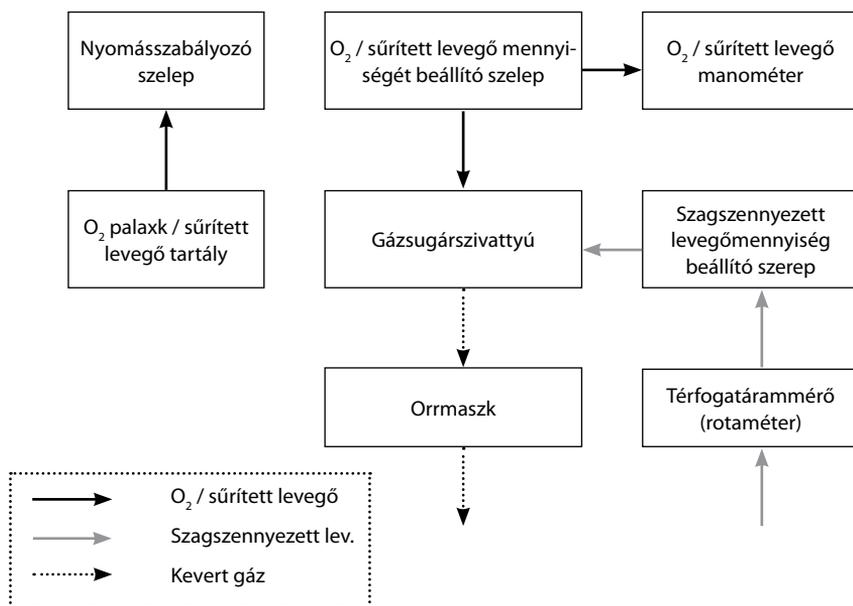
- a klasszikus analitikai vizsgálatok (mintavételek és a környezeti szaghatást okozó szerves ill. szervetlen komponensek koncentrációjának mérése) hosszú időt vesznek igénybe;
- az analitikai vizsgálatok anyag- és műszerigényessége igen költségessé teszi a vizsgálatokat, ezt csak fokozza, hogy ezeket csak laboratóriumi körülmények között lehet végrehajtani;
- egyes zavaró környezeti szaghatást okozó komponensek kibocsátási ill. immissziós koncentrációja gyakran a mintavételi érzékenység tekintetében túlzottan alacsony, a megnövelt mintavételi idő pedig lehetetlenné teszi a szaghatást okozó technológiai folyamat tényszerű, objektív értékelését a szaghatás tekintetében;
- az egyes szaghatást okozó légszennyező komponensek koncentrációiból nem lehet a ténylegesen kialakuló szag jellegére és nagyságára következtetni (nem ismertek pl. a légszennyező komponensek szinergista hatásai).

A szagmérés jelenleg elfogadott és alkalmazott módszerének kialakításakor az orvostudomány sietett a kutatók, környezetvédelmi szakemberek segítségére. A szaglás (olfactio) érzékenységének vizsgálatára, azaz orvosi célokra dolgozták ki az olfaktometria módszerét, és a mérés végrehajtására alkalmas berendezést, az olfaktométert. Ezt az eljárást vették át a szaghatás mérésével foglalkozó szakemberek az objektív szagmérések elvégzéséhez.

A szagmérésre alkalmazott berendezés (olfaktométer, III.8.1. ábra) gyakorlatilag nem más, mint egy precíziós gázkeverő készülék, amelynek az „érzékelője” az emberi orr. A vizsgálandó bűzös levegőt semleges referenciagázzal (ez lehet tiszta, szagmentes levegő, vagy oxigéngáz) hígítják egyre csökkenő mértékben mindaddig, amíg a mérő személy a detektálásra kiképzett orrmaszkban megérzi a szag megjelenését. A csökkenő mértékben történő hígítás kiküszöböli az orr „elfáradásának” lehetőségét. A készülékkel meg lehet határozni a különböző szagok, szagminták szagküszöbértékét, a szagkoncentráció (szagegység, SZE/m<sup>3</sup>) nagyságát. A ma alkalmazott legkorszerűbb olfaktométer számítógépes vezérlésű, az egyes hígítási szintek beállítása, a mérésben résztvevő személyek válaszainak ellenőrzése (pl. időszakosan szagtalan levegő – ún. null-próba – felkínálása értékelésre), és a mérőszemélyek válaszainak értékelése a mérésvezető beavatkozása nélkül, automatizáltan történik. A mérésben egyszerre több (4-8) személy vesz részt, akik a mérést megelőzően a vonatkozó szabványban leírt, a szag-



lóképességük vizsgálatára irányuló kiválasztási folyamaton esnek át. Ezen túlmenően minden egyes szagmérés előtt megtörténik a mérőszemélyek szaglóképességének ismételt ellenőrzése.



**III.8.1. ábra: Az olfaktométer sematikus ábrája** (Béres, 1997)

A szagméréssel meghatározott szagkoncentráció és a kibocsátott szagszennyezett levegő térfogatáramának ismeretében meghatározható a vizsgált kibocsátó forrás szagkibocsátása (pontforrások esetén SZE/s, felületi források esetén SZE/(m<sup>2</sup>×s)). A szagmintavételek során mind a pontforrásokhoz, mind a felületi forrásokhoz a mintavételi körülmények figyelembe vételével kiválasztott, megfelelő mintavételi eszközök alkalmazása szükséges (ún. tüdő elven működő szagmintavevő, előhígításos mintavevő szonda, mintavevő harang, levegőztetett mintavevő harang).

### **Biohulladék kezelő létesítmények szagkibocsátása**

A biohulladék kezelő létesítményeknél a szagkibocsátás nagysága jelentősen függ a következő tényezőktől:

- a felhasznált alapanyagok mennyisége és minősége;
- a felhasznált alapanyagok létesítményen belüli tárolásának, előkészítésének, a technológiai berendezésbe, technológiába történő adagolásának módjától;
- a biohulladék kezelésére alkalmazott technológiai eljárás jellegétől (anaerob rendszerek esetén a fermentáció során a szagkibocsátás minimális a zárt technológia miatt; az aerob rendszerek – a komposztálás – esetén pedig a szagkibocsátás mértéke nagyban függ attól, hogy zárt technológiáról (komposztálás zárt térben – kamrában, membrántakaróval fedett módon stb.) vagy nyitott technológiáról beszélünk);
- a zárt technológia terek esetén a távozó szagszennyezett levegő kezelésének módjától (alkalmaznak-e a távozó szagszennyezett levegő kezelésére szagszökkentő rendszert; az alkalmazott szagszökkentő módszer, berendezés hatásfoka);
- a termékek további kezelésének módjától és helyétől (anaerob rendszerek esetén a fázissztévalasztás módjától és körülményeitől – zárt vagy nyitott rendszerben történik; aerob rendszerek

esetén a termék utókezelése – rostálása, aprítása, konfekcionálás – zárt térben, vagy nyitottan történik);

- a termékek tárolásának módjától (anaerob rendszerek esetén az elvégzett fázisszétválasztás után a folyékony ill. szilárd fázis tárolásának helyétől és módjától – nyitott vagy fedett tárolás);
- és jelentős mértékben az anyagok manipulációja, anyagmozgatása során elszennyezett felületek nagyságától, tisztántartásának gyakoriságától és módjától.

Zöldhulladékok aerob kezelési módszere esetén a komposztáló üzemekben az egyes szagkibocsátó pont, épület és felületi forrásokból távozó szagszennyezett levegő jellemző szagkoncentráció értékei a következők (szagtalanítás nélkül (Fischer, 1994)):

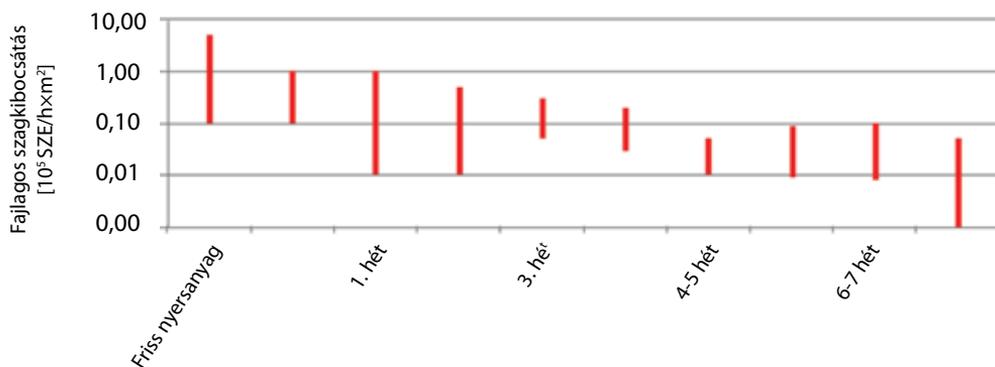
- alapanyag előtároló tér 100-300 SZE/m<sup>3</sup>;
- előkezelő-válogató-keverő technológiai tér 50-500 SZE/m<sup>3</sup>;
- forgó-dobos komposztáló 20 000-80 000 SZE/m<sup>3</sup>;
- passzív prizmakomposztálás 200-1000 SZE/m<sup>3</sup>;
- levegőztetett komposztáló prizma 5000-25 000 SZE/m<sup>3</sup>;
- utóérlelés, komposztárolás 20-200 SZE/m<sup>3</sup>;
- közlekedőterületek 20-200 SZE/m<sup>3</sup>.

Biohulladékok prizmakomposztáláskor a komposztálási folyamat különböző szakaszaiban a távozó levegő szagkoncentrációja a következő (Amlinger et al., 2005):

- a mezofil bevezető szakaszban (15-45 °C) 6000-25 000 SZE/m<sup>3</sup> (néhány nap, legfeljebb egy hét);
- az önhevülés időszakában (45-65 °C) a legnagyobb érték meghaladja akár a 30 000 SZE/m<sup>3</sup> értéket (néhány nap, legfeljebb egy hét);
- az intenzív bomlási szakaszban (65-70 °C) a legnagyobb érték meghaladja akár a 10 000 SZE/m<sup>3</sup> értéket (néhány nap ill. legfeljebb néhány hét);
- a kihűlési szakaszban (65-45 °C) 150-3000 SZE/m<sup>3</sup> (a 12. hétig);
- az érési szakaszban (< 45 °C) 500 SZE/m<sup>3</sup> érték alatt (több hét).

A fenti szagkoncentráció értékek alapján látható, hogy a nyitott prizmakomposztálás során a legnagyobb szagkibocsátás az intenzív lebomlási szakaszban várható.

A biohulladék prizmakomposztálása során a fajlagos szagkibocsátás értékének változását a III.8.2. ábrán mutatjuk be. A fajlagos szagkibocsátás nagysága jelentősen függ a kezelt anyag összetételétől, az alkalmazott technológiától és természetesen jelentősen változik az évszakokkal összefüggésben is (Medrow et al., 1993).

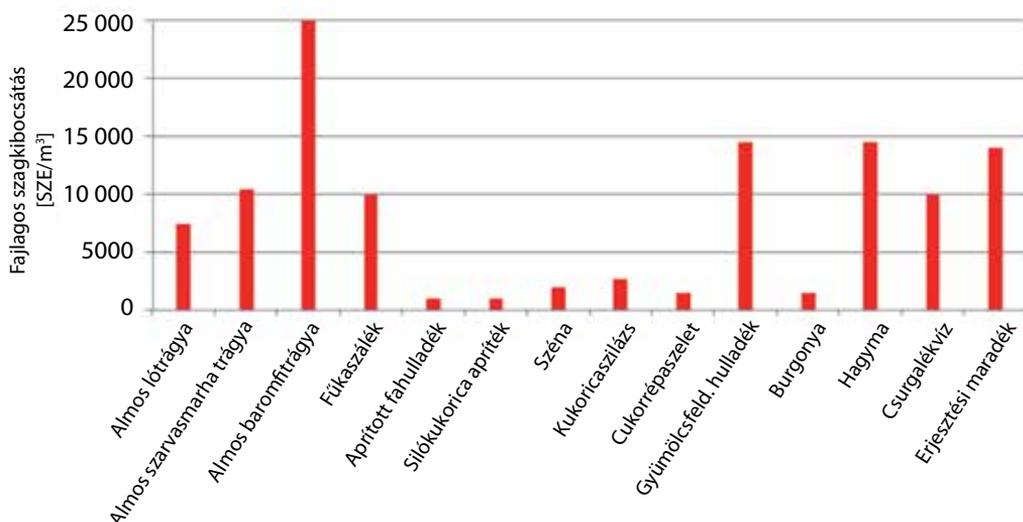


**III.8.2. ábra: A biohulladék prizmakomposztálása során a fajlagos szagkibocsátás értékének változása (Medrow et al., 1993)**

Az III.8.5. ábrán bemutatott fajlagos szagkibocsátási értékek alapján megállapítható, hogy a várható szagkibocsátás mértéke a komposztált anyag érési folyamata során jelentősen csökken. Amennyiben a prizmakomposztálás során a biohulladékok között szennyviziszapot is felhasználnak, a fajlagos szagkibocsátás értéke jelentősen, akár háromszorosára is nőhet (Boholt és Oxbøl, 2002). A prizmakomposztálás esetén a speciális lamináttal takart prizmák esetén a nyitott prizmákhoz képest akár 95 %-os fajlagos szagkibocsátás csökkenés is elérhető (Alexa és Dér, 2001).

Vegyesen gyűjtött települési szilárd hulladékok esetén ezek biológiai stabilizálása során a levegőztetett prizmákból távozó szagszennyezett levegő legnagyobb szagkoncentrációja elérheti a 13 000 SZE/m<sup>3</sup> szagkoncentráció értéket, a hulladék zárt rendszerben (pl. cellában) történő stabilizálása során a kibocsátáskor a legnagyobb szagkoncentráció érték pedig akár 35 000 SZE/m<sup>3</sup> is lehet. A lerakótérben a mechanikai-biológiai hulladékkezelés után a lerakott hulladék környezetében mérhető legnagyobb szagkoncentráció érték megközelítőleg 6000 SZE/m<sup>3</sup>, a kezelés nélkül lerakott hulladék esetén pedig megközelítőleg 9000 SZE/m<sup>3</sup> (Lornage és Chiralac, 2004).

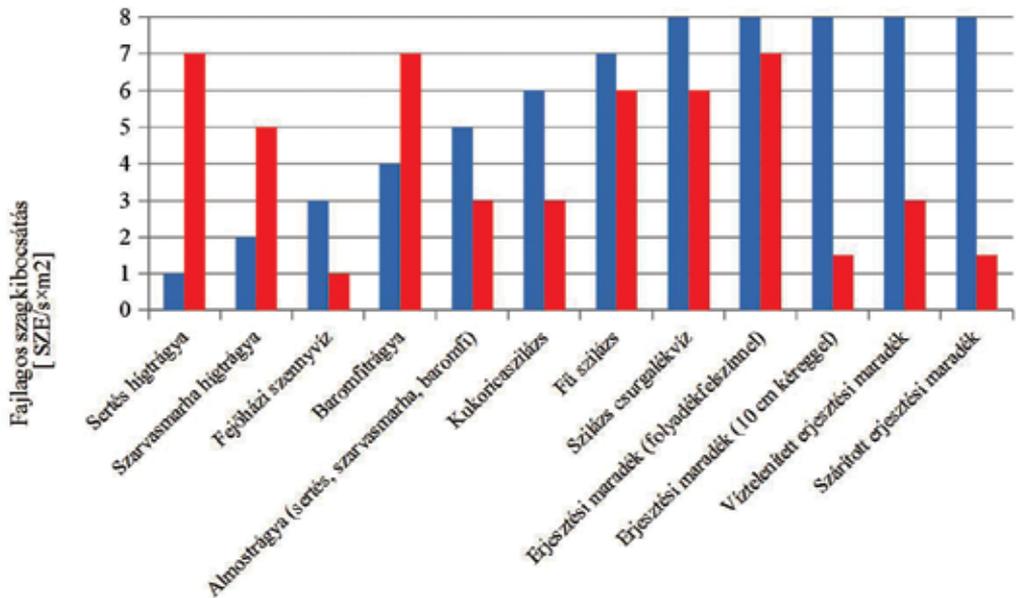
A biohulladékok anaerob kezelése során a biogáz üzemekben az egyes felületi szagforrásoknál (tárolt anyagok felületén) mérhető jellemző legnagyobb szagkoncentráció értékek a III.8.3. ábrán láthatók (Weber et al., 2013).



**III.8.3. ábra: Biogáz üzemekben az egyes felületi szagforrásoknál (tárolt anyagok felületén) mérhető jellemző legnagyobb szagkoncentráció értékek (Weber et al., 2013)**

A biogáz üzemekben található technológiai helyiségek (pl. szeparátor gépház) szintén jelentős szagkibocsátó források lehetnek. Az ezen épületekből kilépő levegőt a szagkibocsátás csökkentésére itt is célszerű szagtalanítani. Megfelelő szagtalanító berendezés alkalmazása esetén ezen forrásoknál a kibocsátott levegő szagkoncentrációja szintén jelentősen, akár 200 SZE/m<sup>3</sup> alá is csökkenthető (Emissionsfaktoren, 2011). Egyes országokban ezen technológiai létesítmények szagkibocsátására szagkibocsátási határértéket is előírnak (pl. Németország, TA-Luft, 500 SZE/m<sup>3</sup>).

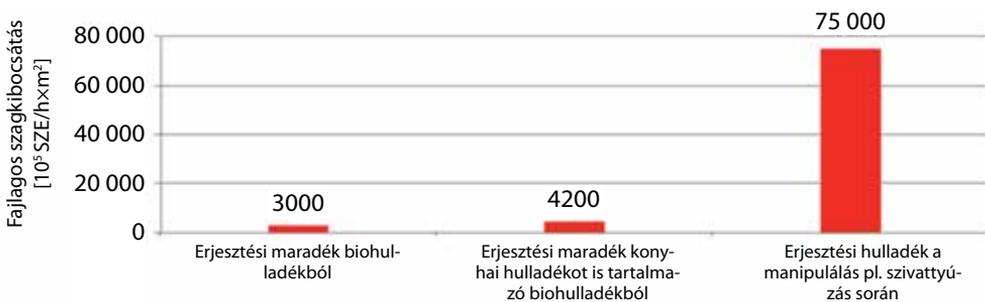
A biogáz üzemekben található felületi források fajlagos szagkibocsátására is nagy mennyiségű adat áll rendelkezésre a szakirodalomban, ezen fajlagos szagkibocsátási értékeket a III.8.4. ábrán mutatjuk be (Emissionsfaktoren, 2011).



