

Dr. Leitöl Csaba

**Települési Hulladékgyazdálkodási
Alapismeretek**

Pécs

2019

ISBN 978-963-429-474-0



Tartalom

1	Hulladékgazdálkodás fejlődése.....	10
1.1	Hulladékkezelés fejlődési szakaszai.....	10
1.2	A hulladékgazdálkodás jelenlegi kihívásai.....	11
1.3	Települési vagy regionális hulladékgazdálkodás	13
1.3.1	Regionális hulladékgazdálkodási rendszerek kialakulása.....	14
1.3.2	Integrált hulladékgazdálkodás.....	17
2	Hulladékgazdálkodás alapjai.....	18
2.1	Hulladék fogalma, csoportosítása.....	18
2.2	Hulladékok összetétele	20
2.3	Hulladékok káros hatásai.....	20
2.4	Hulladékhierarchia.....	21
2.5	Hulladékgazdálkodás tervezése.....	23
2.5.1	NHKV Nemzeti Hulladékgazdálkodási Koordináló és Vagyonkezelő Zrt.....	24
2.5.2	Országos Hulladékgazdálkodási Terv	24
2.5.3	Országos Megelőzési Program.....	25
2.5.4	Országos Gyűjtési és Hasznosítási Terv	25
2.5.5	Országos Hulladékgazdálkodási Közszolgáltatási Terv	25
2.6	Hulladékgazdálkodási közszolgáltatás, Közszolgáltató	26
2.6.1	Hulladékgazdálkodási közszolgáltatás.....	26
2.6.2	Közszolgáltató.....	26
2.7	Hulladékgazdálkodás szabályozása.....	27
2.7.1	Jogi szabályozás	27
	Hazai szabályozás	27
	Európai Uniós szabályozás.....	28
2.7.2	Műszaki szabályozás	29
2.7.3	Gazdasági szabályozás	29
3	Hulladékgyűjtés	32
3.1	Hulladékgyűjtés típusai	32
3.2	Hulladékgyűjtés eszközei	33
3.2.1	Edényzet.....	33
3.2.2	Járművek	35
3.3	Hulladék gyűjtése	37

3.3.1	Vegyes (maradék) hulladékgyűjtés módszerei.....	38
	Vegyes hulladékgyűjtés.....	38
	Átrakóállomás – kétlépcsős hulladékgyűjtés	39
3.3.2	Szelektív hulladékgyűjtés.....	43
	Házhoz menő gyűjtés	44
	Gyűjtőszigetes gyűjtés.....	46
	Hulladékudvar	49
	Szelektívgyűjtési akciók.....	53
3.3.3	Lomtalanítás	53
4	Hulladék válogatása	55
4.1	Válogatóművek típusai	55
4.1.1	Kézi válogatómű	55
4.1.2	Gépesített válogatómű.....	56
4.1.3	Automatizált válogatómű	57
4.2	Válogatóművek műszaki kialakítása	57
4.2.1	Tervezési szempontok	57
	Válogatómű elhelyezése.....	58
	Logisztikai szempontok.....	58
	Kiszolgált terület nagysága	58
	Válogatandó hulladék.....	58
	Válogatási technológia	59
	Kapacitás	59
	Szükséges terek	60
4.2.2	Gépészeti berendezések.....	61
	Telepített gépészeti berendezések	61
	Gyűjtő-, felhordó- és válogatószalagok	61
	Válogatókabin bokszokkal	62
	Dobszita.....	63
	Mágnes szeparátor.....	63
	Örvényáramú szeparátor	64
	Zsáknýtó, adagoló berendezések.....	64
	Légszeparátor	64
	Ballisztikus szeparátor.....	64

Optikai leválasztó	65
Röntgensugaras válogató.....	65
Előaprító	65
Utóaprító.....	65
Bálázó gép	66
Munkagépek	66
Kisegítő berendezések	67
4.2.3 Technológiai kialakítása.....	69
Kézi válogatóművek technológiai kialakítása	69
Gépesített válogatóművek technológiai kialakítása	70
Automatizált válogatóművek technológiai kialakítása	71
4.3 Válogatóművek üzemeltetése	72
4.3.1 Kézi válogatómű üzemeltetése.....	72
Beszállítás, mérlegelés	72
Hulladék ürítése, tárolása	72
Hulladékok feladása a válogatási rendszerre.....	72
Válogatás	73
Bálázás	74
Bálák mozgatása, tárolása	74
Késztermék kiszállítása	74
Válogatási maradék elszállítása	74
4.3.2 Gépesített válogatómű üzemeltetése	75
4.3.3 Automatizált válogatómű üzemeltetése.....	75
Beszállítás, mérlegelés	76
Hulladék ürítése.....	76
Hulladékok feladása a válogatási rendszerre.....	76
Hulladék feltárása.....	76
Hulladék gépi válogatása	76
Finom válogatás	77
Bálázás	77
Utóaprítás	77
4.4 Válogatóművek gyakorlati megvalósítása - esettanulmányok	77
4.4.1 Pécs-kökényi válogatómű	77

4.4.2	Somi automatizált válogatómű.....	79
4.4.3	Békéscsabai válogatómű	81
5	Biológiai hulladékkezelés	84
5.1	Komposztálás.....	85
5.1.1	A komposztálás folyamatát befolyásoló tényezők	85
	Szén/nitrogén (C/N) arány optimalizálása	85
	Nedvességtartalom	85
	Oxigénellátás	85
	Hőmérséklet	85
5.1.2	A komposztálás munkafolyamatai	86
5.1.3	A komposztálás gépei.....	86
	Célgépek.....	87
	Rakodógépek, vontatók.....	90
	Technológiai berendezések	90
5.1.4	Komposztálási eljárások.....	92
	Nytott komposztálás.....	92
	Félig zárt rendszerek	93
	Takart, levegőztetett eljárás.....	93
	Zárt rendszerek.....	94
5.1.5	Komposzt minősítése, forgalomba helyezése	94
5.2	Anaerob kezelés.....	94
5.2.1	A fermentációt befolyásoló tényezők.....	94
	Alapanyag.....	95
	Hőmérséklet	95
	pH hatása	95
	Nedvesség.....	95
	Nehézfémek.....	95
	Szulfidok	95
5.2.2	Biogáz előállítás technológiai fázisai.....	95
5.2.3	A biogáz előállítás technológiai lehetőségei	96
	Batch eljárás	96
	Váltótartályos eljárás.....	96
	Átfolyó tartályos eljárás	96

Tárolótartályos eljárás	96
Kombinált átfolyó-tároló tartályos eljárás.....	97
5.2.4 Települési szilárd hulladék anaerob kezelése.....	97
5.2.5 Biogáz hasznosítás	97
Áram- és hőtermelés.....	97
Betáplálás a földgázhálózatba	98
Motor üzemanyag.....	98
6 Mechanikai biológiai kezelés.....	99
6.1 Mechanikai kezelés.....	99
6.1.1 Kezelési folyamatok.....	99
Aprítás	100
Méret szerinti szétválasztás	100
Alak szerinti szétválasztás.....	100
Fajsúly szerinti szétválogatás	100
Fémleválasztás	101
Anyag szerinti szétválasztás.....	101
Utóaprítás	101
Szállításra való előkészítés.....	101
6.1.2 Alkalmazott gépek.....	102
Telepített gépek	103
Mobil gépek.....	111
6.2 Biológiai kezelés.....	112
6.3 Tervezési feladatok.....	112
6.3.1 A tervezés általános szempontjai	113
Hulladékmennyiség	113
Logisztikai szempontok.....	113
Gazdasági és jogi szempontok	114
6.3.2 Előkészítési feladatok.....	114
Hulladék mennyiségének felmérése.....	115
Hulladék összetétel és szemcseméret-analízis	115
Hulladékkeletkezési és összetétel változási trendek modellezése.....	116
Energetikai hasznosítási lehetőségek felmérése, hasznosítói igények azonosítása.....	116
6.3.3 Technológia tervezés szempontjai	117

6.3.4	Csarnok méretezésének szempontjai.....	118
6.3.5	Kiegészítő és tűzvédelmi rendszerek	119
6.3.6	Biológiai kezelés tervezése	119
6.4	Technológiák	120
6.4.1	Mechanikai-fizikai stabilizálás.....	120
6.4.2	Szárazstabilizációs eljárás	121
6.4.3	Mechanikai biológiai kezelés	121
	A kezelendő hulladékáram egészének, vagy közel egészének biológiai stabilizálást követő feldolgozása.....	122
	Az éghető komponensek minél nagyobb arányú leválasztása és csak a maradék anyagáram stabilizálása.....	123
6.4.4	Alkalmazott technológiák	124
	Biológiai stabilizálást követő tüzelőanyag előállítás.....	124
	Az égethető komponensek leválasztása	126
6.5	Tüzelőanyag.....	131
7	Energetikai hasznosítás	134
7.1	Hulladékégetés általános technológiája.....	135
7.2	Tüzelőberendezések.....	135
7.2.1	Rostélyostüzelésű berendezések.....	137
7.2.2	Rostély nélküli tüzelésű berendezések	137
	Forgódobos kemence.....	138
	Fluidizációs kemence	138
7.3	Füstgáztisztító rendszerek.....	139
7.4	Szilárd maradékok és szennyvizek kezelése	140
7.4.1	Szilárd maradékok.....	141
7.4.2	Szennyvizek kezelése	141
7.5	Egyéb termikus eljárások.....	141
7.5.1	Pirolízis.....	141
7.5.2	Elgázosítás.....	142
7.5.3	Plazmasugaras égetés	142
7.6	Együttégetés.....	143
7.6.1	Cementgyári együttégetés	143
7.6.2	Erőműi együttégetés	146
8	Hulladékok lerakása.....	148

8.1	Hulladéklerakás helyzete Magyarországon	148
8.2	Fogalom meghatározások	149
8.3	Hulladéklerakó létesítése	150
8.3.1	Hulladéklerakó helykiválasztása	150
8.3.2	Hulladéklerakó engedélyeztetése	151
8.3.3	Hulladéklerakók típusai, kategóriái, elhelyezhető hulladékok.....	152
8.3.4	Hulladéklerakók építőanyagai	155
	Természetes anyagok	155
	Mesterséges anyagok.....	155
8.3.5	Hulladéklerakók aljzat-, és oldalszigetelése.....	159
	Általános követelmények	159
	„A” típusú hulladéklerakók szigetelőrendszere	160
	„B” típusú hulladéklerakók szigetelőrendszere.....	160
	„C” típusú hulladéklerakók szigetelőrendszere.....	161
8.3.6	Csurgalékvíz gyűjtőrendszer kialakítása	162
8.3.7	Depógáz gyűjtőrendszer kialakítása.....	165
8.3.8	Monitoring rendszer kialakítása	169
	Szigetelő rendszer (geomembrán) épségének ellenőrzése	169
	Meteorológiai adatok gyűjtése	169
	Csapadékvíz, a csurgalékvíz, és a felszíni víz ellenőrzése.....	170
	Felszín alatti víz ellenőrzése	170
	Hulladéklerakó-gáz ellenőrzése	170
	Mechanikai változások ellenőrzése	170
	A lerakott települési hulladék biológiailag lebomló szervesanyag-mennyiségének ellenőrzése	170
8.3.9	Kisegítő létesítmények	170
8.3.10	Hulladéklerakók gépei.....	171
8.4	Üzemeltetés	172
8.4.1	Az üzemeltetés megkezdése előtti teendők	172
	Szabályzatok, tervek készítése	172
	Személyi és tárgyi feltételek biztosítása.....	174
8.4.2	Hulladékok átvétele.....	174
	Megfelelőségi vizsgálatok.....	174
	Hulladékok mérlegelése	175

8.4.3	Hulladékok lerakása, művelési feladatok.....	176
8.4.4	A lerakó környezeti hatásainak mérséklése	177
8.4.5	Monitoring, nyilvántartás, jelentések	178
8.5	Rekultiváció, utógondozás.....	179
8.5.1	Inert lerakók rekultivációja	180
8.5.2	Nem veszélyes hulladéklerakó rekultivációja	180
8.5.3	Veszélyes hulladéklerakó rekultivációja	182
8.5.4	Hulladéklerakók felszámolása.....	183
8.5.5	Utógondozási feladatok.....	183