**III.8.4. ábra: Biogáz üzemekben található felületi források fajlagos szagkibocsátása** (Emissionsfaktoren, 2011)

A III.8.7. ábrán bemutatott fajlagos szagkibocsátási eredmények is megerősítik, hogy az anaerob kezelés hatására a stabilizált erjesztési maradék szagkibocsátása jelentősen alatta marad a kiinduló, esetenként jelentős szaghatással jellemezhető alapanyagok szagkibocsátásának.

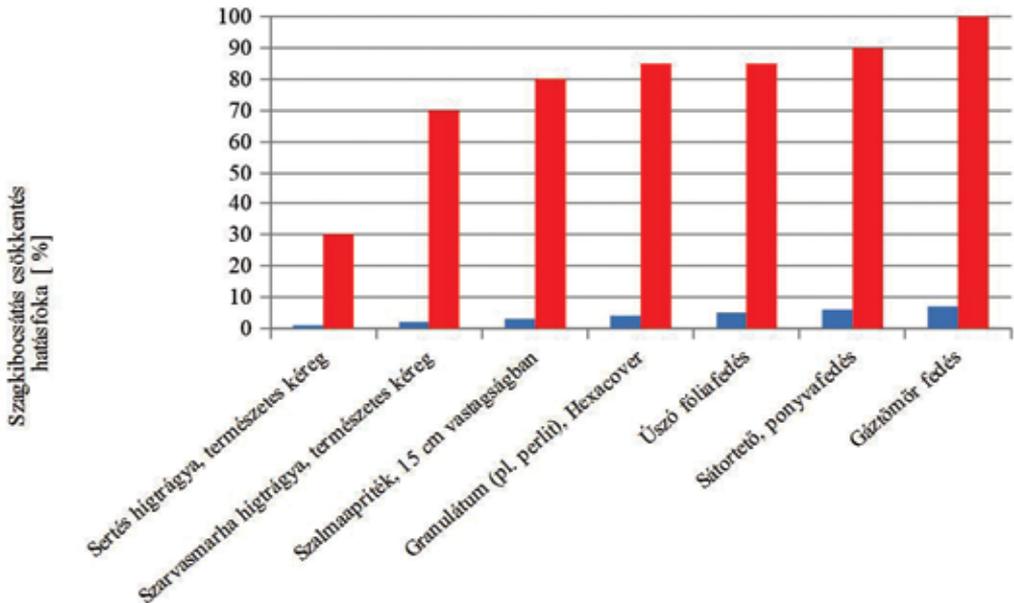
Erjesztési maradékok nyitott tárolása esetén az alapanyagok minősége és az erjesztési maradék állapota (pl. zavartalan felszínnel történő tárolás vagy éppen manipulálás, szivattyúzás) is befolyásolja a fajlagos szagkibocsátás nagyságát (III.8.5. ábra) (Plätzer, 2008).



**III.8.5. ábra: Erjesztési maradékok fajlagos szagkibocsátása** (Plätzer, 2008)

A biogáz üzemekben alkalmazott gázmotorok esetén a kibocsátott füstgáz jellemző szagkoncentrációja Otto-üzemű gázmotorok esetén 3000 SZE/m<sup>3</sup>, befecskendezéses dízelgázmotorok esetén 5000 SZE/m<sup>3</sup> (Emissionsfaktoren, 2011).

Nyitott tárolók esetén a várható legnagyobb szagkibocsátás csökkentési hatások különböző fedési módok esetén a III.8.6. ábrán kerül bemutatásra (Emissionsfaktoren, 2011). Az ábrán közölt adatok alapján megállapítható, hogy természetesen módon is kialakulhat a szagkibocsátás jelentős mértékű csökkenése (pl. hígtrágya esetén a természetes módon a folyadékfelszínen kialakuló kéreg esetén).



**III.8.6. ábra: Nyitott tárolók esetén a várható legnagyobb szagkibocsátás csökkentési hatásfok különböző fedési módok esetén** (Emissionsfaktoren, 2011)

### A szagkibocsátás csökkentése

A szagkibocsátás csökkentésére alkalmazható műszaki megoldások alapvetően két csoportba sorolhatók (Béres, 2000):

- aktív eljárások, amelyek esetén a szagkibocsátás csökkentését a környezeti levegőbe kerülő szaganyagok képződésének megakadályozásával érjük el (pl. az aerob kezelés esetén a megfelelő folyamatirányítással az anaerob lebomlási zónák kialakulását, így az erősen bűzös szaganyagok képződését akadályozzuk meg; az anaerob kezelés esetén pl. a fermentált anyag megfelelő kigázósításával az utótárolókba kerülő termékek szagkibocsátását csökkentjük); ide sorolhatók azon megoldások is, amikor nyitott, diffúz szagforrásokat (pl. anyag tárolás) zárttá teszünk, és jelentős szagkibocsátással járó technológiai lépéseket (pl. alapanyagok keverése, fermentum fázisszéttválasztása) zárt térben végzünk el;
- passzív eljárások (ún. csővégi – end of the pipe – eljárások), amelyeknél valamely leválasztó rendszer alkalmazásával akadályozzuk meg, hogy a már képződött szaganyagok a környezeti levegőbe kerüljenek.

A korábban említettnek megfelelően a szagkibocsátás elleni aktív védelemről beszélünk, ha a technológiai folyamatban a szagszennyező anyag keletkezési lehetőségeit csökkentjük, megakadályozzuk (pl. nyitott helyett zárt technológiai folyamattal, megfelelő alapanyag megválasztásával ill. az alapanyagok technológiai folyamatot befolyásoló jellemzőinek optimalizálásával, technológiai változtatással pl. komposztálás esetén az optimális levegőztető rendszer kialakításával és megfelelő üzemeltetésével). Az aktív védekezés lehetőségei igen széleskörűek, a szinte költség nélküli gondos üzemeltetéstől a teljes rekonstrukciót követelő technológia-váltásig. Amennyiben egy adott termelési tevékenységnél, technológiánál felmerül a szagkibocsátás elleni aktív védelem kérdése, az adott feltételek mellett kell megpróbálkozni a szakirodalomban részletesen tárgyalt, és a gyakorlatban már sikeresen kipróbált megoldások, technológiai átalakítások, üzemeltetési módosítások adaptálásával.

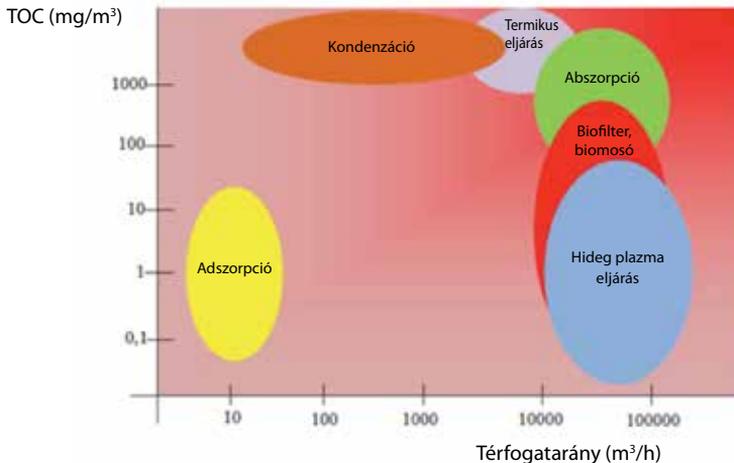
A biológiai hulladékkezelés esetén a szagkibocsátás tekintetében mindenképp szem előtt kell tartani, hogy a jelentősebb kibocsátás az anyagmozgatáshoz, manipuláláshoz köthető (rakodás, adagolás, keverés, átforgatás, szeparálás stb.). A komposztálás esetén pedig a legnagyobb szagkibocsátás az intenzív lebomlási szakaszban alakul ki (Alexa és Dér, 2001). Éppen ezért ezen technológiai tevékenységek ill. szakaszok esetén kell jelentős gondot fordítani a szagkibocsátás csökkentésére, lehetőség szerint zárt technológia alkalmazásával és a képződő szaganyagok megfelelő leválasztásával. Az üzemeltetés során a biohulladék feldolgozásakor a szagkibocsátás csökkentésére – a teljesség igénye nélkül – a következő helyes tervezési és üzemeltetési gyakorlatot alkalmazhatjuk:

- a beérkező alapanyagok lehetőség szerint zárt térben történő tárolása, gyors és folyamatos feldolgozása;
- amennyiben a zárt térben történő tárolás nem megoldható, akkor a nedvességtartalom növekedésével növekvő szagkibocsátást okozó alapanyagok és termékek (pl. baromfitrágya, víztelenített szennyvíziszap, a fermentum víztelenített szilárd fázisa stb.) fedett helyen történő tárolása, a csapadék nedvességtartalom növelő hatásának elkerülése;
- komposztálás esetén az alapanyagok megfelelő keverésével az érlelési folyamat hatékony lefolyását elősegítő összetétel, struktúra kialakítása;
- az aerob technológiák esetén (komposztálás, mechanikai-biológiai hulladékkezelés) a szagkibocsátás csökkentésére és a megfelelő folyamatszabályozás biztosítására membrántakaró alkalmazása;
- az anaerob kezelés esetén a szilárd és folyékony alapanyagok zárt rendszerben történő beadagolása és keverése;
- az aerob kezelés esetén a levegőztető rendszer megfelelő kialakításával és szabályozásával az anaerob zónák kialakulásának elkerülése;
- az anaerob technológiák esetén a fermentum zárt térben történő kigázosítása, a fázisszétválasztás zárt térben történő megvalósítása;
- az erjesztési maradékok zárt térben ill. lefedéssel történő tárolása;
- az alapanyagokkal szennyezett felületek (pl. keverőtér, közlekedő utak, kiürített tárolóterek) megfelelő tisztántartása;
- az egyes jelentős szaghatással járó technológiai lépések (bekeverés, forgatás, rostálás) megvalósítási időpontjának kijelölésekor – amennyiben ez lehetséges – a szaganyagok terjedését befolyásoló meteorológiai tényezők figyelembe vétele (pl. szélirány, inverziós állapotok).

A passzív szagkibocsátás csökkentési eljárások lényege, hogy a technológiai műveletek során keletkezett szaganyagokat a szagszennyezett technológiai levegőnek a környezetbe történő kilépeése előtt a légáramból különböző leválasztó berendezésekkel leválasztják. A szagkibocsátás csökkentésére alkalmas jellemző passzív eljárások a következők:

- adszorpció alkalmas szorbens anyagokon (pl. aktív szén tölteten);
- abszorpció, mosóeljárás vízzel, vagy egyéb oldatokkal;
- kondenzáció;
- oxidatív eljárás megfelelő oxidáló szerekkel (tisztá oxigén, ózon, hidrogén-peroxid);
- termikus véggáztisztítás;
- biomasó, bioszűrő alkalmazása;
- fedés, közömbösítés szagmegkötő, fedő anyagok alkalmazásával (pl. bepermetezéssel).

Az egyes szagcsökkentési eljárásoknak a kezelendő gáz szennyezettségétől és mennyiségétől függően alkalmazhatóságát mutatja be a III.8.7. ábra (Géczy és Béres, 2011).



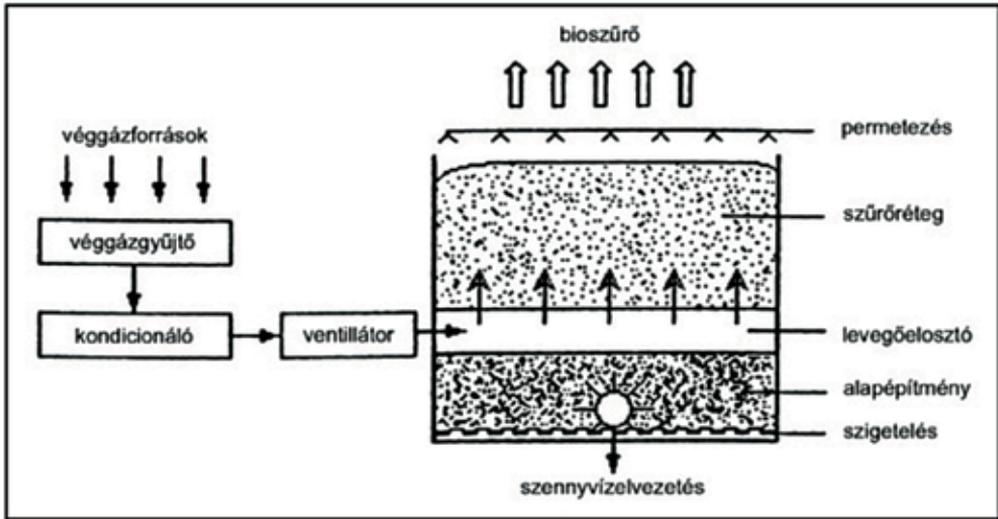
**III.8.7. ábra: A szagcsökkentési eljárásoknak a kezelendő gáz szennyezettségétől és térfogatáramától függő alkalmazhatósága (TOC – a kezelt levegő összes szerves szén tartalma) (Géczi és Béres, 2011)**

A biológiai hulladékkezeléssel foglalkozó létesítmények esetén az összegyűjtött szagszennyezett levegő szagtalanítására leggyakrabban a biológiai véggáz tisztítást alkalmazzák. A biológiai gáz-tisztításban a gázszennyezések lebontására mikroorganizmusokat alkalmaznak. Mivel a mikroorganizmusok élettevékenységéhez a víz nélkülözhetetlen, azok a biológiailag lebontható szennyezések eliminálhatók ezen a módon, amelyek vízben oldódnak.

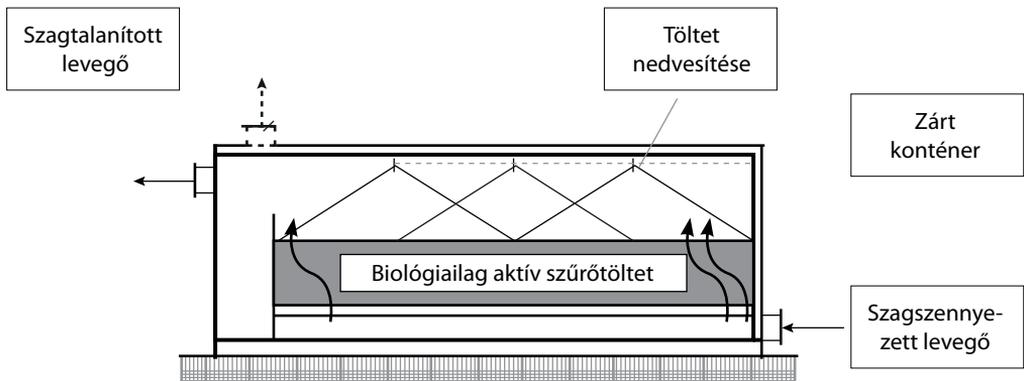
A módszer előnye, hogy a lebontás kis hőmérsékleten játszódik le. A lebontást végző mikroorganizmusok csak szűk pH-tartományban életképesek, ezért a megfelelő pH-tartásáról gondoskodni kell. Bizonyos szennyezésekre (pl. nehéz fémek) a baktériumok érzékenyek, ezek jelenlétében dezaktiválódnak vagy elpusztulnak.

A biológiai tisztítás vizes szuszpenzióban lévő vagy szilárd anyagon rögzített mikroorganizmusokkal történik. Rögzített mikroorganizmusokat a bioszűrők vagy biofilterek, szuszpenzióban lévő mikroorganizmusokat pedig a biomasók alkalmaznak. A lebontásra használt mikroorganizmusok a kezelt levegőből, a töltet anyagából, ritkábban a talajból származnak. Gyakran használnak véggáztisztítási célokra specifikus baktériumtörzseket is. A baktériumtörzsek a tölteten felszaporodnak, az adaptációs idő általában 2-4 hét. A biológiai eljárások elsősorban nagy gázmennyiségek biológiailag lebontható, kis koncentrációban jelen lévő szennyezéseinek eltávolítására alkalmasak. Használatuk olcsó, üzembiztos, társadalmilag a legjobban elfogadott. Melléktermékeinek ártalmatlanítása viszonylag kis többletköltséget igényel. A természetben előforduló szerves anyagok többsége a mikroorganizmusok számára lebontható és felhasználható.

A bioszűrő lehet ún. nyitott kialakítású ill. ún. konténer bioszűrő. A nyitott bioszűrő vázlatos felépítését a III.8.8. ábra, a konténerszűrő kialakítását a III.8.9. ábra mutatja be. Szűrőanyagként komposztot, rőzsét, szénát, tőzeget, fakérget, fanyesedéket, gyökérnyesedéket, kukoricacsutkát stb. alkalmazhatnak. Fontos megjegyezni, hogy biofilterek esetén kiemelten jelentős kérdés a megfelelő működés szempontjából a biofilterágy egyenletes terhelése, valamint a kezelt levegő megfelelő előkészítése (pl. portalanítása, nedvesítése), és ha szükséges, a töltet megfelelő nedvesítése (Géczi és Béres, 2011).