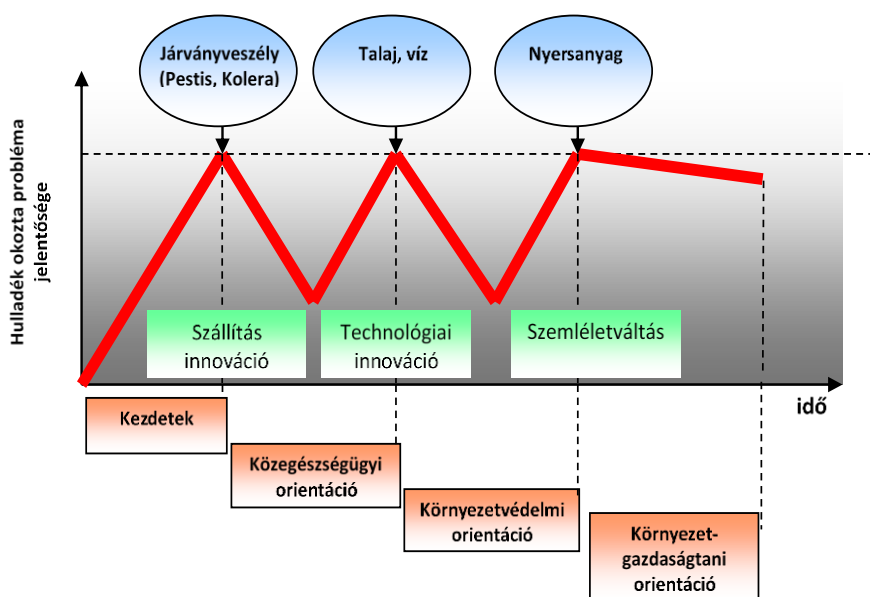
1 Hulladékgazdálkodás fejlődése

A hulladékgazdálkodással kapcsolatos problémák nem új keletűek, hanem az emberi társadalom fejlődésével párhuzamosan megjelenő egyre növekvő, változó feladatokat jelentenek. Ezek a folyamatok még ma sem zárultak le, hanem egyre komplexebb kezelést igényelnek. A következőkben a hulladékgazdálkodás fejlődésének szakaszait és jelenlegi helyzetét mutatjuk be.

1.1 Hulladékkezelés fejlődési szakaszai

A hulladékkezelés fejlődését befolyásoló tényezőket, a fejlődés szakaszait az 1. ábra-n bemutatott folyamattal jellemezhetjük. A hulladék, mint problémaforrás főbb fejlődési szakaszait négy csoportra oszthatjuk (Kiss T, 2007):

- kezdeti szakasz
- közegészségügyi orientáció
- környezetvédelmi orientáció
- környezet-gazdaságtani orientáció



1. ábra: A hulladék, mint problémaforrás főbb kezelési szakaszai
(Forrás: Kiss T, 2007.)

Az emberiség történetének kezdeti szakaszában a föld ritkán lakott volt, az életkörülmények, a vándorló, gyűjtögető, halászó, vadászó életmód következtében hulladék nem keletkezett.

A földművelés, illetve az egyes mesterségek kialakulásával az emberek letelepedtek, életmódjuk megváltozott, elkezdtek hulladékot „termelni”. A települések fejlődésével, egyre több ember, egyre kisebb helyen való jelenlétével a hulladék elsősorban egészségügyi szempontból (fertőzés és járványveszély, rágszálók elszaporodása) okozott problémát. Ekkor a hulladékkezelés egyetlen szempontja a településről való eltávolítás volt.

A következő lépcső a hulladékok nem megfelelő elhelyezéséből származó környezetvédelmi hatások megjelenése, a talaj, a felszíni és felszín alatti vizek, valamint a levegő elszennyeződése, és az ezek következtében fellépő gondok kezelésének megoldása volt. Ekkor kerültek előtérbe a hulladékok ártalmatlanításának környezetvédelmi szempontjai.

A negyedik szakaszban a környezetvédelmi előírások betartása mellett megjelentek a hulladékkezelés gazdaságossági szempontjai is. A hulladékok újrahasznosítása, primer nyersanyagok kiváltása, az anyagában nem hasznosítható hulladékok energetikai hasznosítása, a hulladékkezelés kibocsátásainak minimalizálása, az üvegházhatású gázok keletkezésének csökkentése összességében a hulladékkezelés komplex környezetvédelmi-közgazdasági modelljét jelenti. Ennek a modellnek való megfelelés egyben a hulladékgazdálkodás jelenlegi kihívásainak való megfelelés is.

1.2 A hulladékgazdálkodás jelenlegi kihívásai

A világban az 1970-es évek elején kezdődtek azok a folyamatok, ahol az ipari termelés mellett megjelentek az első környezetipari vállalkozások és megkezdődött a környezetipar kialakulása. A környezetipari szektor napjainkban a gazdaság egyik fontos ágazata lett. A jogszabályok szigorodásának következtében a környezetvédelmi költségek fokozatosan beépültek a termelési, szolgáltatási költségekbe. Ennek köszönhetően a hulladékhasznosítási iparág fejlődésnek lendült, a meglévő hasznosítási technológiákat tovább fejlesztették, hatékonyabbá, gazdaságosabbá tették, illetve új eljárásokat dolgoztak ki és vezettek be.

A hasznosítás fellendítésével a hulladék értékes másodnyersanyaggá változott. Megszűnt a primer nyersanyagok és az energia pazarlása. Sok iparágban egyre általánosabbá vált a másodnyersanyagok és a másodlagos energiahordozók használata.

A jogszabályi előírások fokozatos szigorodásával az ipari szereplők rákényszerültek a környezetiparral, a hulladék feldolgozókkal és hasznosítókkal történő szorosabb együttműködésre. Európában stratégiai célkitűzés lett az erőforrás hatékony, a fenntartható növekedést megvalósító, alacsony széndioxid-kibocsátású gazdaságra való áttérés. Az erőforrás hatékonyság következtében nő a termelékenység, csökkennek a költsége, ezáltal javul a versenyképesség.

A jogszabályi előírások és stratégiák a hulladékgazdálkodás területén is komoly célokat fogalmaztak meg. Magyarország Európai Uniói tagságával együtt megtörtént az EU-s jogharmonizáció is, így az Unióban lévő előírások, stratégiai célkitűzések Hazánkra nézve is kötelező érvényűvé váltak. A legfontosabb ilyen jellegű előírások például:

- csomagolóanyagok visszagyűjtésének növelése, a keletkező csomagolóanyagok minimum 60%-t hasznosítani kell, úgyhogy minimum 55%-t újra fel kell dolgozni (anyagában kell hasznosítani),
- a települési hulladéklerakókba kerülő hulladékok bomló szerves anyagtartalmát az 1995. évben keletkező bázismennyiség 35%-ára kell csökkenteni

- az 2020-ig legalább a háztartásokból származó, illetve a háztartási hulladékáramokhoz hasonló hulladék esetében a papír-, fém-, műanyag- és üveghulladék újrafeldolgozását minimum 50 %-ra kell növelni.
- 2020-ig a nem veszélyes építési és bontási hulladékok újrahasználatra történő előkészítését, újrafeldolgozását és az egyéb, anyagában történő hasznosítását, minimum 70 %-ra kell növelni
- települési szilárdhulladék energetikai felhasználása, csak akkor számít energetikai hasznosításnak, ha az adott égetőmű energiahatékonysága a 98/2008 EK irányelvben definiált „R1” képlettel számolva:
 - 2009. január 1-je előtt engedélyezett létesítmények esetében eléri a minimum 0,60-t
 - 2008. december 31. után engedélyezett létesítmények esetében eléri a minimum 0,65-t

A termelés hatékonyságának növelésére, a környezeti kibocsátások mérséklésére a keletkező hulladékok újrahasználatára és újrafeldolgozhatóságára vonatkozóan elemző eljárásokat dolgoztak ki, amelyek eredményeit már a termékfejlesztési szakaszban is figyelembe tudják venni.

Az egyik ilyen módszer az életciklus-elemzés (Life Cycle Assessment, LCA). Az LCA egy folyamat, a mely a termék, vagy a szolgáltatás teljes életútja során vizsgálja a környezetre gyakorolt potenciális hatásokat. Az életút elemzése a „bölcstől a sírig” elméletre alapul. Ennek megfelelően az LCA kiterjed a termékhez szükséges nyersanyagok előállításától a termék gyártási folyamatain keresztül a termék használatáig, valamint a használat után keletkező hulladék hasznosítására, vagy kezelésére vonatkozó elemekre. Az életciklus-elemzés eredményeként a környezeti hatások számszerűsíthetők, ezáltal meghatározhatók a termelési, használati folyamatok kritikus pontjai, amelyek segítenek a termék környezeti szempontból kedvezőbb fejlesztésében.

A következő évek fejlődési célkitűzése a körkörös (körforgásos) gazdaságra való áttérés. A körkörös gazdaságban az elsődleges nyersanyagok kinyerése, felhasználása és hulladékként való kezelése helyett, az újrafelhasználás, a megjavítás és az újrahasznosítás válik elfogadottá. A megfogalmazott stratégiák szerint a körkörös gazdaság mozgatója a kutatás, az innováció, a jobb minőségű és tartósabb termékek előállítása, az energia- és anyagfelhasználás csökkentése, a veszélyes vagy nehezen újrafeldolgozható anyagok kiváltása, a másodnyersanyag piacok megteremtése és a hulladékot erőforrássá alakító technikai haladás lesz. A körkörös gazdaság folyamatait 2. ábra szemlélteti.



2. ábra: A körkörös gazdaság folyamatai
(Forrás: COM 398 (2014), <http://ec.europa.eu>)

1.3 Települési vagy regionális hulladékgazdálkodás

A hulladékgazdálkodás fejlődésének másik mozgóatója az utóbbi néhány évtizedben lezajlott változási folyamat. Az elmúlt 35-40 évben a magyarországi hulladékkezelési gyakorlatban gyors és látványos fejlődés ment végbe, amelyet a következő három szakaszra bonthatunk:

- Települési szintű hulladékgyűjtés és lerakás
- Városkörnyéki (kistérségi) hulladékgyűjtés és ártalmatlanítás
- Regionális (nagyteréségi) hulladékgyűjtés, hulladékkezelés és ártalmatlanítás

Magyarországon egészen az 1980-as évek végéig a hulladékgazdálkodás települési szinten való megoldása volt a jellemző. Ezt azt jelentette, hogy a hulladékgyűjtését az adott település önállóan szervezte meg, ami lehetett tanácsai vállaltokkal nyújtott hulladékgyűjtési szolgáltatás, vagy csak egyszerűen egy hulladéklerakó hely kijelölése. A rendszer eredményeként alakult ki az „egy falu, egy szemétdomb” rendszer, azaz minden település rendelkezett legalább egy hulladéklerakóval. Sajnos ebben az időszakban a hulladéklerakók helykijelölését nem környezetvédelmi szempontok vezérelték, hanem az adott földterület használati értéke, ezért sok esetben a lerakókat értéktelen mély fekvésű, mocsaras, vizenyős területeken, felhagyott agyag, vagy homokbányákban jelölték ki.

Ezek a lerakók potenciális környezeti veszélyforrást jelentettek, nemcsak elhelyezésük, hanem elégtelen művelésük miatt is. A nagyobb városi lerakóban, a rendszeres beszállítás miatt, a hulladékot általában dózerrel szétterítették, de a kistelepülési, falusi lerakókban semmilyen művelést sem végeztek. Sok esetben a lerakókat a hely hiány miatt még fel is gyűjtötték.

A fejlődés következő szakaszában a városi hulladékkezelés korszerűsítése zajlott, a tömörítő, zárt felépítményű hulladékgyűjtő autók megjelenésével, valamint a hulladéklerakó helyek környezetvédelmi szempontokat is figyelembe vevő kijelölésével, illetve a lerakók természetes vagy mesterséges aljzatszigetelésével. A gyűjtésre használt eszközpark, valamint a szigetelt lerakók jelentős beruházási értéket képviseltek, ezért a hulladékgyűjtést végző vállalkozások, amelyek a 1990-es évek elejétől már gazdasági társaságként, esetleg külföldi tulajdonban működtek, elkezdték a begyűjtési terület növelését, azaz a rendszerbe fokozatosan bevonták a város környéki kistelepüléseket. Sajnos ebben az időszakban, egészen az 1990-es évek végéig, még az egészen kicsi, 20 ezer főt kiszolgáló hulladéklerakók létesítését is államilag támogatták, akkor, amikor az országban már sorra építették (pl. Debrecen, Pécs, Tatabánya, Kecskemét) a 100 ezer főnél nagyobb népességet is kiszolgáló lerakókat.