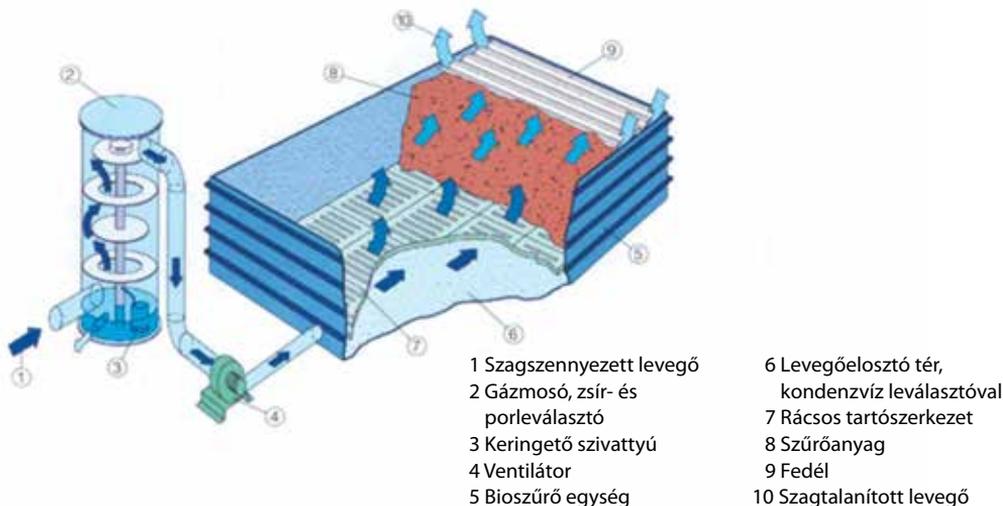
**III.8.8. ábra: A nyitott bioszűrő felépítése** (Géczi és Béres, 2011)



**III.8.9. ábra: A konténer biofilter felépítése** (Géczi és Béres, 2011)

Gyakorta alkalmazott szagkibocsátás csökkentési eljárás a biofiltereknek a gázmosókkal történő együttes alkalmazása. A biofilter előtt gázmosóval elvégezhető a biofilterbe belépő kezelendő gáz megfelelő kondicionálása és a biofilterek üzembiztos működését zavaró porszennyezés és a zsírok leválasztása. Erre a megoldásra mutat be példát a III.8.10. ábra (Fuchs Biofilter, 2015).





**III.8.10. ábra: Gázmosóval kombinált biofilter** (Fuchs Biofilter, 2015)

A bioszűrők a hagyományos abszorpciós eljárások és a szennyvíztisztítás összekapcsolása révén fejlődtek ki. Két lényeges eleme az elnyelő (abszorber, gázmosó) és az eleveniszapos tartály (bioreaktor), ahol az egyikben a szennyező anyag abszorpciója, a másikban az abszorbeált komponensek biológiai lebontása történik meg. Az abszorpciós toronyban az érintkezési fázisfelület, ezen keresztül az anyagátadás javítására valamilyen laza töltetet helyeznek el. A mosófolyadékban 1–15 g/dm<sup>3</sup> koncentrációban mikroorganizmusok találhatók. A szennyezett gáz károsanyag-tartalma ebben a mosófolyadékban nyelődik el, amelynek lebontása az eleveniszapos tartályban megy végbe. Az iszaptartályból a szennyezőt már nem tartalmazó oldatot visszavezetik az abszorberbe. A szennyező anyag tökéletes lebontásához szükséges oxigén jellemzően a tisztítandó, szagtalanítandó gázelegyből (technológiai levegőből) származik.

Nyitott, diffúz szagforrások esetén egyre gyakrabban alkalmazott eljárás a kibocsátott szaganyagoknak a szagforrások közvetlen környezetében ill. a telep telekhatárán történő fedése, közömbösítése. Az álcázó- vagy fedőanyagok olyan illatszerek, amelyek a kellemetlen szagot saját kellemes szagukkal elfedik. Alkalmazásukkal a szaganyag koncentráció általában tulajdonképpen nem csökken, az összhatás azonban az érzékelő számára elviselhetőbb: a zavaró bűz helyett kevésbé zavaró szag, az ellenanyag ill. a fedőanyag szaga érzékelhető. Némely fedőanyag, szagmegkötő anyag pl. a felületaktív anyagok és a növényi olajok (pl. fenyőolaj, eukaliptuszolaj) a szaganyagokat jellemzően szintén nem bontják el, de velük kémiai kapcsolatba lépve tulajdonságaikat (így az okozott szagukat is) megváltoztatják, ilyen értelemben ezek esetén elmondható, hogy a szaganyag koncentrációt különböző mértékben csökkentik. A módszer általában kis koncentrációban jelenlévő szaganyagok hatástalanítására is alkalmas. Előnye lehet a kis beruházási és az esetenként alacsony üzemeltetési költség, valamint az is, hogy a más módon nem kezelhető, pl. diffúz szagkibocsátó források esetén jelentősen csökkenteni lehet azok környezeti szaghatását. Ezen szagcsökkentési módszerre mutat be példát a III.8.11. ábra, amelyen a létesítmény határán ill. a jelentős szagkibocsátás eredményező technológiai lépés helyén kialakított, szagtalanítószer kipermetező rendszer ill. mobil berendezés látható.



**III.8.11. ábra: Szagtalanítószert kipermető rendszerek (AQUA-NÍVÓ Kft.)**

### **A szagkibocsátás jogi szabályozása**

A szagkibocsátással, a zavaró környezeti szaghatás értékelésével és annak megakadályozásával kapcsolatos alapvető kérdéseket a levegő védelméről szóló 306/2010. (XII. 23.) Korm. rendelet tárgyalja. A rendelet a zavaró környezeti szagok problémáját szigorúan szabályozza: kimondja, hogy tilos a levegő lakosságot zavaró bűzzel való terhelése. Ehhez kapcsolódva meghatározza, hogy bűzzel járó tevékenység az elérhető legjobb technika alkalmazásával végezhető. Ha az elérhető legjobb technika nem biztosítja a levegő lakosságot zavaró bűzzel való terhelésének megelőzését, további műszaki követelmények írhatók elő, például szaghatás csökkentő berendezés alkalmazása, vagy meglévő berendezés leválasztási hatásfokának növelése. Ha a levegő lakosságot zavaró bűzzel való terhelésének megelőzése műszakilag nem biztosítható, a bűzzel járó tevékenység korlátozható, felüggeszthető vagy megtiltható. Amennyiben a szagforrás üzemelése lakossági panaszokat okoz, úgy a légszennyező pontforrás által okozott bűzterhelés csökkentése érdekében a bűzzel járó tevékenységre szagegység/m<sup>3</sup>-ben kifejezett egyedi kibocsátási szagkoncentráció határérték írható elő. A szagkoncentráció meghatározására a rendelet alapján a MSZ EN 13725:2003 szabványt kell alkalmazni.

A rendelet foglalkozik a források körül kialakítandó védelmi övezet kérdésével is. Kimondja, hogy bűz kibocsátással járó környezeti hatásvizsgálat köteles vagy egységes környezethasználati engedély köteles tevékenységek, illetve létesítmények esetében a bűzterhelőnek védelmi övezetet kell kialakítania. A védelmi övezet méretét a legnagyobb teljesítmény-kihasználás és kedvezőtlen terjedési viszonyok (különösen az uralkodó szélirány, időjárási viszonyok) mellett, a domborzat, a védőelemek és a védendő területek, építmények figyelembevételével a légszennyező forrás határától számított, legalább 300, legfeljebb 1000 méter távolságban lehatárolt területben határozza meg. Meglévő telephelyen tervezett új légszennyező forrás esetében a környezetvédelmi hatóság (felügyelőség) a védelmi övezet kijelölése során az előírt 300 méternél kisebb távolságot is meghatározhat, amennyiben valamennyi levegővédelmi követelmény teljesül (azaz várhatóan a kisebb védelmi övezet határán kívül nem alakul a lakosságot zavaró bűzhatás). A védelmi övezetet úgy kell kijelölni, hogy abban nem lehet lakóépület, üdülőépület, oktatási, nevelési, egészségügyi, szociális és igazgatási épület, kivéve a telepítésre kerülő, illetve a más működő légszennyező források működésével összefüggő építményt. A védelmi övezet kialakításával és fenntartásával kapcsolatos költségek a bűzterhelőt terhelik.

### **Porkibocsátás**

A biológiai hulladékkezelés során a megfelelő üzemviteli állapotok biztosítása mellett jelentős porkibocsátás – a jellemzően magas nedvességtartalom miatt – nem alakul ki (Alexa és Dér, 2001). Az alacsonyabb nedvességtartalmú alapanyagok (struktúra anyag, baromfitrágya, szilázs) tárolása, az anyagok kezelése, anyagmozgatása során (szállítás, leürítés, aprítás, prizmák felrakása, keverése, rostálás) azonban megnövekedhet a porkibocsátás, ennek mértéke a 30 %-os nedvességtartalom alatt már kritikussá válhat. Ezen üzemszempontok és technológiai folyamatok esetén a porkibocsátás mértéke a

következő megoldások alkalmazásával csökkenthető:

- az alapanyagok, segédanyagok és a kész termék (komposzt) szállítása során fedett gépjárműveket kell alkalmazni;
- a kiporzásra hajlamos alapanyagok, segédanyagok tárolását, aprítását, bekeverését, a komposzt telephelyen belüli tárolását, kiszerezését fedett, szélvédett helyen kell megvalósítani;
- a porképződés és a porkibocsátás csökkentésére a komposztálás esetén a forgató berendezéseket, rostákat megfelelő porvédő burkolattal kell ellátni;
- komposztálás esetén az átforgatásra kerülő anyag megfelelő nedvességtartalmának biztosítása;
- az egyes megnövekedett porkibocsátást eredményező munkaműveleteket lehetőség szerint az aktuális szélállapotok figyelembe vételével, szélcsendes időszakban kell elvégezni;
- a szabadban üzemelő szállítószalagokat megfelelő burkolattal zárttá kell tenni, a burkolatok alatti légtér elszívásáról, az elszívott levegő portalanításáról megfelelően gondoskodni kell;
- a rakodási, anyagmozgatási műveletek során kis esési magasságok biztosítása;
- a porszennyezett zárt terekből elszívott levegőt a környezetbe történő kibocsátás előtt portalanítani kell;
- a telephelyen belüli közlekedési utakat, tároló, kezelő felületek tisztántartásáról, portalanításáról megfelelő gyakorisággal kell gondoskodni;
- a telephely körül, hasonlóan az egyéb környezeti hatások pl. zajhatás, szaghatás mérsékléséhez, a porkibocsátás csökkentésére védő növényssávot célszerű telepíteni.

### **Csírakibocsátás**

A biológiai hulladékok kezelése során a levegőbe történő kibocsátások között kiemelt figyelmet kell fordítani az alapanyagokból és technológiai folyamatokból történő – esetenként humán egészségügyi szempontból kockázatot jelentő, fertőzést, allergiát vagy mérgezést okozó – csírák, életképes mikroszervezetek (baktériumok, gombák, vírusok) kibocsátására is. Ezen kibocsátás munkaegészségügyi és környezeti veszélyeinek elkerülésére és csökkentésére mind az alkalmazott technológia megválasztása és üzemeltetése, mind az építészeti megoldások kiválasztása, mind a tárolási-szállítási technológia kialakítása során megfelelő gondot kell fordítani. Az eddigi vizsgálati tapasztalatok alapján megállapítható, hogy a porkibocsátás csökkentése a csírák (bioaeroszolok) kibocsátásának jelentős mértékű csökkentését is eredményezi, hiszen ezen, esetenként jelentős humán egészségügyi kockázatot is jelentő szennyezők jelentős része a kibocsátott porszemcsékhez tapadva jut a munkahelyi légtérbe ill. a környezeti levegőbe.

A biohulladék kezelő létesítményekből származó csírakibocsátás a kibocsátott csírák fajtáját és mennyiségét tekintve a felhasznált alapanyagok minőségétől, a kezelés módjától és a távozó szennyezett levegő kezelési módjától függ. A létesítmény közelében a környezeti levegőben meghatározható csíraszám és az életképes mikroszervezetek fajtája nagyban függ az időjárási viszonyoktól, az évszaktól és a környezeti klímajellemzők alakulásától (pl. környezeti levegő hőmérséklete, nedvességtartalma, a sugárzási viszonyok, szélviszonyok). Az alapanyagok manipulálása során és az intenzív lebomlási szakaszban – összefüggésben a szagkibocsátással – jellemzően a csírakibocsátás is nő. Ebből következően a szagkibocsátás csökkentésére alkalmazott módszerek sok esetben egyben a csírakibocsátás csökkenését is eredményezik, bár a szagcsökkentést szolgáló berendezések esetén fokozott gondot kell fordítani arra, hogy a berendezések töltetén ill. a leválasztott anyagokban az ott megtelepülő, felszaporodó mikroszervezetek ne jelentsenek másodlagos szennyező forrást. A biohulladék kezeléséről és a komposztálás műszaki követelményeiről szóló 23/2003. (XII. 29.) KvVM rendelet 2. mellékletében leírtaknak megfelelően a biohulladék kezelése során gondoskodni kell az emberre, állatra, valamint kultúrnövényekre patogén mikroorganizmusok higiénés feltételeket kielégítő mértékű elpusztításáról.

Fontos megjegyezni, hogy a csírák által okozott munka- és környezet egészségügyi kockázat mér-

téke, a kialakuló hatások jellege nagyon sok tényezőtől függ. A kialakuló hatásokat alapvetően befolyásolja az érintett személyek alapvető egészségügyi állapota, kora, egyéb meglévő betegségek miatt meglévő nagyobb érzékenyséjük, szociális körülményeik, az egyéb fennálló egészségügyi rizikófaktorok jellege és mértéke (Kompost-Biogás, 2015).

### **III.8.2. Talaj és talajvíz**

A biohulladék kezelő létesítmények üzemelése során a képződő csurgalékvizekhez, az elszennyeződött csapadékvízhez, a technológiai folyamatok során képződő kondenzvízhez köthetően a talaj és felszíni, felszín alatti vizek szennyezésének veszélye is kialakulhat. Ennek elkerülésére a korábban említett 23/2003. (XII. 29.) KvVM rendeletben leírtaknak megfelelően a biohulladék kezelő telepek esetén biztosítani kell a csurgalékvíz földtani közegbe való bejutását megakadályozó burkolattal ellátott terület kialakítását és a csurgalékvíz megfelelő elvezetését, összegyűjtését.

A képződő vizek a következő forrásokból származhatnak (Alexa és Dér, 2001):

- a tárolt, kezelt anyagokból kiperéselt víz;
- az endogén, a biokémiai átalakulások során keletkező víz;
- az exogén, a csapadékból származó, a tárolt és kezelés alatt álló anyagokon átjutott, az esetlegesen szennyezett szállítási útvonalokról származó víz;
- a tetőkről, a fedett létesítményekről származó, szennyező anyagokkal nem érintkező csapadékvíz;
- a különböző technológiai létesítmények tisztítása során képződő vizek.

A csurgalékvizek a származási helyüktől, képződésüket eredményező folyamattól függően más-más szennyezettségűek lehetnek, a bennük megjelenő jellemző szennyezőanyagok az oldott ill. lebegő szerves anyagok, szilárd szennyezők, sók, és egyéb, az alapanyagokhoz, technológiai folyamatokhoz köthető szennyezőanyagok (pl. ammónia, olajszármazékok, nehézfémek stb.). Amennyiben a kezelőtelep kialakítása, az alkalmazott technológia lehetővé teszi, az egyes vizeket célszerű elkülönítve gyűjteni, és a szennyezettségi jellemzőik figyelembe vételével elkülönítetten kezelni. Megfelelő tárolókapacitás esetén az összegyűjtött csurgalékvizek visszavezethetők a technológiai folyamatokba (a komposztálásra összeállított keverék, a nyitott prizmák nedvesítése ill. anaerob rendszerek esetén a fermentum nedvességtartalmának beállítása). Gyakori megoldás, hogy az elkülönítetten gyűjtött nem szennyezett vizek (pl. a a tetőkről, a fedett létesítményekről származó, szennyező anyagokkal nem érintkező csapadékvíz) elkülönítetten kerülnek összegyűjtésre, és tűzvízként tárolásra.

A biohulladék kezelő üzemek esetén az alkalmazott tartályok (adagolók, fermentorok, tárolótartályok) sérülése esetén szintén fennállhat a földtani közeg, a felszín alatti víz szennyeződése. Ennek megakadályozására ezen berendezéseket szivárgás érzékelőkkel, szivárgásmentes szerelvényekkel (pl. tolózárrakkal) kell felszerelni. Ezen tartályok meghibásodásának esetére részletes havária tervvel kell rendelkezni, és a meghibásodás esetén a tervben szereplő intézkedéseket kell végrehajtani.

A talajra ill. a talajvízre gyakorolt hatásokat a biohulladék kezelő létesítmények esetén a terület földtani, vízföldtani tulajdonságainak és a terület morfológiájának figyelembe vételével kialakított talajvíz figyelő rendszer segítségével lehet nyomon követni. Ezen rendszer keretében kialakított talajvíz figyelő kutak esetén a létesítmény feltételezhető környezeti hatásainak ill. a terület alap terheltségének figyelembe vételével lehet meghatározni a mintavételek gyakoriságát és a vizsgált szennyező komponensek körét.

### **III.8.3. Csurgalékvíz kezelési technológiák**

A korábban leírtaknak megfelelően a biohulladék kezelő létesítményekből származó csurgalékvizek, csapadékvizek különböző szennyezettségűek lehetnek. Ezen csurgalékvizek visszavezethetők a technológiai folyamatokba, anaerob rendszerek esetén az alapanyagok ill. a komposztálódó anyagok megfelelő nedvességtartalmának biztosítására ill. anaerob rendszerek esetén technológiai vízként. Amennyiben erre teljes mértékben nincs mód, a csurgalékvizek összegyűjtésük után

szennyezőanyag-tartalmuktól függően úgy kezelendők, mint bármely szennyvíz. Ha a csurgalék-víz szennyezőanyag-tartalma ezt lehetővé teszi, akkor megfelelő előkezelés, például ülepítés után engedélyezett befogadóba vezethető; ha a biológiailag bontható szennyezőanyag-tartalma azt szükségessé teszi, akkor a kezelésre-ártalmatlanításra a biológiai szennyvíztisztítás bármelyik fajtája megfelel, de célszerű valamely kis fenntartási és üzemeltetési költségű természet közeli eljárás alkalmazása. Ha biológiailag nem lebontható szennyezőanyagok vannak a csurgalékvízben, akkor a szokásos fizikai-kémiai eltávolítási módszereket, illetve fizikai-kémiai vagy biológiai stabilizálási, szűrési módszereket alkalmazhatjuk.

#### **III.8.4. Zajszennyezés, munkavédelmi szempontok**

A biohulladék kezelő létesítményekben különböző mobil berendezések (erőgépek, rakodógépek, aprítóberendezések, rosták, forgatóberendezések stb.) és stabilan telepített gépek (szellőztető ventilátorok, szivattyúk, szállítópályák, keverők stb.) okozhatnak kisebb-nagyobb mértékű zajkibocsátást. További zajforrás lehet a telephelyen belüli közlekedés és a telephelyen belüli ill. a telephelyen kívüli területen a beszállítást és kiszállítást végző járművek (Kompost, 2015). A zajkibocsátás mértéke természetesen alapvetően függ az alkalmazott technológiai gépesítettségétől, a telep feldolgozási kapacitásától.

A biohulladék kezelő létesítmények esetén is be kell tartani a zajkibocsátás mérésére ill. korlátozására vonatkozó általános előírásokat. A zajkibocsátás csökkentésére az egyéb zajkibocsátással járó technológiáknál is jellemző műszaki, építészeti, telepítési, passzív védekezési módszerek alkalmazhatók:

- a zajkibocsátást okozó berendezések kiválasztásakor a munkaegészségügyi és környezetvédelmi zajkibocsátási határértékek szem előtt tartása;
- a zajos technológiák lehetőség szerint zárt térben történő megvalósítása, és ezen zárt terekben a zajjal kapcsolatos munkaegészségügyi előírások betartása;
- a szabadban üzemelő zajos technológiai berendezések zajvédő burkolattal történő felszerelése, amennyiben ez nem lehetséges, megfelelő zajárnyékolás biztosítása;
- a berendezések üzemeltetése, karbantartása során a zajkibocsátás mértékének szem előtt tartása;
- a gépek, berendezések, létesítmények időszakos zajvédelmi felülvizsgálata;
- az egyes zajos munkafolyamatok időpontjának kiválasztásakor figyelembe kell venni az általános vagy helyi előírásokat, a zaj terjedésének szempontjából is nagy jelentőségű az éppen uralkodó szélesebb és szélirány;
- a kibocsátott zaj terjedésének gátlása a telekhatáron belül ill. telekhatáron kívül megfelelő zajvédő fal, zajvédő növényzóna alkalmazásával;
- a többi eddig említett levegőbe történő kibocsátás káros hatásai elleni védelemhez hasonlóan a káros környezeti zajhatások elleni védelem szempontjából is jelentős fontosságú a technológia telepítési helyének megfelelő megválasztása, a szükséges méretű védelmi övezet kialakítása a védendő objektumok irányában

#### ***Munkavédelmi kérdések***

A biohulladék kezelő létesítményekben az ott folytatott technológiai műveletek, lejátszódó folyamatok ill. az alapanyagok és termékek jellegéből adódóan munkavédelmi szempontból a következő veszélyforrások jellemzőek:

- az alkalmazott gépek, berendezések okozta mechanikai veszélyek, villamos veszélyek, hőhatás okozta veszély, zaj-rezgés okozta veszély, porszennyezett levegő okozta veszély;
- alapanyagok, termékek és folyamatokból fakadó biológiai veszélyek, amelyek a korábban leírtaknak megfelelően allergiás problémákat, fertőzést, mérgezést okozhatnak;
- a létesítményekben felhasznált, alkalmazott gyúlékony, maró, mérgező veszélyes anyagok.

Alapvetően hangsúlyozni kell, hogy a vonatkozó munkavédelmi szabályok következetes betartásával-betartatásával, a munkavégzést végző személyek megfelelő tájékoztatásával, képzésével az ezen veszélyforrások okozta sérülések, fertőzések, mérgezések, munkabalesetek többségében elkerülhetők. A biohulladék kezelő létesítmények esetén fenti veszélyforrásokkal kapcsolatos legfontosabb általános és specifikus munkabiztonsági, munkavédelmi intézkedések a következők:

- a dolgozókkal meg kell ismertetni a munkavédelmi szabályokat, és meg kell győzni őket azok szükségességéről; a munkavédelmi tájékoztatás, oktatás célja a munkavédelmi szakmai ismeretek átadása, azok szinten tartása, az elsajátított ismeretek időszakos ellenőrzése;
- a különböző veszélyhelyzetek szakszerű kezelésére alkalmas intézkedési tervek kidolgozása és alkalmazása;
- a műszaki berendezések biztonságos és egészséget nem veszélyeztető kialakítása és üzemeltetése;
- munkaegészségügyi alkalmassági és ellenőrző vizsgálatok rendszeres elvégzése;
- a szükséges védőoltások megfelelő rendszerességgel történő, térítésmentes biztosítása;
- a végzett tevékenység jellegének megfelelő egyéni védőeszközök (védőruha, munkavédelmi lábbeli, munkavédelmi védőkesztyű, védőszemüveg, hallásvédő tok, porvédő álarc, légzésvédő maszk stb.) biztosítása, ezek rendeltetészerű használatának ellenőrzése;
- a védőruha megfelelő gyakoriságú tisztítása, a védőruha és egyéb védőfelszerelések szükség szerinti cseréje;
- a por, csíra és szagszennyezésnek kitett zárt terek megfelelő szellőztetése, a szellőztetőrendszerek rendszeres ellenőrzése, tisztítása, karbantartása;
- a munkagépek kezelőterének megfelelő klimatizálása, szellőztetése; a megfelelően szűrt szellőztető levegő biztosítása, a klimatizáló, szűrő rendszer időszakos tisztítása, karbantartása;
- a veszélyes, fertőző anyagokkal, porral szennyezett terek, berendezések megfelelő gyakoriságú tisztítása, fertőtlenítése;
- a dohányzás, étkezés rendjének megfelelő szabályozása, ezen szabályok betartásának ellenőrzése;
- az illetéktelen személyek munkakörnyezetben tartózkodásának szabályozása, tiltása, ellenőrzése.

### **Tűzvédelmi kérdések**

A biogáz üzemek esetén az előállított biogáz okozta tűz- és robbanásveszély miatt külön foglalkozni kell a tűzvédelmi kérdésekkel (Bukovics, 2008). A biogázüzem "A" vagy "B" tűzveszélyességi osztályba tartozó helyiségeiben hasadó-nyíló felületet kell kialakítani a vonatkozó előírásoknak megfelelően, kivéve, ha a helyiség beépített tűzjelző és tűzoltó berendezéssel van ellátva, továbbá a helyiségben megfelelő gázkoncentráció érzékelő van elhelyezve A biogázüzem teljes területén - kivéve az "E" tűzveszélyességi osztályba tartozó valamint a szabadtéri területeket - beépített tűzjelző berendezést indokolt kiépíteni. A biogázüzem létesítése, átalakítása, használata során meg kell tartani a villamos és villámvédelmi berendezésekre vonatkozó hatályos előírásokat. A túlfeszültség elleni védelemről gondoskodni kell. Amennyiben a biogáz letárolásra és/vagy palackozásra kerül, a technológia során alkalmazandó tűz- vagy robbanásveszélyes készülék, gép, berendezés beépítéséhez, használatához tűzvédelmi megfelelőségi tanúsítványt kell beszerezni. A technológia során alkalmazott berendezéseken, a biztonsági szerelvényen keresztül eltávozó gázt oly módon kell elvezetni, hogy az tüzet vagy robbanást ne okozzon. Az "A" vagy "B" tűzveszélyességi osztályba tartozó berendezések épületben történő telepítése esetén, a vészlefúvatás az épületen kívül történjen. A berendezést magába foglaló helyiségbe gázkoncentráció érzékelőt szükséges telepíteni, mely az alsó robbanási határérték 20 %-ánál hallható és látható módon jelzést ad, indítva a vészszellőzést, a 40 %-ának elérésekor az üzemeltető által előírt - a technológiának megfelelő - szükséges beavatkozásokat elindítja (Bukovics, 2008).

Az "A" vagy "B" tűzveszélyességi osztályba tartozó berendezések technológiai elválasztására (a berendezések elé és mögé) egy esetleges tűz vagy robbanás továbbterjedését megakadályozó bizton-

sági szerelvényt indokolt beépíteni. Az üzem automatikus vezérlése (folyamatirányítás) úgy legyen kialakítva, hogy üzemzavar esetén a berendezések manuálisan is irányíthatók legyenek. A rendszer az üzemzavart hang-, és fényjelzéssel is jelezze. Az irányítóhelyiségben jól láthatóan fel kell tüntetni az üzemzavar esetén értesítendőek elérhetőségét. A gázürítő szerelvényeket a véletlen továbbá az illetéktelen kinyitás ellen védeni kell. A technológiai berendezések karbantartása során a karbantartónál legyen hordozható metángáz érzékelő készülék. A biogázüzem dolgozóinak az 57/2005.(XI.30.) BM rendelet szerinti tűzvédelmi szakvizsgával kell rendelkezniük. A biogázüzem dolgozóit a munkábalépés előtti tűzvédelmi oktatáson túl félévente szükséges tűzvédelmi továbbképzésben részesíteni (Bukovics, 2008).

A biogázüzem építményeinek védelmében előírt, egy esetleges tűz, robbanás vagy egyéb károsító hatás kialakulásának megakadályozásához szükséges védőtávolságokat kell kialakítani. A védőtávolságon belül tilos az éghető anyag tárolása, a dohányzás, fás szárú növény termesztése, villamos légvezeték, oszlop, 400 V feletti villamos berendezés elhelyezése, közvetlenül a technológiához nem kapcsolódó építmény elhelyezése, közmű elhelyezése. A védőtávolságon belül nyílt lángot használni, szikrát okozó vagy egyéb tűzveszélyes tevékenységet folytatni csak érvényes, az alkalmoszerű tűzveszélyes tevékenységre kiadott engedélyben meghatározottak szerint lehet (3/2009. (II. 4.) ÖM Rendelet).





# Referenciák

1. Adler, E., 2001: Réflexions sur pollution organique et recyclage. *Techniques Sciences Methods* 7-8: 76-80.
2. Ádori, Cs., 2007. Ubiquitin-proteaszóma rendszer komponensek és a HSP72 lokalizációja kontroll és neurodegeneratív agyszövetben. ELTE TTK, Budapest, pp. 9-37. (doktori (PhD) értekezés).
3. Agriculture and Agri-food Canada, 2004. Non-food/Non-fed Uses for Agricultural Products-Phase 2 and 3 Summary – March 31.
4. Ahmed, I., Gupta, A.K., 2010. Pyrolysis and gasification of food waste: Syngas characteristics and char gasification kinetics. *Applied Energy* 87, 101-108.
5. Alexa, L. – Dér, S.: Szakszerű komposztálás: Elmélet és gyakorlat. Gödöllő: Profikomp Kft., 2001. 264 p. (Profikomp könyvek)
6. Alexa, L., Dér, S., Hartman, M., 2003. A szerves anyagok komposztálása és a komposztok felhasználása. In: Ángyán, J. (szerk.), 2003. Védett és érzékeny természeti területek mezőgazdálkodásának alapjai. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
7. Amlinger, F. et al.: Stand der Technik der Kompostierung. Richtlinie des Bundesministeriums für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Umwelt und Wasserwirtschaft, 2005.
8. Andre Kamptner, O. Mientkewitz and G. Schubert: The electrostatic separation of PVC containing waste, Proceedings of the XX. International Mineral Processing Congress, Aachen, Germany, September 21-26, 1997. Szerk.: Heinz Hoberg, Harro von Blottnitz., 403-413.
9. Antal, T., Kerekes, B., 2011: Az agrárlogisztika kiszállítási tevékenységének vizsgálata és fejlesztése. *Logisztikai Híradó*, XXI. Évfolyam 4. szám, 27-30. p.
10. Árvai, J.: Hulladékgazdálkodási kézikönyv; Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1992.
11. Arvanitoyannis, I. S., 2008. ISO 14000: A Promising New System for Environmental Management or Just Another Illusion? In: Arvanitoyannis, I. S. (ed.), *Waste Management for the Food Industries*. Food Science and Technology, International Series. Elsevier Academic Press, Amsterdam. pp. 39-96.
12. Arvanitoyannis, I. S., 2008. ISO 14040: Life Cycle Assessment (LCA) – Principles and Guidelines. In: Arvanitoyannis, I. S. (ed.), *Waste Management for the Food Industries*. Food Science and Technology, International Series. Elsevier Academic Press, Amsterdam. pp. 97-132.
13. Averous, L., Boquillon, N., 2004. Biocomposites based on plasticized starch: thermal and mechanical behaviours. *Carbohydrate Polymers* 56:111-122.
14. Balázs, G., Bugyi, Zs., Gergely, Sz., Hegyi, A., Hevér, A., Salgó, A., Tömösközi, S., 2011. Élelmiszeranalitika gyors és automatizált módszerei. Nemzeti Tankönyvkiadó [http://www.tankonyvvar.hu/en/tartalom/tamop425/0011\\_2A\\_5\\_modul/adatok.html](http://www.tankonyvvar.hu/en/tartalom/tamop425/0011_2A_5_modul/adatok.html)
15. Bálint, B., 2008. Fehérjékben gazdag állati hulladékok felhasználása biohidrogén termelésére. Ph.D. tézisfüzet. SZTE TTIK Biotechnológiai Tanszék, MTA SZBK Biofizikai Intézet. Szeged.
16. Bálint Tóth, J., 2012. Húliszt: etetni vagy égetni? – interjú Mézes Miklós takarmányozástan professzorral. Agrárágazat. Mezőgazdasági havilap. (<http://www.pointernet.pds.hu/ujzagok/agraragazat/2012/03/2012051019361464800000943.html>)
17. Balla, Cs., Siró, I. 2007. Élelmiszer-biztonság és minőség I. Mezőgazda kiadó, Budapest. pp. 120-156.
18. Balogh, G., Samay, G.: Abroncs hulladék újrahasznosítási lehetősége *Műanyag és gumi*, 1996. 33. évfolyam, 10. szám
19. Balthazár, Zs. (1993): A veszélyes hulladék biztonságos lerakása, Árvai J. (szerk.): *Hulladékgazdálkodási kézikönyv*, pp. 480-499.
20. Bánhegyi, I. (1993): *Biológiai hulladékkezelés, Hulladékgazdálkodás* (szerk.: ÁRVAI J.), Műszaki Könyvkiadó, pp. 390-423.
21. Bánhidy, J.: *A szemétegetés légszennyezési kérdései*, Országos Műszaki Információs Központ és Könyvtár, Budapest, 1991.
22. Barótfi, I. (szerk.), 2003. *Környezettechnika*. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
23. Barótfi, I. (szerk.), 2000: *Környezettechnika kézikönyv*. Mezőgazda Kiadó, Budapest
24. Berecz, Endre: Használt és hulladék akkumulátorok és galvánelemek környezetvédelmi szempontból helyes kezelése. Bp. Műszaki és Gazd.tudományi E. 1997.
25. Berecz, Endre: Használt és hulladék akkumulátorok és galvánelemek környezetvédelmi szempontból helyes kezelése / Berecz Endre. - Bp.: OMIKK, 1997. - 52 p.: ill.; 20 cm. - (Környezetvédelmi füzetek; 1997/21.)
26. Béres, A.: A szaghatás csökkentési lehetőségei. In: *Környezettechnika*. Szerk.: Barótfi I., Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest, 2000.
27. Béres, A.: Összefüggések a szag kibocsátás és a baromfitartási technológiák között. Doktori értekezés, Gödöllő, 1997., 127 p.