A következő és még jelenleg is zajló periódusban a kistérségi megoldásokat fokozatosan felváltották a regionális hulladékgazdálkodási rendszerek. Az átmenetet gyorsította a jogszabályi (és elsősorban környezetvédelmi szempontok) előírások miatt a régi műszaki védelem nélküli, vagy elégtelen műszaki védelemmel rendelkező lerakók megadott határidőre való bezárása, illetve az Európai Unió pénzügyi támogatása, valamint 2016-tól a Nemzeti Hulladékgazdálkodási Koordináló és Vagyonkezelő Zrt. integrációs politikája.

A regionális fejlődés másik mozgató rugója a hulladékkezelésre vonatkozó egyre szigorúbb környezetvédelmi elvárások, a hasznosítható hulladékok, csomagolóeszközök visszagyűjtésére, ipari előkészítésére, anyagában történő hasznosítására, valamint a hulladéklerakás minimalizálására vonatkozó előírásoknak való megfelelés és ennek megemelkedő költségei. Ebben a szakaszban az egyes települések, illetve kistérségek önállóan már nem voltak képesek sem műszaki, sem méretgazdaságossági és ezekből kifolyólag sem finanszírozási szempontból megoldani a hulladékok kezelését. Megállapítható tehát, hogy a szigorú előírások, a technológiai igények és a finanszírozás együttes hatására a regionális rendszerek kialakulása a 2000-es évek közepétől rendkívül gyorsan, mintegy 10-12 év alatt lezajlott.

1.3.1 Regionális hulladékgazdálkodási rendszerek kialakulása

Magyarország Európai Uniós csatlakozásának előkészítésével párhuzamosan megindult a regionális hulladékgazdálkodási rendszerek kialakítása. Az Unió előcsatlakozási alapot (ISPA) hozott létre az ország környezetvédelmi infrastruktúrájának fejlesztésére, amelynek egyik területe a hulladékgazdálkodás volt. A regionális hulladékgazdálkodási rendszerek létrehozását az alpból pályázati úton nyújtott, összességében 90%-os támogatással lehetett megvalósítani. 2004-től az EU csatlakozást követően a finanszírozást a Kohéziós Alap (KA) biztosította.

A regionális hulladékgazdálkodási rendszerek legfontosabb feladatai:

- egy adott térség hulladékgazdálkodási problémáinak együttes megoldása

- komplex megoldás kialakítása a hulladék begyűjtésére, kezelésére és ártalmatlanítására
- bezárt hulladéklerakók rekultivációja

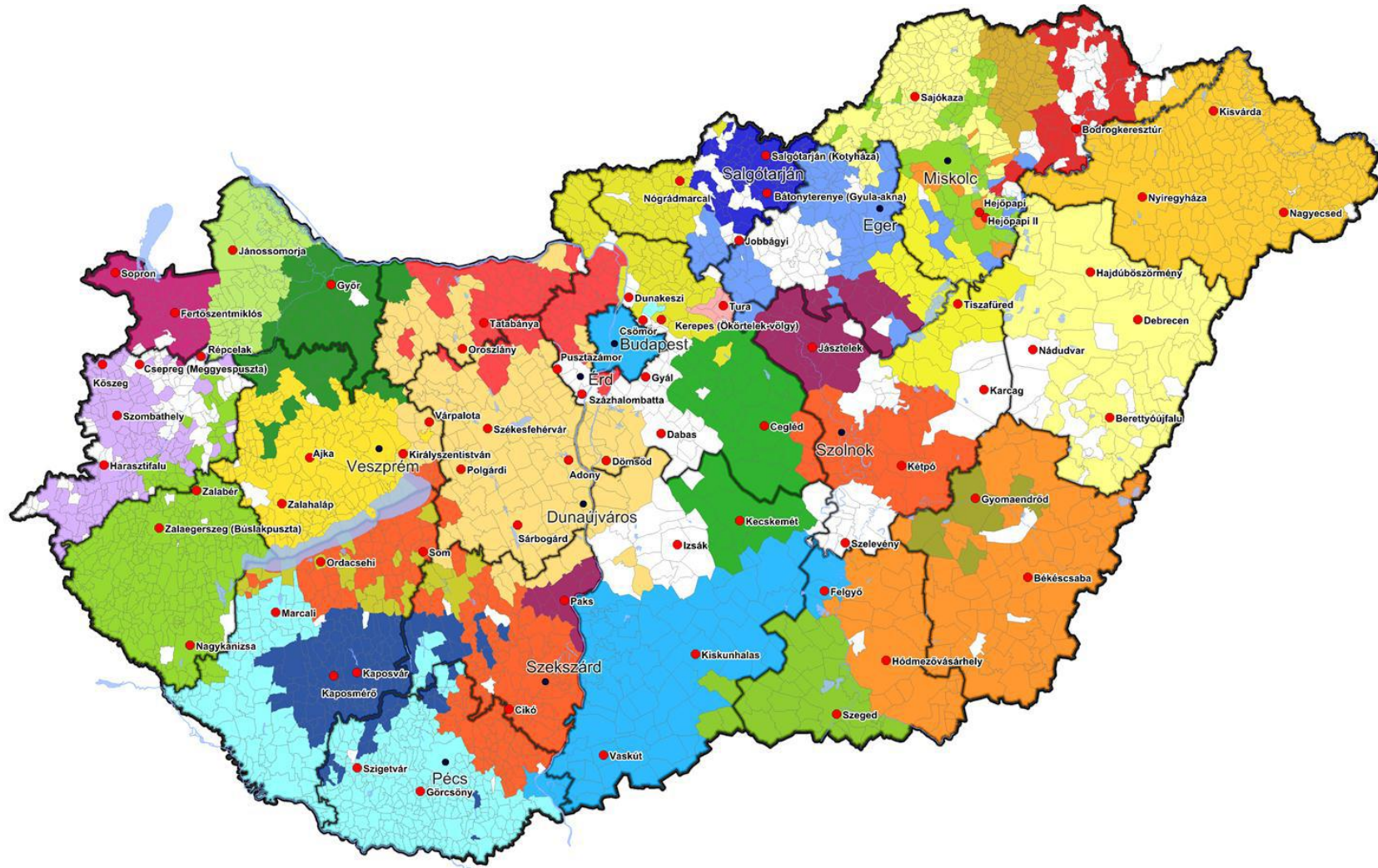
Az első időszakban 1999-2007 között a projektek a regionális hulladékgazdálkodás alapját képező központi lerakók, a regionális gyűjtőhálózat az átrakóállomások létrehozását, a hulladékok válogatást, komposztálását tűzték ki célul.