28. Besenyi, D., 2012. A tejipari szennyvíztisztítás bemutatása debreceni tejüzemben, és az alkalmazott részleges biológiai szennyvíztisztítás elemzése. Szent István Egyetem. Mezőgazdaság és Környezettudomány Kar – Környezetmérnök szak, Gödöllő. pp. 33-38. (diplomamunka)
29. Bilitewski, B.-Härdtle, G.-Marek, K. (1990): Abfallwirtschaft, Springer Verlag, Erich Schmidt Verlag
30. Boholt, K – Oxbøl, A.: Odour measurement on composting plants with biodegradable municipal waste – experience with different sampling techniques. dk-Teknik Energy and Environment, Copenhagen, CEM 2002 no.3
31. Boros, T-né: A hulladékok újrahasznosítása az elektronikai iparban. Környezetvédelemi füzetek. OMMIK, 2000 augusztus
32. Böhm, J. – Csöke, B. – Kovács, T.: Electrostatic Separation of the Components of Electronic Scrap. 7. Seminar Verfahrenstechnik. TU Berlin 1999,p.37-46
33. Brandl, H. (1989): Geotechnische und bauliche Aspekte bei der Neuanlage von Abfalldeponien, Österreichische Ingenieur- und Architekten-Zeitschrift, 134. Jg. H.3. pp. 123-163.
34. Brandl, H. (1989): Zur Standortwahl von (Sonder-) Mülldeponien, Österreichische Ingenieur- und Architekten-Zeitschrift, 134. Jg. H. 1., pp. 10-20.
35. Brauer, H (Hrsg): Handbuch des Umweltschutzes und der Umweltschutztechnik. Band 2, Springer, Berlin, 1995.
36. Bukovics, I.: Ajánlás a biogáz kezelő létesítmény létesítésének és üzemeltetésének tűzvédelmére. 2008., [www.muszakiforum.hu](http://www.muszakiforum.hu)
37. Byg, I., Diaz, J., Øgendal, L.H., Harholt, J., Jørgensen, B., Rolin, C., Svava, R., Ulvskov, P., 2012. Large-scale extraction of rhamnogalacturonan I from industrial potato waste. Food Chemistry 131(4): 1207-1216.
38. Cerich, V., Gonzales, L.: Use of shredded tires as lightweight backfill material for retaining structures Waste Management and Research, 14.k. 5.sz. 1996. p. 433-451
39. Chesebro, B. 2003. Introduction to the transmissible spongiformencephalopathies or prion diseases. British Medical Bulletin 66: 1-20.
40. Christensen, Th. H., Kjeldsen, P. (1989): Basic biochemical process in landfills Sanitary Landfilling (ed.: CHRISTENSEN, TH.H.-COSSU, R.-STEGMANN, R.), Academic Press, pp. 29-48.)
41. Cox, A. – Fray, D.J.: Recycling of cadmium from domestic, sealed NiCd Battery waste by use of chlorination. Trans. IMM, Sect.C. Vol.10, Sept-Dec.1999pp.C153-158
42. Csapó, J., Csapóné Kiss, Zs., 2002. Tej és tejtermékek a táplálkozásban. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
43. Csapó, J., Csapóné Kiss, Zs., 2003. Élelmiszer-kémia. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
44. Cserhádi, M., 2013. Mikotoxinok biodegradációjára képes mikroorganizmusok szelekciója és alkalmazása. SZIE Gödöllő, pp 9-27. (doktori (PhD) értekezés).
45. Csomagolási és Anyagmozgatási Országos Szövetség, 2013. Magyar Csomagolási Évkönyv. CSAOSZ, Budapest. <http://csaosz.hu/phocadownload/evkonyv/evkonyv13.pdf>
46. Csöke, B. (szerk): Hulladékgazdálkodás; Környezetmérnöki Tudástár, HEFOP 3.3.1-P-2004-0900152/1.0 azonosítójú „A Felsőoktatás szerkezeti és tartalmi fejlesztése” című pályázat keretében Pannon Egyetem – Környezetmérnöki Intézet, 2011.
47. Csöke, B. – Egyedi, Cs.: Autóhulladék-komponensek száraz szétválasztásának kísérleti vizsgálata. BKL Kohászat, (1994) 127.évf. 11-12.sz. p. 478-481.
48. Csöke, B. – Böhm, J. – Tarján, I.: Separation of scrap and other wastes in air-flow. Gospodarka Surowcami Mineralnymi, Polska. Akademia Nauk, Kraków. 1995/4, Tom11. p.480-491.
49. Csöke, B. – Böhm, J.: A hulladék, mint nyersanyag. Miskolci Egyetemi Közleményei. A sorozat, Bányászat, 62. kötet. Egyetemi Kiadó, Miskolc, 2002.p.: 9-34.
50. Csöke, B. – Olessák, D.: A hulladékgazdálkodás általános kérdései, alapelvei. Szakmai ismeretterjesztő füzetek a települési hulladékgazdálkodással foglalkozók számára (1. sz. füzet). Környezetvédelmi Minisztérium. 2002
51. Csöke, B. – Papp, G. – Sárvári, J. – Antal, G. – Nyitrai, S.: Entwicklung einer Rotorscherefamilie in der Jászberényer Zerkleinerungsmaschinenfabrik AG. Freiburger Forschungshefte, 1997. A840.p.111-121.
52. Daeik Kim, Michael Quinlan, Teh Fu Yen (2009): Encapsulation of lead from hazardous CRT glass wastes using biopolymer cross-linked concrete systems, Waste Management 29, 321-328
53. Daniel, D. E., Bowders, J. J. (1996): Waste containment systems by geosynthetics. State of the art report, Proc. 2nd Int. Conf. of Environmental Geotechnics, Osaka, Balkema, Rotterdam
54. Domokos, E. 2008: Környezetmérnöki tudástár. 12. kötet: Hulladékgazdálkodás. Pannon Egyetem, Veszprém, 75-77. p.
55. Dr. Bokányi, Ljudmilla – Csöke, Éva: Hulladékgazdálkodás-7.5.3. Műanyag és gumi hulladékok feldolgozása és hasznosítása, digitális tananyag, Hulladékonline szakmai oldal, 2011., web: <http://hulladekonline.hu/files/177/>
56. Dr. Muksi, Gábor: Hulladékgazdálkodás -7.6. Üveghulladékok előkészítése és hasznosítása, digitális tananyag, Hulladékonline szakmai oldal, 2011., web: <http://hulladekonline.hu/files/177/>
57. Dr. Tamás, Ferenc: Szilikátipari Kézikönyv, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1982.
58. Dufour, A., Bartram, J., Bos, R., Gannon, V. 2012. Animal Waste, Water Quality and Human Health. World Health Organization, IWA Publishing, London, pp. 17-115.

59. Farkas, F.: A műanyagok és a környezet; 2000; Budapest; Akadémiai kiadó; 345:250-339.
60. Farkas, J., 1977. Malomipari technológiák. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
61. Fehér, Gy.: Települési hulladékok eltávolítása és hasznosítása, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1977.
62. Fehér, L.: Veszélyes hulladékok, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1984.
63. Field III., F.R. – Clark, J. P.: Automobile Recycling: Environmental Policymaking in a Constrained Marketplace. JOM – JOURNAL OF THE MINERALS METALS AND MATERIALS SOCIETY 1994. Vol. 46. ISSUE 4. p. 17-21.
64. Fischer, K.: Bioreaktor zur Abluftreinigung einer Kompostierungsanlage im mesophilen und thermophilen Temperaturbereich. In: VDI Berichte Nr. 1104, 1994. p. 181-191.
65. Förstner, U.: Környezetvédelmi Technika; Springer-Verlag, Budapest-Berlin, 1991.
66. Franzius, V. (1987): Bedeutung von Oberflächenabdichtungen für Gas-und Wasserhaushalt von Deponien, Fortschritte der Deponietechnik. Abfallwirtschaft in Forschung und Praxis, pp. 167-173. Erich Schmidt Verlag.
67. Fricke, K. –Müller, W. – Hake, J. - Turk, T. – Wallmann, R. – Ziehmman, G. – Müller, G.: Verfahren und Aggregate zur mechanischen Aufbereitung. Mechanische und biologische Verfahren der Abfallbehandlung. ATV-Handbuch. Ernst & Sohn A Wiley Company (Ed.: Loll, U). Hennef, 2001, ISBN 3-433-01470-1.p.149-205
68. Gacsályi, B. 2013: Hálózatok esszé, RFID. A rádiófrekvenciás azonosító rendszerek. Szegedi Tudományegyetem, Szeged, 1-6. p.
69. Gáspár, M., 2009. Kukorica maghéj frakcionálása, a frakciók szerkezetének és hasznosítási lehetőségeinek vizsgálata. Alkalmazott Biotechnológia és Élelmiszertudományi Tanszék, Budapesti Műszaki- és Gazdaságtudományi Egyetem, Budapest
70. Géczí, G. – Béres, A.: Levegőtisztaság-védelem. Egyetemi jegyzet, SZIE MKK, Gödöllő, 2011. 138 p.
71. Gekas, V. & Nikolopoulou, M. 2007. Introduction to Food Waste Treatment: The 14001 Standards. In: Oreopoulou, V. & Russ, W. (eds.): Utilization of By-products and Treatment of Waste in the Food Industry. Springer, New York. pp. 15-29.
72. Gerardi, M.H. and Zimmerman, M.C. 2005. Wastewater Pathogens (Wastewater Microbiology Series) John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, pp. 21-95.
73. Gustavsson, J., Cederberg, C., Sonesson, U., van Otterdijk, R., Meybeck, A. 2011. Global Food Losses and Food Wastes: Extent, Causes and Prevention. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
74. Gyarakı, Z., 2002. HACCP rendszerek kialakításának tapasztalatai. Consact Minőségfejlesztési és Tanácsadó Iroda, Budapest.
75. Győri, Z. (szerk.), 2002. Minőségirányítás az élelmiszergazdaságban. Primom, Nyíregyháza.
76. Győrökös, I., Forgó, I., Vágvolgyi, S., 2011. Állattartás I. Nyíregyházi Főiskola (jegyzet).
77. Gyulavári, I., 2004. Szennyvíztisztítás az élelmiszeriparban. Agrárágazat Mezőgazdasági havilap. 2004. szeptember <http://www.pointernet.pds.hu/ujzagok/agraragazat/2004-ev/09/agrarag-21.html>
78. Gyulavári, I., 2005. Korszerű szennyvíztisztítás az élelmiszeriparban. Vízellátás, csatornázás, pp. 70-71.
79. Halmı, Gy.: Kábelhulladék szétválasztási technológiájának kidolgozása. (Diplomaterv. 1991). Miskolci Egyetem, Eljárástechnikai Tanszék
80. Hans J. L. van der Valk, Wijnand L. Dalmijn, Willem P.C. Duyvesteyn: Eddy-current separation methods with permanent magnets for the recovery of non-ferrous metals and alloys. Erzmétall 41 (1998) Nr.5, p. 266-274.
81. Hargitai, M., 2012. Élelmiszer-hulladék: erkölcstelen és okatlan pazarlás. Tudatos Vásárló Magazin 25. szám, 2012.11.08. (<http://tudatosvasarlo.hu/cikk/elelmiszer-hulladek-erkolcstelen-es-oktalan-pazarlas-1>)
82. Hartman, M.: Hulladékgazdálkodás alapjai; Egyetemi jegyzet, SZIE, 2011
83. Hegedűs, M., Schmidt, J., Rafai, P., 1998. Állati eredetű melléktermékek hasznosítása. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
84. Hegóczki, J., Vereczkey, G., Pándi, F., 2011. Élelmiszeripari szennyvíztisztítás intenzifikálása starter kultúrákkal. KÉKI témabeszámoló. 2011. április 14. <http://www.keki.hu/sites/default/files/HegoczkiJ.pdf>
85. Herrero, M., Laca, A., Díaz, M., 2013. Life Cycle Assessment Focusing on Food Industry Wastes. In: Kosseva, M.R., Webb, C. (eds.). Food Industry Wastes. Assesement and Recuperation of Commodities. Academic Press, Elsevier Science & Technology Books. pp. 265-280. (ezt átküldtem)
86. Heuzé, V., Sauvant, D., Tran, G., Lebas, F., 2014. Brewers grains. Feedipedia.org. A programme by INRA, CIRAD, AFZ and FAO. <http://www.feedipedia.org/node/74>
87. Hoffman, L., Józsa, Zs., Nemes, R.: Üveghulladékból könnyűbeton adalékanyag, Építőanyag, 55. évf., 1. szám, 2003, pp 13-17.
88. Holló-Szabó, P., 2006. Útmutató HACCP rendszer kialakításához és alkalmazásához. Tájékoztató segédanyag. ÁOGYTI Takarmányellenőrzési Főosztály, Budapest.
89. <http://www.pointernet.pds.hu/ujzagok/transpack/2003-ev/03-jun-jul/tra-08.html>
90. Huang, P. – Meloy, T.P. – Marabini, A. – Allese, V.: Recycling Power Cables Using Particle Shape. Proceedings of the International Symposium on Waste Processing and Recycling in Mineral and Metallurgical Industries (Editors: Rao, S.R.-Amaratunga, L.M.-Richards, G.G.-Kondos, P.D.). Vancouver, British Columbia August 20-24, 1995. p. 235-244

91. Huiting Shen, R. J. Pugh and E. Forssberg (2001): Floatability, selectivity and flotation separation of plastics by using a surfactant (www.sciencedirect.com)
92. Ishikau, U.S., Pang, K. W., Lee, W. S., Mohd. Ishak, Z. A.: *European Polymer Journal*; 38; 2002; 393-401.
93. ISO 14001:2004 Környezetközpontú irányítási rendszerek. Követelmények és alkalmazási irányelvek.
94. ISO 14040:2004 Környezetközpontú irányítás. Életciklus értékelés. Alapelvek és keretek.
95. ISO 14044:2004 Környezetközpontú irányítás. Életciklus értékelés. Követelmények és útmutatók.
96. ISO 22000:2005 Élelmiszer-biztonsági irányítási rendszerek. Az élelmiszerláncban résztvevő szervezetekre vonatkozó követelmények.
97. ISO 9000:2005 Minőségirányítási rendszerek. Alapok és szótár.
98. ISO 9001:2008 Minőségirányítási rendszerek. Követelmények.
99. Jackel, H. – Schubert, G.: Die Zerkleinerung der Abfälle mittels Rotorscheren. *Freiberger Forschungshefte*, 1997. A840.p.82-98
100. Jong, M. L., Jung, S. L.: Pyrolysis of waste tires with partial oxidation in a fluidizedbed reactor *Energy*, 20.k. 10.sz. 1995.p. 969-976
101. Józsa, G., Hetényi, R., Raincsák, Gy., 1990. Veszélyes hulladéklerakó-telepek országos hálózata, fejlesztésének földtani megalapozásához szükséges módszertani javaslat, MÁFI, Kézirat
102. Kádár, Gy., 1982. Borászat. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
103. Kállai, A., 2012. Energia megtakarítást célzó beruházás a Fehérje Feldolgozó ZRt debreceni gyárában. Miskolci Egyetem Gazdaság Tudományi Kar, Miskolc (szakdolgozat).
104. Kárpáti, Á. (szerk.), 2007. A szennyvíztisztítás alapjai. [http://ttk.nyme.hu/fldi/Documents/Farsang Ágota/Vízkezelés/szennyvíztisztítás.pdf](http://ttk.nyme.hu/fldi/Documents/Farsang%20Ágota/Vízkezelés/szennyvíztisztítás.pdf)
105. Kellereessel, H.: Setzmaschinen, besonders für Recyclingaufgaben - Möglichkeiten, Grenzen, Bauarten -Aufbereitungs-Technik 34 (1993) Nr.10, p. 521-530.
106. Kertész, Gy., Mann, T., 1993. A hulladék végső elhelyezése, *Hulladékgazdálkodási kézikönyv* (szerk.: Árvai J.), pp. 424-458. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
107. Keszthelyi, D., Vönöczky, B. 2009: Modern technológiák alkalmazása a hulladékszállítási rendszerben. *Környezetvédelem*, 2009/5. sz., 30-31. p.
108. Kingspohn, U., Bader, J., Kruse, B., Kishore, P. V., Schugerl, K., Kracke-Helm, H. A., Likidis, Z. 1993. Utilization of potato pulp from potato starch processing. *Process Biochemistry* 28: 91-98.
109. Kirchmayr, R., Resch, C., Mayer, M., Prechtl, S., Faulstich, M., Braun, R. & Wimmer, J., 2007. Anaerobic Degradation of Animal By-Products. In: Oreopoulou, V. & Russ, W. (eds.): *Utilization of By-products and Treatment of Waste in the Food Industry*. Springer, New York. pp. 159-191.
110. Kiss, E. Z., Imre, B., Pukánszky, B., 2010. Cellulóz-acetát reaktív lágyítása ε-kapolaktonnal – a katalizátor-tartalom hatása az ojtási reakcióra. *Műanyag és Gumi* 47 (4): 156-159.
111. Kiss, G. (1992): Szilárd kommunális hulladékok felszíni elhelyezése. Miskolci Egyetem, Hidrogeológiai Mérnökgeológiai Tanszék.
112. Kiss, J. Állati eredetű melléktermékek komposztálása, hasznosítása. Atevszolg Zrt. ([www.vitigroup.hu/.../allati-eredetu-mellektermek.ppt](http://www.vitigroup.hu/.../allati-eredetu-mellektermek.ppt))
113. Knapp, Oszkár Dr., Dr. Korányi, György: *Üvegipari Kézikönyv*, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1964.
114. Koch, P. – Kasper, P.: Zerlege- und Aufbereitungstechnik für Elektroaltgeräte und Elektronikschrott. *Aufbereitungs-Technik* 37 (1996) Nr.5, p. 211-219.
115. Kocsis, I., 2005. Komposztálás. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest.
116. Kónya, K., 1999. Élelmiszeripari hulladékok gyűjtése, ártalmatlanítása, hasznosítása. Phare Program HU-94.05. Szarvas (jegyzet).
117. Kosseva, M.R. 2013. Introduction: causes and challenges of food wastage. In: Kosseva, M.R., Webb, C. (eds.). *Food Industry Wastes. Assesment and Recuperation of Commodities*. Academic Press, Elsevier Science & Technology Books. pp. XV-XXIV.
118. Kosseva, M.R. 2013. Sources, characterization, and composition of food industry wastes. In: Kosseva, M.R., Webb, C. (eds.). *Food Industry Wastes. Assesment and Recuperation of Commodities*. Academic Press, Elsevier Science & Technology Books. pp. 37-60.
119. Kothari, R., V.V. Tyagi, A. Pathak, 2010. Waste-to-energy: A way from renewable energy sources to sustainable development. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 14 (9): 3164-3170.
120. Kovács, L.: *Egészségügyi hulladékok kezelése (oktatási segédlet)* 2002.
121. Kovács, A., Boruzs, A., 2013: A regionális hulladékgazdálkodási rendszerek hulladékgyűjtési és -szállítási módozatai. Széchenyi István Egyetem, Győr, 6-8. p.
122. Kovács, G., László, L., 1998. Az emberi prionbetegségek. *Lege Artis Medicinae* 8: 476-484.
123. Kovács-Weber, M., 2008. A T-2 toxin lipidperoxidációs folyamatokra és a glutation redox rendszerre, valamint az immunrendszer egyes elemeire kifejített hatásának vizsgálata brojlersirkében. *SZIE Gödöllő*, pp. 7-30. (dok-

- tori (PhD) értekezés).
124. Kurdon, J., Ujszászi, J., Simonyi, M-né, 1986. Keményítő és szeszesital-gyártás. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
  125. KvVM, 2005. Útmutató az elérhető legjobb technika meghatározásához a cukorgyártás terén. Környezetvédelmi és Vízügyi Minisztérium, Környezetbiztonsági Főosztály, Budapest
  126. Lábody, J.: Bevezetés a veszélyes hulladékok égetésének technológiájába I. – IV.; Ipar a Környezetért Alapítvány. 1995.
  127. Lábody, J.: Termikus hulladékkezelés, Zimler T. (szerk): Hulladékgazdálkodás, Tertia Kiadó, Budapest, 2003. pp. 275-309.
  128. Lábody, J.: Veszélyes hulladékok égetése, korszerű égetőművek üzemeltetése I. - II.; Budapest; NETI Kft. 2000.
  129. Ladányi, R. 2013: Szelektív hulladékgyűjtő szigetek optimális kiszolgálása térinformatikára épülő járatszerkesztéssel. Ph.D. értekezés, Miskolci Egyetem, Miskolc, 18-19. p.
  130. Langer, Zs., Orbán, S., 2006. Biopolimerek: eljött az idejük? Műanyagipari Szemle, 2. szám. <http://www.muanyagipariszemle.hu/2006/02/biopolimerek-eljott-az-idejuk-14.pdf>
  131. László, G.: A gumiabroncs-hulladék képződés és az újrahasznosítás helyzete a fejlett ipari országokban és hazánkban Műanyag és gumi, 1995. 32. évfolyam, 1. szám
  132. Lásztity, R., Törley, D. (szerk.), 1987. Élelmiszer-analitika. I-II. kötet: Az élelmiszer-analitika elméleti alapjai. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
  133. Léder, F-né, Németh, I., Lajos, J., Mohos, F., Zsigmond, A., Boros, I., Völgyi, L., 1997. Környezeti hatások felmérése a gabona-, malom-, sütő-, édes- és cukoriparban különös tekintettel a melléktermékek, hulladékok kérdésére és a vízminőség védelemre. [http://mek.oszk.hu/09800/09809/pdf/zold\\_belepo\\_33.pdf](http://mek.oszk.hu/09800/09809/pdf/zold_belepo_33.pdf)
  134. Lee, C. K. M., Chan T. M., 2009: Development of RFID-based Reverse Logistics System. Expert Systems with Applications, Vol. 36, 9299–9307. p.
  135. Lornage, R. – Chiralac, R.: Investigation on municipal solid waste gases composition and the olfactory nuisances generated. In: VDI Berichte Nr. 1850, 2004. p. 101-112.
  136. Lörcks, J., 1998. Properties and applications of compostable starch-based plastic material. Polymer Degradation and Stability 59: 245-249.
  137. Lundqvist, J., C. de Fraiture and D. Molden. 2008. Saving Water: From Field to Fork – Curbing Losses and Wastage in the Food Chain. SIWI Policy Brief. SIWI, 2008.
  138. Lux, F., 2003. Élelmiszeripari szennyvizek tisztítása. Transpack, csomagolási, anyagmozgatási Magazin 2003. június-július
  139. Malloy, M.: Rolling tires into rubber Waste Age, 28.k. 6.sz. 1997.p. 85-89
  140. Mani, R., Bhattacharya, M.: European Polymer Journal; 37; 2001; 515-526.
  141. Marriott, N.G., Gravani, R.B. 2006. Principles of Food Sanitation. Springer Science + Business Media, Inc., New York. pp. 16-70.
  142. Máthé, Cs-né, 2007. A bioműanyagok jelene és jövője. Műanyagipari Szemle, 2. szám. <http://www.muanyagipariszemle.hu/2007/02/a-biomuanyagok-jelene-es-jovoje-11.pdf>
  143. Mayer, F., 1998. Potato pulp: properties, physical modification and applications. Polymer Degradation and Stability 59 (1-3): 231–235.
  144. Mechanikai-biológiai eljárás technikai rendszer a szilárd települési hulladék kezelésére. (Zárójelentés). Készült a „Komplex kommunális hulladékkezelési rendszer kidolgozása” KMFP 00032/2001 pályázati projekt megvalósítása keretében. Vertikál Rt., Miskolc Egyetem Eljárás technikai Tanszék, Profikomp Kft., Köztisztasági Egyesülés
  145. Medrow, W. – Harkort, W. – Juergens, C.: Erfahrungen bei der Ermittlung von Geruchsmissionen verursacht durch Flächenquellen. In: Staub – Reinhaltung der Luft, 53. k. 11. sz. 1993. p. 413-418.
  146. Meggyes, T., 1994. Oberflächenabdichtungssysteme, BAM Bundesanstalt für Materialforschung und – Prüfung, Forschungsbericht 201. Deponieabdichtungssysteme, pp. 173-185. Verlag für neue Wissenschaft GmbH, Bremerhaven
  147. Melikoglu, M., Webb, C. 2013. Use of waste bread to produce fermentation products. In: Kosseva, M.R., Webb, C. (eds.). Food Industry Wastes. Assesment and Recuperation of Commodities. Academic Press, Elsevier Science & Technology Books. p. 63-76.
  148. Mena, C., Adenso-Diaz, B., Yurt, O., 2011. The causes of food waste in the supplier–retailer interface: Evidences from the UK and Spain. Resources, Conservation and Recycling 55:648-658.
  149. Mengjun, Chen, Fu-Shen, Zhang, Jianxin, Zhu, 2009. Lead recovery and the feasibility of foam glass production from funnel glass of dismantled cathode ray tube through pyrovacuum process, Journal of Hazardous Materials 161, 1109-1113
  150. Meyer-Pittroff, R.; Stammel, V., 2001: Thermische Verwertung von Produkten der Tierkörperbeseitigungsanlage. VDI-Berichte 1622: 1-9.
  151. Mézes, M., 2001. Takarmányártalmak, takarmánytoxikológia. SZIE tantárgyi összefoglaló, Gödöllő.

152. Mohanti, A.K., Misra, M., Hinrichsen, G., 2000. Biodegradable polymers and biocomposites: an overview. *Macromolecular Materials and Engineering*, 276/277:1-24.
153. Molnár, K.: A környezetvédelem eljárásai és berendezései (oktatási segédlet), 1994.
154. Molnár, L., 2014. Biohulladék-gyűjtés Európában. *Zöld Ipar Magazin*. IV. évf.: 12-13.
155. Mózer, M., Pálmai, Gy.: *Környezetvédelem alapjai*, Nemzeti Tankönyvkiadó, 1999.
156. Münk, G., Hegler – Mennig, G., 1989. Abdichtung von Mülldeponien. *Kunststoff*, Vol. 79. No. 4. pp. 352-358.
157. Műszaki Információ. Hulladékok és másodnyersanyagok hasznosítása. 1996, 9. szám Különbéféle műanyag hulladék-hasznosító eljárások ökológiai értékelése
158. Nádásdi, J., Nádásdi, Józsefné, 2003. Minőségirányítási ismeretek mezőgazdasági és élelmiszeripari kis-és közép vállalkozások számára (Mezőgazdasági szakmodul). Tanfolyami jegyzet. Nyíregyházi Főiskola, KTI, Nyíregyháza.
159. Nagy, G. (szerk.), 2002. Hulladékgazdálkodás. Széchenyi István Egyetem, Győr (egyetemi jegyzet).
160. Nagy, G., Bulla, M., Hornyák, M., Vagdalt, L., 2002: Hulladékgazdálkodás. Széchenyi István Egyetem, Győr, 99-109. p.
161. Niederdränk, J. – Wirtgen, Chr. – Heil, J.: Untersuchungen zur thermischen Veredlung mechanisch-biologisch aufbereiteter Restabfälle. *Aufbereitungstechnik*, Vol.44. 2003. Nr. 2. p.32-39
162. Ódor, G. (1993): Műanyag hulladékok újrahasznosításának fő irányai és technológiái. *Műanyag és gumi*, 1993, 30. évfolyam, 11. szám.
163. Odusanya, O. S., Ishiaku, U. S., Azemi, B. M. N., Manan, B. D. M., Kammer, H. W.: *Polymer Engineering and Science*; 40; 2000; 1298-1305.
164. Odzuck, W., 1987. Meddig szennyezhető a Föld? *Környezetterhelésről*. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, p. 256.
165. Olessák D., 1993. Hulladékkezelési eljárások, *Hulladékgazdálkodási kézikönyv* (szerk.: Árvai J.), 8. fejezet, *Műszaki Könyvkiadó*, Budapest.
166. Oreopoulou, V., Tzia, C., 2007. Utilization of plant by-products for the recovery of proteins, dietary fibers, antioxidants, and colorants. In: Oreopoulou, V. & Russ, W. (eds.): *Utilization of By-products and Treatment of Waste in the Food Industry*. Springer, New York.
167. Országos Hulladékgazdálkodási Terv 2009-2014. OHT-II. ([http://www.kvvm.hu/cimg/documents/OHT\\_II\\_febr\\_18.pdf](http://www.kvvm.hu/cimg/documents/OHT_II_febr_18.pdf))
168. Országos Hulladékgazdálkodási Terv 2014-2020.
169. Örvös, M.: Ártalmatlanítás termikus eljárásokkal, Csöke B (szerk): *Hulladékgazdálkodás; Környezetmérnöki Tudástár*, HEFOP 3.3.1-P-2004-0900152/1.0 azonosítójú „A Felsőoktatás szerkezeti és tartalmi fejlesztése” című pályázat keretében Pannon Egyetem – Környezetmérnöki Intézet, 2011. pp. 148-188.
170. Palotásiné Gyöngyösi, Á., 2008. A fenntarthatóság élelmiszerlánc szemléletű megközelítése. [www.techplatform.hu](http://www.techplatform.hu)
171. Panda, H. 2011. *The Complete Book On Managing Food Processing Industry Waste*. Chapter 26. Canning and food processing wastes as feedstuffs and fertilizers. Asia Pacific Business Press Inc., Delhi. pp. 332-359.
172. Pándi, F., 2008. A környezetterhelés néhány aktuális kérdése az élelmiszeriparban. *Alkoholmentes Italok* 2:37-41. [http://www.italipar.hu/archivum/2008\\_2/37\\_41.pdf](http://www.italipar.hu/archivum/2008_2/37_41.pdf)
173. Papócsi – Réthy, K., 2012. A likopin felszívódása, hasznosulása és gyakorlati szerepe tojómadarak takarmányozásában (japán fűrjén végzett modellkísérletek). *Doktori értekezés*. Szent István Egyetem, Gödöllő.
174. Pari, L. 2001. Energy production from biomass: the case of Italy. *Renewable Energy* 22 (1-3): 21-30.
175. Plätzer, M.: *Neue Erkenntnisse zur Geruchsproblematik bei Biogasanlagen*. TÜV Nord Umweltschutz GmbH & Co. KG. Vortrag am 23.10.2008 beim Landesumweltamt Brandenburg
176. Pokol, Gy., Gyurcsányi, E. R., Simon, A., Bezúr, L., Horvai, Gy., Horváth, V., Dudás, K. M., 2011. *Analitikai kémia; Typotex Kiadó*, Budapest.
177. Prof. Dr Csöke, Barnabás, Dr. Bóhm, József, Dr. Mucsi, Gábor: *Hulladékgazdálkodás -7.3. Elektronikai és elektrotechnikai hulladékok feldolgozása, digitális tananyag*, *Hulladékonline szakmai oldal*, 2011., web: <http://hulladekonline.hu/files/177/>
178. PTE TTK Biológiai Intézet, 2005. *Molekuláris biológiai gyakorlatok*. Pécsi Tudományegyetem, Pécs (egyetemi jegyzet).
179. Pukánszky, B., 2003. *Műanyagok*, BME Műanyag- és Gumiipari Tanszék, 2003.
180. Pukánszky, B., Müller, P. 2011. *Műanyagok*. Typotex Kiadó, Budapest
181. Rácz, L., 2010: *Az RFID technológia bemutatása*. Állami Nyomda Nyrt., 13. p.
182. Rader, C. P., Lemieux, M. A.: *The recycle of plastics and rubber –a contrast* *Rubber World*, 216. k. 2. sz. 1997. p. 24-29
183. Ragnar, W. 2001. *Mitverbrennung von Tiermehl*. *Umwelt* 4-5: 10-11.
184. Ramke, H. G., 1991. *Hydraulische Beurteilung und Dimensionierung der Basisentwässerung von Deponien fester Siedlungsabfälle*, Leichtweiss-Institut für Wasserbau der TU Braunschweig, Mitteilungen, H. 114. p. 326.
185. Rasla, R.M., Janorkarc, A.V., Hirt, D.E., 2010. Poly(lactic acid) modifications. *Progress in Polymer Science* 35: 338-356.
186. Raveendran, K., Ganesh, A., 1996. Heating value of biomass and biomass pyrolysis products. *Fuel* 75: 1715-1720.

187. Ray, C., Chan, P. C., 1986. Removal of heavy metals from landfill leachate: an overview. *Int. Sym. on Environmental Geotechnology* (Ed.: Fang, H. Y.), Vol. I., pp. 113-126., Envo Publishing Comp.
188. Recycling - Metals 2001. p. 62.1 -62.13.
189. Regulation (EC) No 1774/2002 of the European Parliament and of the Council of 3 October 2002 laying down health rules concerning animal by-products not intended for human consumption
190. Ribizsár, Z., Győri, P., 2001. ISO 9001–2000. Értelmezés és megvalósítás. IMSYS Vezetési Tanácsadó Kft., Budapest.
191. Romhányi, G., Lovák, L., 2011: Költséghatékony köztisztasági rendszer. PPT előadás, Innotransz Mérnöki Iroda Kft.
192. Russ, W., Schnappinger, M., 2007. Waste Related to the Food Industry: A Challenge in Material Loops. In: Oreopoulou, V. & Russ, W. (eds.): *Utilization of By-products and Treatment of Waste in the Food Industry*. Springer, New York. pp 1-13.
193. Schenkel, W., 1974. Die geordnete Deponie von festen Abfallstoffen, Theoretische Grundlagen und praktische Durchführung, Beihefte zu Müll und Abfall, H.9.
194. Schmid, G., 1992. Deponietechnik, Vogel Buchverlag.
195. Schmidt, J. (szerk.), 2003. A takarmányozás alapjai. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
196. Schubert, G.: *Aufbereitung der NE-Metallschrotte und NE-metallhaltigen Abfälle*. Teil 1. *Aufbereitungstechnik*. 991. Nr.2. p. 78.
197. Schubert, G. – Warlitz, G.: *Sortierung von Metall-Nichtmetall-Gemischen mittels Koronawalzenseider*. *Aufbereitungs-Technik* 35 (1994) Nr.9, p. 449-456.
198. Schubert, G.: *Processing of scrap and metallic ferrous waste material -communities and specialities by contrast with mineral raw material processing XVII*. *International Mineral Processing Congress*, Dresden, September 23-28, 1991.
199. Schubert, G.: *Vorlesung für ungarische Fachleuten „Aufbereitung der kommunalen Abfälle“*. TU Bergakademie Freiberg. 15-19. Juli 1997
200. Schubert, G.: *Zum Trennmerkmal bei der Wirbelstromsortierung*. *Aufbereitungs-Technik* (2001) Nr.9, p. 411-419.
201. Schubert, G.: *Aufbereitung der NE-Metallschrotte und NE-metallhaltigen Abfälle – Teil 1*. *Aufbereitungs-Technik* 32 (1991) Nr.2, p. 78-89.
202. Schubert, G.: *Aufbereitung der NE-Metallschrotte und NE-metallhaltigen Abfälle – Teil 2*. *Aufbereitungs-Technik* 32 (1991) Nr.7, p. 352-357.
203. Schulz, H., Eder, B., 2005. *Biogázgyártás*. Cser Kiadó, Budapest.
204. Shilev, S., Naydenov, M., Vancheva, V., Aladjadjijan, A., 2007. *Composting of food and agricultural wastes*. In: Oreopoulou, V., Russ, W. (eds.), *Utilization of By-Products and Treatment of Waste in the Food Industry Volume 3*. Springer, New York, pp 283-301.
205. Simon, L., 1999. *Környezetvédelmi analitikai eljárások* (4.3. fejezet). In: *Talajszennyeződés, talajtisztítás*. (Szerk.: Simon, L.). KMG-5. kötet. *Környezetgazdálkodási Intézet*, Budapest. 70-74 old.
206. Sipos, G., 2006. *Élelmiszer-biztonsági irányítási rendszerek szabványai: az ISO 22000-es szabványcsalád. Minőség és megbízhatóság* 4.
207. Sipos-Kozma, Zs., Szigeti, J., Varga, L., Ásványi, B. 2010. *Clostridium perfringens* spórák hőtűrésének vizsgálata, *Acta Agraria Kaposváriensis* 14 (1): 81-89.
208. Sobsey, M. D., Khatib, L. A., Hill, V. R., Alcilja, E., Pillai, S., 2006. *Pathogens in animal wastes and the impacts of waste management practices on their survival, transport and fate*. In: Rice, J.M., Caldwell, D.F., Humenik, F.J. (eds.). *Animal agriculture and the environment: National Center for Manure and Animal Waste Management White Papers*. pp. 609-666.
209. Solmaz, S.; Müller, D., 2001. *Regenerative Energie aus Tierkörpern durch Verwertung in einem Tiermehlheizkraftwerk*. VDI-Berichte 1622: 79-92.
210. Sós né Gazdag, M., 1996. *Minőségbiztosítás az élelmiszeriparban*. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
211. Srivastava, A., A. Sharma, V. Suneetha, 2011. *Feather waste biodegradation as a source of amino acids*. *European Journal of Experimental Biology*, 2011, 1 (2):56-63.
212. Stief, K., 1986. *Das Multibarrierenkonzept als Grundlage von Planungen, Bau, Betrieb und Nachsorge von Deponien, Müll und Abfall*, 1. pp. 15-20.
213. Stróbl, A.: *A hulladékégetés – korszerű irányzatai; 1997/17; OMIKK*.
214. Süveges, T., 2010. *Az állati eredetű hulladékok feldolgozásának hulladékgazdálkodási szempontjai*. SZIE, VKK. (szakdolgozat).
215. Szabó, F., 2007. *Műanyag hulladékok sorsa Németországban*. *Műanyagipari szemle* 2007. 3. szám.
216. Szabó, I., 2003. *Hulladékéltelhelyezés*, Zimler T. (szerk): *Hulladékgazdálkodás*, Tertia Kiadó, Budapest, pp. 217-256.
217. Szabó, I., 1995. *Hulladékéltelhelyezés I-IV.*, „Ipar a környezetért” Alapítvány, Budapest
218. Szabó, I., 1999. *Hulladékéltelhelyezés*, Miskolci Egyetemi Kiadó. p. 440.
219. Szabó, I.: *Hulladékéltelhelyezés*, Csöke B (szerk): *Hulladékgazdálkodás; Környetmérnöki Tudástár, HEFOP 3.3.1-P-2004-0900152/1.0 azonosítójú „A Felsőoktatás szerkezeti és tartalmi fejlesztése” című pályázat ke-*