Az EU és a magyar jogi szabályozás változásával a regionális programok műszaki tartalma, hulladékgazdálkodási célkitűzései is megváltoztak.

A második szakaszban 2008-tól az előzőeken túl már a hulladékok lerakótól való minél nagyobb arányú eltérítése, a szelektív gyűjtés eszközrendszerének fejlesztése, a maradék hulladékok mechanikai-biológiai kezelése és tüzelőanyagként való hasznosítása kapott nagyobb szerepet.

Magyarországon a támogatásoknak köszönhetően a települések több mint 90%-a csatlakozott valamelyik regionális programhoz. A 3. ábra a regionális projektek elhelyezkedését mutatja be. Az ábráról leolvasható, hogy a regionális programok területe sok esetben nem az optimális logisztikai szempontok szerint alakult ki. Ennek oka, hogy a települések szabadon csatlakozhattak a projektet szervező Önkormányzati Társulásokhoz és döntéseiket sok esetben nem szakmai, hanem egyéb indokok motiválták.

Ráadásul megfelelő alapadatok és ismeretek híján a kiinduló feltételezések (pl. hulladékmennyiségek, szelektíven gyűjthető hulladékok, technológiák, beruházási és üzemeltetési költségek) főleg ISPA projekteknél, a létesítménykapacitások túlméretezését, a teljesítendő mutatók (pl. szelektíven gyűjtött mennyiségek) túlvállalását jelentették.



3. ábra: Hulladékgazdálkodási nagytársulási társulások 2013. június 1-i állapot szerint
 Forrás: Országos Hulladékgazdálkodási Terv 2014-2020

1.3.2 Integrált hulladékgazdálkodás

A regionális rendszerek létrejötte megalapozta az integrált, vagy más néven komplex hulladékgazdálkodási szemlélet kialakulását. Integrált hulladékgazdálkodásról, akkor beszélhetünk, ha egy adott térség hulladékgazdálkodási feladatait együttesen kezeljük, úgy hogy már a rendszer tervezési szakaszában a feladatok egymáshoz való kapcsolódását, szinergiáit kihasználva, a párhuzamos kapacitások kiépítését elkerülve, az optimális logisztikai és üzemméreti szempontokat követve határozzuk meg a szükséges hulladékkezelő létesítmények kapacitásait és elhelyezkedését.

Az integrált rendszerek tervezése tehát a régió hulladéktermeléséből indul ki, a létesítmények elhelyezésénél pedig a hulladék keletkezés súlypontját, a közlekedési-logisztikai szempontokat veszi alapul. Mivel a komplex módon kezelt regionális rendszerek jelentős területeket fednek le, ezért a területen belül több gyűjtési körzet alakulhat ki. Egyes körzetek közvetlenül szállítanak be a hulladékkezelő létesítményekbe, míg mások kétlépcsős hulladékgyűjtést alkalmazva átrakóállomáson keresztül. A hulladékkezelő létesítmények elhelyezését (válogató, komposzttelep, MBH, lerakó) a gyűjtőkörzetek alapján, a hulladékmennyiség, és a közlekedési-logisztikai szempontok szerint a méretgazdaságosság alapján jelölik ki. Megfelelő hulladékmennyiségek, nagy szállítási távolságok esetén egy rendszeren belül több kezelőközpont, vagy több létesítmény (pl. válogatómű, komposzttelep) is létesíthető.

2 Hulladékgazdálkodás alapjai

2.1 Hulladék fogalma, csoportosítása

A **hulladék** az ember mindennapi élete, munkája, gazdasági tevékenysége során keletkező anyag (anyagegyüttes, termék, maradvány, tárgy, leválasztott szennyezőanyag, szennyezett kitermelt föld), amelyet az adott műszaki, gazdasági, társadalmi feltételek között tulajdonosa sem felhasználni, sem értékesíteni nem tud, ill. nem kíván és ezért kezeléséről - a környezetszennyezés megelőzése érdekében - gondoskodni kell.

A hulladékról szóló 2012. évi CLXXXV. törvény szerint:

- *hulladék*: bármely anyag vagy tárgy, amelytől birtokosa megválnak, megválni szándékozik vagy megválni köteles;
- *háztartási hulladék*: a háztartásokban képződő vegyes, elkülönítetten gyűjtött, valamint lomhulladék, ideértve a lakásokban, lakóingatlanokban, a pihenés, üdülés céljára használt helyiségekben, valamint a lakóházak közös használatú helyiségeiben és területein képződő hulladékot;
- *háztartási hulladékhoz hasonló hulladék*: az a vegyes, illetve elkülönítetten gyűjtött hulladék, amely a háztartásokon kívül képződik, és jellegében, összetételében a háztartási hulladékhoz hasonló;
- *települési hulladék*: a háztartási és a háztartási hulladékhoz hasonló szilárd hulladék
- *vegyes hulladék*: a háztartási és a háztartási hulladékhoz hasonló hulladéknak az a különböző fajtájú és összetételű hulladékot tartalmazó része, amelyet az elkülönítetten gyűjtött hulladéktól eltérő külön gyűjtőedényben gyűjtenek;
- *hulladékgazdálkodás*: a hulladék gyűjtése, szállítása, kezelése, az ilyen műveletek felügyelete, a kereskedőként, közvetítőként vagy közvetítő szervezetként végzett tevékenység, a hulladékgazdálkodási létesítmények és berendezések üzemeltetése, valamint a hulladékkezelő létesítmények utógondozása;

A jelenlegi hazai szabályozással és gyakorlattal összhangban 3 fő hulladéktípust különböztetünk meg:

1. nem veszélyes hulladékok,
2. települési hulladékok,
3. termelési hulladékok,
4. mezőgazdasági, élelmiszeripari hulladékok,
5. építési-bontási hulladékok,
6. veszélyes hulladékok,
7. radioaktív hulladékok.

A gyakorlatban a fenti csoportosításon túl a leggyakrabban alkalmazott csoportosítási szempontok a hulladékok eredete és halmazállapota. A hulladékokat eredetük szerint két csoportra bonthatjuk:

- települési hulladék
 - háztartási hulladék
 - háztartási hulladékhoz hasonló hulladék
 - nem közművel összegyűjtött háztartási szennyvíz
 - építési-bontási hulladékok,
- termelési hulladékok
 - ipari és egyéb gazdálkodói nem veszélyes hulladékok
 - mezőgazdasági és élelmiszeripari nem veszélyes hulladékok

A halmazállapot szerinti csoportosítás:

- szilárd hulladékok
- folyékony hulladékok
- iszapszerű és pasztszerű hulladékok

A hulladékok tényleges jegyzékét a Hulladék jegyzék szerinti hulladék-típusokat a 72/2013. (VIII. 27.) VM rendelet határozza meg. A Jegyzék 20 főcsoportba rendezve tartalmazza a hulladékokat hat számjegyű kóddal ellátva (Hulladék Azonosító Kód – HAK). A kód első két számjegye a (1) főcsoportra, a második két számjegye a főcsoporton belüli (2) alcsoportra, a harmadik két számjegye pedig az alcsoporton belüli (3) hulladékra utal.

- Főcsoport = eredet szerinti csoportosítás:
 - a hulladékot azzal a folyamattal jellemzik, amely során keletkezik (pl. ipari, mezőgazdasági, egészségügyi, települési stb.);
- Alcsoport = anyagi tulajdonság szerinti csoportosítás
 - már több információt ad a hulladékok kezelhetőségéről, veszélyeztető hatásairól (pl. sav hulladékok, fáradt olaj stb.).
- Hulladék = hulladékfajta szerinti csoportosítás

A Jegyzék felépítéséből adódik, hogy adott hulladék több különböző tevékenység során is keletkezhet. A veszélyes hulladékokat a Jegyzékben *-al jelölik.

Példa hulladékok Jegyzékbe sorolására:

- Főcsoport:
 - **20** Települési hulladékok (háztartási hulladékok és az ezekhez hasonló, kereskedelmi, ipari és intézményi hulladékok), beleértve az elkülönítetten gyűjtött hulladékokat is
- Alcsoport
 - **20 01** elkülönítetten gyűjtött hulladék frakciók (kivéve 15 01)
- Hulladék
 - **20 01 01** papír és karton
- Veszélyes hulladék
 - **20 01 13*** oldószerek

2.2 Hulladékok összetétele

A települési szilárd hulladékokra vonatkozó mintavételt és összetétel vizsgálatot az MSZ 21420-28 és az MSZ 21420-29 szabványok alapján kell elvégezni.

A mintavételnél a következő lépéseket kell követni:

1. A vizsgálandó terület meghatározása (pl. az adott közszolgáltató szolgáltatási területe),
2. A vizsgálandó területen belül gyűjtőkörzetek kijelölése,
3. Gyűjtőkörzeteken belüli homogén (pl. beépítettség szerint) területek kialakítása,
4. Minták számának meghatározása (gyűjtőkörzetenként minimum 5 db),
5. Átlagminta képzése,
6. Mintaelemzés,

A hulladék összetételét a minta elemzésével kapjuk. A hulladékot szitákkal három frakcióra: (1) > 100 mm, (2) 20-100 mm és (3) < 20 mm bontják. Az elsődleges válogatással a > 100 mm-es, másodlagos válogatással pedig a 20-100 mm közötti frakciót elemzik. A 20 mm alatti frakciót nem válogatják. A válogatásnál a következő 13 frakciót kell különíteni:

1. biológiailag lebomló hulladék,
2. papír,
3. karton,
4. kompozit anyagok (összetett csomagolóanyagok, pl. tetrapack dobozok),
5. textíliák,
6. higiéniai hulladék,
7. műanyagok,
8. üveg,
9. fém,
10. nem osztályozott éghető anyag,
11. nem osztályozott éghetetlen anyag,
12. veszélyes hulladék
13. finom (<20 mm) frakció

2.3 Hulladékok káros hatásai

A nem megfelelően kezelt hulladék káros hatásai közvetlenül, vagy az élővilágon keresztül közvetve károsan hatnak a környezetre és az emberre. A hulladékok többféle módon szennyezhetik el a környezetet:

- Környezeti elemek szennyezése (talaj, talajvíz, levegő)
- Fertőzésveszély
- Esztétikai szennyezés

Környezeti elemek szennyezése: Ha a hulladékártalmatlanításáról nem megfelelően gondoskodnak, a hulladék elszennyezheti a talajt. A hulladékokból kimosódó anyagokat, bomlástermékeket, veszélyes anyagokat a csapadék a talaj felszínén szétmossa, az

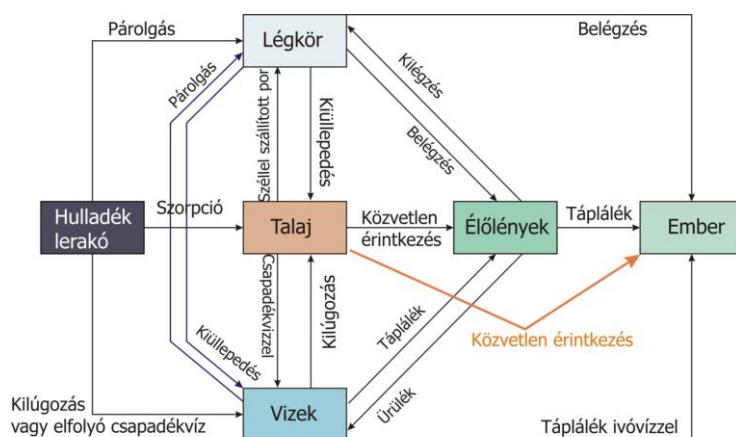
beleszivárog a talaj mélyebb rétegeibe és a talajvízbe. A kilúgozott sók, nehézfémek vízminőség romlást okoznak. A veszélyes anyag vízoldhatósága elősegíti a különben vízben nem oldódó szerves anyagok kilúgozódását. A talajban megkötődő szennyezőanyag gátolhatja a szerves és a szervetlen vegyületek vándorlását. A talajvízbe került szennyeződés elérheti a vízbázisokat ezzel elszennyezve a víznyerőhelyeket. A csapadék lemosó hatása révén elszennyeződnek az élővizek, de ugyanezt eredményezi a kezeletlen, vagy nem megfelelően kezelt kommunális és ipari szennyvíz élővízbe való bevezetése is.