- retében Pannon Egyetem – Környezetmérnöki Intézet, 2011. pp. 93-1147.
220. Szabó, L, Olessák, D.: Hulladékhasznosítás – szilárd hulladékok feldolgozása, Műszaki Könyvkiadó, Budapest, 1983.
221. Szabó, Sz., 2007. RFID, amit egy címkegyártónak feltétlenül tudnia kell. Magyar Grafika, 2007/2., 22-28. p.
222. Szakály, S. (szerk.), 2001. Tejgazdaságtan. Dinasztia Kiadó, Budapest.
223. Szász, L. – Szénich, S. 1984: A közterület-fenntartás gépei – üzemeltetés, karbantartás. Műszaki Könyvkiadó, Budapest.
224. Szél B., Gál, J., 1980. Az állati eredetű hulladékok és melléktermékek feldolgozása. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
225. Szenes, E-né, 1995. Környezetvédelem az élelmiszeripari kis- és középüzemekben. Integra-Projekt Kft, Budapest
226. Szigeti, F., Végső, K., 2009. A minőségirányítás alapjai. Bessenyei Kiadó, Nyíregyháza.
227. Tamás, J., (szerk.) 2008. Agrárium és környezetgazdálkodás. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
228. Tamás, J., Blaskó, L., 2008. Environmental Management. Debreceni Egyetem TÁMOP 4.1.2 pályázat ([http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0032\\_kornyezettechnologia/ch07s05.html](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0032_kornyezettechnologia/ch07s05.html))
229. Tamaska, L., Rédey, Á., Vizi, Sz., 2001. Életciklus elemzés készítése. II. kötet. Tisztább Termelés Kiskönyvtár sorozat. Veszprém.
230. Tanulmánytár-Logisztikai rendszerek 2006: Rádiófrekvenciás azonosítás és az ellátási lánc. BME OMIKK, 11/4. sz., 17-28. p.
231. Tchobanoglous, G., Theisen, H., Vigil, S., 1993. Integrated solid waste management, Mc Graw-Hill Inc., p. 913.
232. Terry J. – Veasey – Robert J. – Wilson: The Physical Separation and Recovery of Metals From Wastes. Copyright 1993. Amsterdam, ISSN 1066-2200; v.1.
233. Thome-Kozmiensky, K. J. (1987): Deponie. Ablagerung von Abfällen, EF-Verlag für Energie- und Umwelttechnik GmbH.
234. Thongchai Takoungsakdakun and Sangobtip Pongstabodee (2006): Separation of mixed post-consumer PET–POM–PVC plastic waste using selective flotation ([www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com))
235. Thyll, Sz., 1996. Környezetgazdálkodás a mezőgazdaságban. Mezőgazda Kiadó, Budapest.
236. Tompa, P., 2000. A prion és az emlékezet. Természet Világa 131: 305-308.
237. Tóthné Kiss, Klára: Üveghulladék, mint alapanyag az üvegyárak hulladékgazdálkodásában. Építőanyag 59. évf. 2007. 4. szám, pp. 114-117.
238. Tömösy, L., 2004. Víz tisztaságvédelem – szennyvíztisztítás. Oktatási segédlet a Víz tisztaságvédelem Környezetvédelem Környezetvédelmi eljárások és berendezések tantárgyához. <http://www.vegyelgep.bme.hu/download.php?ctag=download&docID=95>.
239. Uhlig, D. – Dietzel, W. – Schulz, G.: Setzarbeit als Verfahrensstufe bei der Aufbereitung von Kabelplastrückständen. Aufbereitungs-Technik 33 (1992) Nr.5, p. 239-247.
240. Varga, K., 2003. Környezetvédelem az élelmiszeriparban. Szegedi Tudományegyetem, Szegedi Élelmiszeripari Főiskolai Kar, Élelmiszeripari Műveletek és Környezettechnika Tanszék (jegyzet az „Élelmiszeripari menedzser” felsőfokú szakképzésben résztvevő szakközépiskolák számára). Szeged. <http://www.atheneszki.hu/downloads/szakirodalom/k%3Frnyezetvedelem-vargakaroly1.doc>.
241. Volg, J., 1978. Umwelteinflüsse von Abfalldeponien. Ber. Wassergütew. U. Gesundheitsingenieurwesen, TU München 19, 1-15.
242. Weber, K. at al.: Geruch von Flächenquellen bei landwirtschaftlichen Biogasanlagen. Eidgenössisches Department für Wirtschaft, Bildung und Forschung WBF, Agroscope, 2013. 03. 20.
243. WHO, 2006. Guidelines on tissue infectivity distribution in transmissible spongiform encephalopathies. WHO Press, Geneva.
244. Wind, H., 1987. Wesentliche Merkmale der Sicherheits Deponien-System Holzmann, Deponie-Ablagerung von Abfällen (Hrsg.: Thome-Kozmiensky), pp. 828-846., EF-Verlag.
245. Wright, Th. D., Ross, D. E., Tagava, L., 1988. Hazardous waste landfill construction: the state of the art, Standard Handbook of Hazardous Waste Treatment and Disposal (ed.: Fremann, H. M.), pp. 10.1 – 10.23. McGraw Hill Book Comp.
246. Young, S.B. – Vanderburg, W.H.: Applying Environmental Life-Cycle Analysis to Materials. JOM – JOURNAL OF THE MINERALS METALS AND MATERIALS SOCIETY 1994. Vol. 46. ISSUE 4. p. 22-27.
247. Zanker, G., Kepplinger, W., & Pecher, C., 2007. Incineration of solid food waste: a project about spent grain. In: Oreopoulou, V. & Russ, W. (eds.): Utilization of By-products and Treatment of Waste in the Food Industry. Springer, New York. pp. 272-282.
248. Zhang, Sh. – Orssberg, E.: Mechanical Recycling of Electronics Scrap - Current Status and Prospects Waste Management and Research. 1998. No.2. pp.19-127.
249. Zhekun, L., Gadh, R., Prabhu, B. S., 2004: Application of RFID technology and smart parts in manufacturing. Proceedings of DETC'04: ASME 2004 Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference. September 28-October 2, 2004, Salt Lake City, Utah USA, 1-7. p.
250. Zheng, W., Sharma, B.K. Rajagopalan, N., 2010. Using biochar as a soil amendment for sustainable agriculture <https://www.ideals.illinois.edu/bitstream/handle/2142/25503/Using%20Biochar%20as%20a%20Soil%20Amendment%20for%20Sustainable%20Agriculture-final%20report%20from%20Zheng.pdf?sequence=2>
251. Zimler, T. (szerk.), 2003. Hulladékgazdálkodás. Tertia Kiadó, Budapest.



# Szabályok, irányelvek, szabványok

- 1069/2009/EK rendelet (2009. október 21.) a nem emberi fogyasztásra szánt állati melléktermékekre és a belőlük származó termékekre vonatkozó egészségügyi szabályok megállapításáról és az 1774/2002/EK rendelet hatályon kívül helyezéséről (állati melléktermékekre vonatkozó rendelet)
- 142/2011/EU rendelet (2011. február 25.) a nem emberi fogyasztásra szánt állati melléktermékekre és a belőlük származó termékekre vonatkozó egészségügyi szabályok megállapításáról szóló 1069/2009/EK európai parlamenti és tanácsi rendelet végrehajtásáról, valamint a 97/78/EK tanácsi irányelvnek az egyes minták és tételek határon történő állapot-egészségügyi ellenőrzése alóli, az irányelv szerinti mentesítése tekintetében történő végrehajtásáról
- 20/2006. (IV. 5.) KvVM rendelet a hulladéklerakással, valamint a hulladéklerakóval kapcsolatos egyes szabályokról és feltételekről
- 2003. évi LXXXII. törvény az élelmiszerekről
- 2008. évi XLVI. törvény az élelmiszerláncról és hatósági felügyeletéről
- 2012. évi CLXXXV. törvény a hulladékról
- 23/2003. (XII. 29.) KvVM rendelet a biohulladék kezeléséről és a komposztálás műszaki követelményeiről
- 28/2004. (XII. 25.) KvVM rendelet – a vízszennyező anyagok kibocsátásaira vonatkozó határértékekről és alkalmazásuk egyes szabályairól
- 29/2014. (XI. 28.) FM rendelet „A hulladékégetés műszaki követelményeiről, működési feltételeiről és a hulladékégetés technológiai kibocsátási határértékeiről”
- 3/2002. (II. 22.) KöM rendelet a hulladékok égetésének műszaki követelményeiről, működési feltételeiről és a hulladékégetés technológiai kibocsátási határértékeiről
- 343/2011. (XII. 29.) Kormányrendelet a környezetvédelmi termékijról szóló 2011. évi LXXXV. törvény végrehajtásáról
- 36/2006. (V. 18.) FVM rendelet a termélnövelő anyagok engedélyezéséről, tárolásáról, forgalmazásáról és felhasználásáról
- 40/2008 (II. 26.) Kormányrendelet a szennyvizek és szennyvíziszapok mezőgazdasági felhasználásának és kezelésének szabályairól szóló 50/2001. (IV. 3.) Kormányrendelet módosításáról
- 439/2012. (XII. 29.) Kormányrendelet a hulladékgazdálkodási tevékenységek nyilvántartásba vételéről, valamint hatósági engedélyezéséről
- 44/2003. (IV. 26.) FVM rendelet a Magyar Takarmánykódex kötelező előírásairól
- 440/2012. (XII. 29.) Kormányrendelet a hulladékkal kapcsolatos nyilvántartási és adatszolgáltatási kötelezettségekről
- 442/2012. (XII. 29.) Kormányrendelet a csomagolásról és a csomagolási hulladékkal kapcsolatos hulladékgazdálkodási tevékenységekről
- 45/2012. (V. 8.) VM rendelet a nem emberi fogyasztásra szánt állati eredetű melléktermékekre vonatkozó állapot-egészségügyi szabályok megállapításáról
- 50/2001. (IV. 3.) Kormány rendelet a szennyvizek és szennyvíziszapok mezőgazdasági felhasználásának és kezelésének szabályairól
- 576/2006/EK rendelet (2006. április 7.) a működési alapok, a működési programok és a pénzügyi hozzájárulás tekintetében a 2200/96/EK tanácsi rendelet részletes alkalmazási szabályainak megállapításáról szóló 1433/2003/EK rendelet módosításáról.
- 59/2008. (IV.29.) FVM rendelet a vizek mezőgazdasági eredetű nitrátszennyezéssel szembeni védelméhez szükséges cselekvési program részletes szabályairól, valamint az adatszolgáltatás és nyilvántartás rendjéről
- 65/2012. (VII. 4.) VM rendelete takarmányok előállításának, forgalomba hozatalának és felhasználásának egyes szabályairól.
- 67/2007. (VII. 10.) GKM-EÜM-FVM-SZMM együttes rendelet a vendéglátó termékek előállításának feltételeiről, mely rendelet előírásai a vendéglátó termékek előállításának vonatkozásában az élelmiszer-higiéniáról szóló, 2004. április 29-i 852/2004/EK európai parlamenti és tanácsi rendeletvégrehajtásához szükséges rendelkezéseket állapítja meg, mellyel egy sor – eddig használatban lévő - hazai joganyagot annulál
- 68/2007. (VII. 26.) FVM-EÜM-SZMM együttes rendelet az élelmiszer-előállítás és forgalomba hozatal egyes élelmiszer-higiéniái feltételeiről és az élelmiszerek hatósági ellenőrzéséről
- 68/2008. évi XLVI. törvény az élelmiszerláncról és hatósági felügyeletéről
- 70/2012. (VII. 16.) VM rendelet a szőlőfeldolgozás és a borkészítés során keletkező melléktermékek kivonásáról és támogatással történő leparlásáról
- 71/2003. (VI.27.) FVM rendelet az állati hulladékok kezelésének és a hasznosításukkal készült termékek forgalomba hozatalának állapot-egészségügyi szabályairól
- 72/2013. (VIII. 27.) VM rendelet a hulladékjegyzékről

- 75/2002. (VIII. 16.) FVM rendelet a klasszikus sertéspestis elleni védekezésről
- 97/78/EK Tanácsi Irányelv (1997. december 18.) a harmadik országokból a Közösségbe behozott termékek állat-egészségügyi ellenőrzésének megszervezésére irányadó elvek megállapításáról.
- 98/2001. (VI. 15.) Korm. rendelet a veszélyes hulladékkal kapcsolatos tevékenységek végzésének feltételeiről
- 98/248 (EK) A Tanács 1998. március 31-i határozata a 97/534 (EK), a ragályos szivacsos agyvelőbántalom vonatkozásában kockázatos anyagok használatát megtiltó bizottsági határozat módosításáról.
- Az Európai Parlament és a Tanács 183/2005/EK rendelete(2005. január 12.) a takarmányhigiénia követelményeinek meghatározásáról
- Az Európai Parlament és a Tanács 852/2004/EK rendelete (2004. április 29.) az élelmiszer-higiénéről
- Az Európai Parlament és a Tanács 853/2004/EK rendelete (2004. április 29.) az állati eredetű élelmiszerek különleges higiéniai szabályainak megállapításáról
- Az Európai Parlament és a Tanács 882/2004/EK rendelete (2004. április 29.) a takarmány- és élelmiszerjog, valamint az állat-egészségügyi és az állatok kíméletére vonatkozó szabályok követelményeinek történő megfelelés ellenőrzésének biztosítása céljából végrehajtott hatósági ellenőrzésekről
- MSZ 21340-95: Állati eredetű takarmányok.
- MSZ EN ISO 6497:2005. Takarmányok. Mintavétel (ISO 6497:2002).
- MSZ EN ISO 6579:2006. Élelmiszerek és takarmányok mikrobiológiája. Horizontális módszer a szalmonellafajok kimutatására (ISO 6579:2002).
- MSZ EN ISO 7937:2005 Élelmiszerek és takarmányok mikrobiológiája. Horizontális módszer a Clostridium perfringens-szám meghatározására, telepszámlálásos módszerrel.
- MSZ ISO 16649-2: 2005 Élelmiszerek és takarmányok mikrobiológiája. Horizontális módszer a  $\beta$ -glükuronidáz-pozitív Escherichia coli megszámlálására.
- MSZ ISO21528-2:2007: Élelmiszerek és takarmányok mikrobiológiája. Horizontális módszer az enterobaktériumok kimutatására és számlálására. 2. rész: Telepszámlálásos módszer.
- MSZ ISO21528-2:2007: Élelmiszerek és takarmányok mikrobiológiája. Horizontális módszer a mikroorganizmusok számlálására. Telepszámlálási technika 30 °C-on.

# Internet

<http://www.classicrefusetrucks.com/albums/KU/KU08b.html>  
<http://www.fkf.hu>  
<http://www.glastronic.hu/index.php?catalogue=vht&static=vht5&lang=hun>  
<http://www.kvvm.hu/szakmai/hulladeggzd/szakmaifuzet4.htm>  
<http://net.jogtar.hu: törvények és kormányrendeletek>  
<http://www.nidimpex.hu>  
<http://www.obuda.hu /zoldoldal/szelektiv-hulladeggyujtes/szelektiv-hulladeggyujto-szigetek/>  
[http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0021\\_Hulladeggzd/ch03.html](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0021_Hulladeggzd/ch03.html)  
<http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tkt/kornyezettechnika-eloszo/ch06s12.html>  
[http://www.topola.com/arhiva/infrastruktura\\_2010.htm](http://www.topola.com/arhiva/infrastruktura_2010.htm)  
<http://www.szelektivinfo.hu /sajtoszoba/122-orszagszerte-szelektiv-gyujtesre-osztonoz-az-uj-hulladektorveny>  
<http://www. webeye.hu>  
<http://www.kvvm.hu/szelektiv/hasznositas.php>  
<http://www.okopannon.hu>  
<http://bestmachinery.hu>  
<http://www.hulladekboltermek.hu>  
<http://www.fegroup.hu>  
<http://www.cseber.hu>  
[http://www.csomagolo.hu/cikkek.html \(A műanyag csomagolási hulladékok kezelésének lehetséges megoldásai\)](http://www.csomagolo.hu/cikkek.html (A műanyag csomagolási hulladékok kezelésének lehetséges megoldásai))  
[http://www.wasteonline.org.uk/resources/InformationSheets/Plastics.htm \(Plastics recycling information sheet\)](http://www.wasteonline.org.uk/resources/InformationSheets/Plastics.htm (Plastics recycling information sheet))  
<http://www.hulladekonline.hu>  
<http://www.tankonyvtar.hu/konyvek/polimertechnikaalrajai/polimertechnika-alrajai 2010>  
[http://www.fkf.hu/portal/page/portal/fkf/HUHA/hulladeggzd\\_haszn\\_mu\\_mukodese/A %20technol %C3 %B3gia %20 bemutat %C3 %A1sa](http://www.fkf.hu/portal/page/portal/fkf/HUHA/hulladeggzd_haszn_mu_mukodese/A %20technol %C3 %B3gia %20 bemutat %C3 %A1sa)  
<http://www.sarpi.hu/hu/uzemunk/folyamat/>  
<http://hu.wikipedia.org/wiki/Élelmiszerhulladék>  
<http://okofitnesz.hu/kihivas/elelmiszer-hulladeggzd>  
<http://tastethewaste.com>  
[http://www.blikk.hu/blikk\\_aktualis/szemetben-landol-sok-jo-elelmiszer-2068853](http://www.blikk.hu/blikk_aktualis/szemetben-landol-sok-jo-elelmiszer-2068853)  
<http://www.helyitermekmagazin.hu/2011/helyitermekmagazin/a-szavatossagi-ido-lejarta-utan-is-fogyaszthato-az-elelmiszer/#sthash.TeKpavFs.dpuf>  
<http://www.helyitermekmagazin.hu/2011/helyitermekmagazin/a-szavatossagi-ido-lejarta-utan-is-fogyaszthato-az-elelmiszer/>  
<http://www.kiserletikonyha.hu/2011/09/globalis-elelmiszer-pazarlas-es.html>  
<http://www.ftqconsulting.hu/elelmiszeripari-mellektermek-es-hulladeggzd-feldolgozasi-technologiak-attekintese>  
<http://www.elelmiszerhulladeggzd.hu>  
[http://www.metropol.hu/cikk/1192822-szavatossag-nelkul-csokkenhet-az-elelmiszer-pazarlas-72/2013. \(VIII. 27.\) VM rendelet a hulladékgyűjtéséről](http://www.metropol.hu/cikk/1192822-szavatossag-nelkul-csokkenhet-az-elelmiszer-pazarlas-72/2013. (VIII. 27.) VM rendelet a hulladékgyűjtéséről)  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Animal\\_product](http://en.wikipedia.org/wiki/Animal_product)  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Buttermilk>  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Whey>  
<http://hu.wikipedia.org/wiki/Vinasz>  
<http://biofilter.hu/tevekenysegeink/>  
<http://haccp-audit.mindenkilapja.hu/html/19023252/render/mellektermek>  
<http://kornyezetbarat.hulladeggzdboltermek.hu/hulladeggzd/hulladeggzdfajtak/olaj/>  
<http://transpack.hu/hirek/ismet-hasznalt-sutoolajgyujto-kampanyt-inditott-mol>  
<http://www.delmagyar.hu>  
[http://www.kormanyhivatal.hu/download/1/d3/d0000/Telepulesi\\_es\\_alati\\_mellektermek\\_gyujtok.ppt](http://www.kormanyhivatal.hu/download/1/d3/d0000/Telepulesi_es_alati_mellektermek_gyujtok.ppt)  
<http://www.kszygysz.hu/files/5013/7396/0164/PadarCsilla.pdf>  
<http://www.sibio.hu/hasznalt-sutozsiiradek-elszallitas>  
<http://www.aranykapu.eu>  
<http://www.atev.hu>  
<http://www.atevszolgo.hu>  
<http://www.elelmiszerhulladeggzd.hu>

<http://www.felfokon.hu/togyi-janos-blogja/2012/06/02/a-hasznalt-etolaj-veszelyei>  
<http://www.humusz.hu/node/6952> [www.ltvtrans.hu/allati-hulladek.php](http://www.ltvtrans.hu/allati-hulladek.php)  
<http://www.kornyved.hu/kornyezvetvedelmi-engedelyek/hulladekkezesi-engedely/hulladek-szallitasi-engedely.html>  
<http://www.mol.hu>  
<http://www.origo.hu/tudomany/20070725-panelszelektiv-es- ingyenes-hasznalt-sutoolaj-elszallitas.html>  
<http://www.techplatform.hu>  
<http://atevszolg.hu>  
[http://elmolight.hu/38\\_cofuna.hu/](http://elmolight.hu/38_cofuna.hu/)  
<http://europrotein.hu>  
<http://hu.wikipedia.org>  
[http://hu.wikipedia.org/wiki/Cellul%C3%B3z#Ipari\\_felhaszn.C3.A1.C3.A1sa](http://hu.wikipedia.org/wiki/Cellul%C3%B3z#Ipari_felhaszn.C3.A1.C3.A1sa)  
<http://ormansagszive.hu/dokumentumok/fenntarthatosagiuzenetek.pdf>  
<http://www.agroinform.com>  
<http://www.biokontroll.hu>  
(Jönnek a vérliszt alapú trágyák.)  
<http://www.hu.al.biz> <http://www.biokontroll.hu/>  
<http://www.ventus-aliance.cz>  
<http://atevszolg.hu>  
[http://elmolight.hu/38\\_cofuna.hu/](http://elmolight.hu/38_cofuna.hu/)  
<http://europrotein.hu>  
<http://hu.wikipedia.org>  
[http://hu.wikipedia.org/wiki/Cellul%C3%B3z#Ipari\\_felhaszn.C3.A1.C3.A1sa](http://hu.wikipedia.org/wiki/Cellul%C3%B3z#Ipari_felhaszn.C3.A1.C3.A1sa)  
<http://ormansagszive.hu/dokumentumok/fenntarthatosagiuzenetek.pdf>  
<http://www.feedipedia.org/node/23>  
<http://www.garberfarms.com/shell/>  
<http://www.organoferm.hu/>  
<http://www.agroinform.com>  
<http://www.hu.al.biz>  
<http://www.szatev.hu>  
<http://www.ventus-aliance.cz>  
<http://3876.ua.all.biz>  
<http://cnunitedasia.en.made-in-china.com>  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Buttermilk>  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Lees\\_\(fermentation\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Lees_(fermentation))  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Whhey>  
<http://hu.wikipedia.org/wiki/Fájl:Beta-D-Lactose.svg>  
<http://hu.wikipedia.org/wiki/Furfurol>  
<http://hu.wikipedia.org/wiki/Keményítő>  
<http://hu.wikipedia.org/wiki/Lecitin>  
<http://hu.wikipedia.org/wiki/Teobromin>  
<http://hu.wikipedia.org/wiki/Zselatin>  
<http://nzic.org.nz/ChemProcesses/dairy/3E.pdf>  
[http://shop.builder.hu/enciklopedia\\_reszletes.htm?id=93](http://shop.builder.hu/enciklopedia_reszletes.htm?id=93)  
<http://www.aranykapu.eu/borkosav.html>  
<http://www.kuechengoetter.de>  
<http://www.vilaglex.hu/Lexikon/Html/Kazein.htm>  
<http://www.fodorj-szeged.sulinet.hu/~dombovari/kornyved/Hullelipban.pdf>  
<http://www.szef.u-szeged.hu/~temut/.../hulladekhasznositas/novenyi.ppt>  
<http://3876.ua.all.biz>  
<http://cnunitedasia.en.made-in-china.com>  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Buttermilk>  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Lees\\_\(fermentation\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Lees_(fermentation))  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Whhey>  
<http://hu.wikipedia.org/wiki/Fájl:Beta-D-Lactose.svg>  
<http://hu.wikipedia.org/wiki/Furfurol>  
<http://hu.wikipedia.org/wiki/Keményítő>  
<http://hu.wikipedia.org/wiki/Lecitin>

<http://hu.wikipedia.org/wiki/Teobromin>  
<http://hu.wikipedia.org/wiki/Zselatin>  
<http://nzic.org.nz/ChemProcesses/dairy/3E.pdf>  
[http://shop.builder.hu/enciklopedia\\_reszletes.htm?id=93](http://shop.builder.hu/enciklopedia_reszletes.htm?id=93)  
<http://www.aranykapu.eu/borkosav.html>  
<http://www.kuechengoetter.de>  
<http://www.vilaglex.hu/Lexikon/Html/Kazein.htm>  
<http://www.fodorj-szeged.sulinet.hu/~dombovari/kornyved/Hullelipban.pdf>  
<http://www.szef.u-szeged.hu/~temut/.../hulladekhasznositas/novenyi.ppt>  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Rice\\_hulls](http://en.wikipedia.org/wiki/Rice_hulls)  
<http://enfo.agt.bme.hu/drupal/sites/default/files/Pirolizis2.ppt>  
[http://indavideo.hu/video/pirolizis\\_3](http://indavideo.hu/video/pirolizis_3)  
[http://refertil.info/public/public\\_upload/files//REFERTIL\\_newsletter\\_biochar\\_edition\\_March2014\\_HU.pdf](http://refertil.info/public/public_upload/files//REFERTIL_newsletter_biochar_edition_March2014_HU.pdf)  
<http://renewables.morris.umn.edu/biomass/documents/Zych-TheViabilityOfCornCobsAsABioenergyFeedstock.pdf>  
<http://www.3ragrocarbon.com/FAQ>  
<http://www.biogaskft.hu/alanyagok>  
[http://www.elelmiszer.hu/cikk/helyettesitheto\\_a\\_mutragya](http://www.elelmiszer.hu/cikk/helyettesitheto_a_mutragya)  
[http://www.hirado.hu/Hirek/2010/03/24/12/Elelmiszerhulladekbol\\_zold\\_energia\\_asp](http://www.hirado.hu/Hirek/2010/03/24/12/Elelmiszerhulladekbol_zold_energia_asp)  
<http://www.naturzona.hu/szakteruletek/pirolizis>  
<http://www.omafr.gov.on.ca/english/engineer/facts/11-021.htm>  
<http://www.pointernet.pds.hu/ujsgok/agragazat/2012/08/20120905230630525000000685.html>  
[http://www.refertil.info/public/public\\_upload/files//REFERTIL\\_HU.pdf](http://www.refertil.info/public/public_upload/files//REFERTIL_HU.pdf)  
<http://www.sunflowerusa.com/magazine/details.asp?ID=226&Cat=10>  
[http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0021\\_Mezogazdasag\\_hulladekai/ch04.html](http://www.tankonyvtar.hu/en/tartalom/tamop425/0021_Mezogazdasag_hulladekai/ch04.html)  
[http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0021\\_Mezogazdasag\\_hulladekai/ch08.html](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0021_Mezogazdasag_hulladekai/ch08.html)  
[http://109.74.55.19/tananyag/tananyagok/elelmiszer,%20gyartas/21\\_0562\\_005\\_101215.pdf](http://109.74.55.19/tananyag/tananyagok/elelmiszer,%20gyartas/21_0562_005_101215.pdf)  
<http://agronaplo.hu/termekinformaciok/termeszetes-antioxidans-kinyerese-paradicsomtorkolybol-uj-innovativ-eljarassal>  
[http://atevszolg.hu/uploads/files/allati\\_hulladekok\\_kezelese.ppt#294,34,34](http://atevszolg.hu/uploads/files/allati_hulladekok_kezelese.ppt#294,34,34)  
<http://csaosz.hu/phocadownload/evkonyv/evkonyv13.pdf>  
[http://elib.kkf.hu/edip/D\\_14229.pdf](http://elib.kkf.hu/edip/D_14229.pdf)  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Bioplastic>  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Pectin>  
<http://hu.euronews.com/2014/05/12/muanyag-es-zoldenergia-rakpancelbol/>  
<http://www.aranyfacan.hu/hu/eletmod/egeszsegpercek-1/a-likopin-szerepe>  
[http://www.atev.hu/wp-content/uploads/2010/01/Z\\_EKE\\_Solt\\_2012.PDF.pdf](http://www.atev.hu/wp-content/uploads/2010/01/Z_EKE_Solt_2012.PDF.pdf)  
[http://www.bentleyhungary.hu/data\\_files/Hullakezeles.pdf](http://www.bentleyhungary.hu/data_files/Hullakezeles.pdf)  
<http://www.cattletoday.com/archive/2003/February/CT251.shtml>  
<http://www.craftbeer.com/craft-beer-muses/sustainable-uses-of-spent-grain>  
<http://www.feedipedia.org/content/feeds?category=13588>  
<http://www.feedipedia.org/node/74>  
<http://www.foxnews.com/science/2014/05/16/harvard-researchers-develop-bioplastic-made-from-shrimp-shells/>  
[http://www.fvm.gov.hu/doc/upload/200802/elszi\\_1\\_2008.pdf](http://www.fvm.gov.hu/doc/upload/200802/elszi_1_2008.pdf)  
[http://www.igepa.hu/paper\\_hungary\\_files/aszf/2011LXXXV\\_tv.pdf](http://www.igepa.hu/paper_hungary_files/aszf/2011LXXXV_tv.pdf)  
[http://www.innoteka.hu/cikk/a\\_bomlas\\_viragai\\_%E2%80%93%93\\_biopolimerek.440.html](http://www.innoteka.hu/cikk/a_bomlas_viragai_%E2%80%93%93_biopolimerek.440.html)  
<http://www.muanyagipariszemle.hu/2006/02/biopolimerek-eljott-az-idejuk-14.pdf>  
[http://www.omikk.bme.hu/collections/mgi\\_fulltext/hull/2002/02/0208.pdf](http://www.omikk.bme.hu/collections/mgi_fulltext/hull/2002/02/0208.pdf)  
[http://www.omikk.bme.hu/collections/mgi\\_fulltext/trend/2002/05/0506.pdf](http://www.omikk.bme.hu/collections/mgi_fulltext/trend/2002/05/0506.pdf)  
<http://www.atevszolgalat.hu>  
<http://www.en.wikipedia.org/wiki/Orange-oil>  
[http://www.szatev.hu/dokumentumok/szatev\\_bat\\_tecnologiak.pdf](http://www.szatev.hu/dokumentumok/szatev_bat_tecnologiak.pdf)  
<http://www.korax.hu/?page=flotalo>  
[http://de.wikipedia.org/wiki/Methode\\_nach\\_Luff-Schoorl](http://de.wikipedia.org/wiki/Methode_nach_Luff-Schoorl)  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Enterobacteriaceae>  
<http://eoq.hu/evik/evik01-3.pdf>  
<http://hu.wikipedia.org/wiki/Enterobacteriaceae>  
<http://ttk.pte.hu/analitika/letoltesek/jegyzet/ch03s01.html>  
<http://ttk.pte.hu/analitika/letoltesek/jegyzet/ch10s01.html>

<http://www.agr.unideb.hu/~kremper/nitrogen.doc>  
<http://www.bimeo.hu/korvedab/Vmintvtl.htm#>  
<http://www.bimeo.hu/korvedab/Vmintvtl.htm#3>  
<http://www.chem.science.unideb.hu/Oktatas/XX19/XX19ICP.pdf>  
<http://www.euofins.hu/elelmiszeripar/elelmiszer-analitika/parametererek-szerint/szerves-es-szervetlen-szermaradvanyok.aspx>  
<http://www.fisher.co.uk/1/1/25084-extractor-b-811-soxhlet-beakers-adapters-230v-50hz-1250w.html>  
[http://www.kepzesevolucioja.hu/dmdocuments/4ap/20\\_1713\\_006\\_101030.pdf](http://www.kepzesevolucioja.hu/dmdocuments/4ap/20_1713_006_101030.pdf)  
<http://www.kvvm.hu/cimg/documents/Hull.Fugg2.Mell2.pdf> <http://tamop412a.ttk.pte.hu/files/kemia7/www/ch10.html>  
[http://erdeszetiilapok.oszk.hu/00419/pdf/EL\\_1937\\_02\\_152-171.pdf](http://erdeszetiilapok.oszk.hu/00419/pdf/EL_1937_02_152-171.pdf)  
[http://hu.wikipedia.org/wiki/HACCP\\_rendszer](http://hu.wikipedia.org/wiki/HACCP_rendszer)  
<http://mta-taki.hu/sites/all/files/dokumentumok/szervestragyak.pdf>  
<http://orgprints.org/18904/27/fibl-2011-ehec-hungarian.pdf>  
[http://www.animalwelfare.szie.hu/cikkek/200802/Tak-gyep\\_elelmiszer/AWETH2008803808.pdf](http://www.animalwelfare.szie.hu/cikkek/200802/Tak-gyep_elelmiszer/AWETH2008803808.pdf)  
[http://www.bestoffice.hu/iso\\_es\\_szabvanyok](http://www.bestoffice.hu/iso_es_szabvanyok)  
[http://www.campden.hu/GHPdokumentumok/ghp\\_61.pdf](http://www.campden.hu/GHPdokumentumok/ghp_61.pdf)  
[http://www.lcacenter.hu/fileadmin/user\\_upload/Konferenciak/VIII\\_LCA\\_KONF/UCO\\_LCA\\_BSandorR.pdf](http://www.lcacenter.hu/fileadmin/user_upload/Konferenciak/VIII_LCA_KONF/UCO_LCA_BSandorR.pdf)  
<http://www.lcacenter.hu/index.php?id=74>  
[http://www.matarka.hu/koz/ISSN\\_20629737/2k\\_1sz\\_2012/ISSN\\_2062\\_9737\\_2k\\_1\\_2012\\_009-020.pdf](http://www.matarka.hu/koz/ISSN_20629737/2k_1sz_2012/ISSN_2062_9737_2k_1_2012_009-020.pdf)  
<http://www.omgk.hu/Mekv/2/211969.pdf>  
Magyar Élelmiszerkönyv (Codex Alimentarius Hungaricus) 2-1/1969 számú irányelv: HACCP rendszer és alkalmazásának útmutatója  
[http://www.vincotte.hu/Tanusitas/ISO\\_14001](http://www.vincotte.hu/Tanusitas/ISO_14001)  
[http://www.agr.unideb.hu/ktvbdc/dl2.php?dl=59/1\\_eloadas.ppt](http://www.agr.unideb.hu/ktvbdc/dl2.php?dl=59/1_eloadas.ppt)  
[http://www.agr.unideb.hu/ktvbdc/dl2.php?dl=59/3\\_eloadas.ppt](http://www.agr.unideb.hu/ktvbdc/dl2.php?dl=59/3_eloadas.ppt)  
[http://www.agr.unideb.hu/ktvbdc/dl2.php?dl=59/6\\_eloadas.ppt](http://www.agr.unideb.hu/ktvbdc/dl2.php?dl=59/6_eloadas.ppt)  
<http://www.fuchs-germany.com/en/off-gas/loesungen/fuchs-biofilter/>  
<http://www.kompost.de>  
<http://www.kompost-biogas.info/>  
<http://www.mugv.brandenburg.de/sixcms/media.php/4055/emissionsfaktoren.pdf>  
[http://www.lebensministerium.at/dms/lmat/umwelt/abfall-ressourcen/behandlung-verwertung/behandlung-biotechnisch/richtlinie\\_sdt/Richtlinie\\_20Kompost-1-/Richtlinie\\_20Kompost %5B1 %5D.pdf](http://www.lebensministerium.at/dms/lmat/umwelt/abfall-ressourcen/behandlung-verwertung/behandlung-biotechnisch/richtlinie_sdt/Richtlinie_20Kompost-1-/Richtlinie_20Kompost %5B1 %5D.pdf)  
[http://www.techplatform.hu/letoltes/eloadasok/godollo\\_fenntarthato\\_0520.ppt](http://www.techplatform.hu/letoltes/eloadasok/godollo_fenntarthato_0520.ppt)

**SZÉCHENYI** 2020



HUNGARIAN  
GOVERNMENT

European Union  
European Social  
Fund



**INVESTING IN YOUR FUTURE**



**A könyv a TÁMOP-4.1.1.C-12/1/KONV-2012-0018  
számú projekt alapján készült.**

**A könyv nyomtatott megjelenését a ProfiKomp Zrt. támogatta.  
([www.profikomp.hu](http://www.profikomp.hu))**