A hulladékok bomlása során keletkező gázok, a por, a nagydarabos szálló hulladékok, valamint a hulladék nem megfelelő égetéséből származó füst, korom és pernye közvetlenül szennyezik a levegőt.

Fertőzésveszély: A hulladékokban fertőző betegségeket is terjesztő kórokozók (vírusok, baktériumok, stb.) találhatóak, amelyek közvetlen érintkezés révén, illetve a táplálékláncon keresztül az embert is károsíthatják. A rovarok és rágcsálók szintén a fertőző betegségek terjesztői, ezért elszaporodásukat irtással, illetve a hulladék helyes kezelésével gátolni kell.

Esztétikai szennyezés: A környezetbe kikerült hulladék rontja a tájképet. A művi környezetet esztétikailag és adott esetben ténylegesen is rombolja.

A hulladékok környezetbejutásának lehetséges útjait 4. ábra mutatja be:



4. ábra: Hulladékok környezetbe jutásának útjai
(Forrás: NAGY G. et al., 2002.)

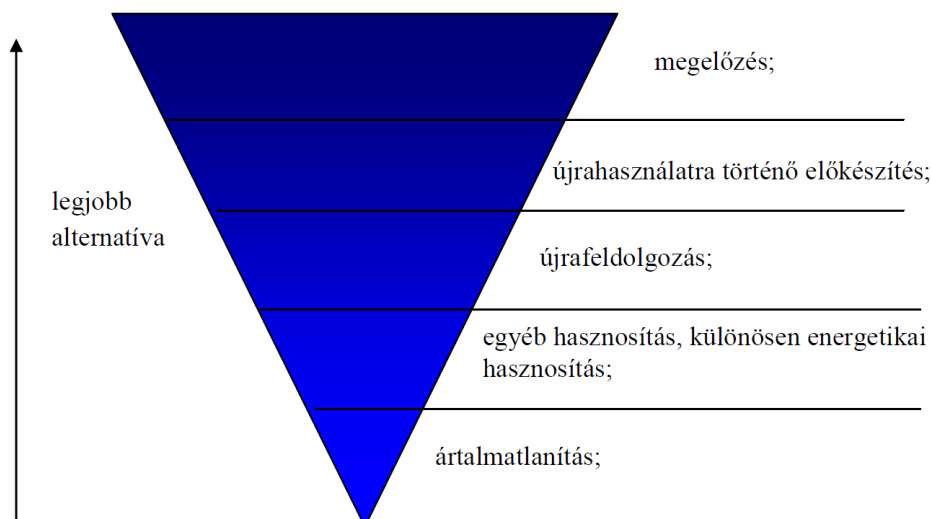
2.4 Hulladékhierarchia

A hulladék megelőzés, és a hulladékgazdálkodási tevékenységek alapját a **hulladékhierarchia rendszere** képezi (5. ábra), amely előírja, hogy a hulladékgazdálkodási tevékenységek gyakorlása során meghatározott elsőbbségi sorrendet kell biztosítani.

1. a hulladékképződés megelőzése,
2. a hulladék újrahasználatra előkészítése,
3. a hulladék újrafeldolgozása,
4. a hulladék egyéb hasznosítása, így különösen energetikai hasznosítása, valamint

5. a hulladék ártalmatlanítása.

Ez azt jelenti, hogy a meghatározott tevékenységek közül azt kell választani, amely az összességében legjobb környezeti eredményt biztosító megoldást adja. Általánosságban a legjobb megoldás a megelőzés, azonban, ha ez bizonyos körülmények között nem lehetséges, akkor a lehető legtöbb hulladék esetében kell alkalmazni az újrahasználatot, valamint az újrafeldolgozást. A hulladékot elégetni vagy lerakni csak egyéb kezelési lehetőség hiányában, a legvégső esetben lehet.



5. ábra: A hulladékgazdálkodás hierarchiája
(Forrás: Országos Hulladékgazdálkodási Terv 2014-2020)

Jogszabály írja elő, hogy ha bizonyos hulladékáramok esetében a hulladékhierarchia szerinti elsőbbségi sorrendtől eltérnek, akkor annak indokoltságát életciklus-szemléleten alapuló vizsgálati elemzéssel kell igazolni (2012. évi CLXXXV. törvény).

A hulladékhierarchia egyes szintjei értelmezése az alábbiak szerint definiálható:

Megelőzés: az anyag vagy termék hulladékká válását megelőzően hozott olyan intézkedés, amely csökkenti:

- a hulladék mennyiségét, többek között a termékek újrahasználatát, vagy a termékek élettartamának meghosszabbítása révén,
- a képződött hulladék környezetre és emberi egészségre gyakorolt káros hatásait, vagy
- az anyagok és a termékek veszélyes anyag tartalmát.

Újrahasználatra történő előkészítés: tisztítással, javítással, valamint ellenőrzéssel végzett hasznosítási művelet, amelynek során a hulladékká vált terméket vagy alkatrészét előkészítik arra, hogy bármilyen egyéb előkezelés nélkül újrahasználható legyen.

Újrafeldolgozás: a hulladékot annak eredeti használati céljára, vagy más célokra termékké vagy anyaggá alakítják át.

Egyéb hasznosítás: főként a hulladékok energetikai hasznosítása, amelynek célja a hulladék energiataralmának kinyerése és hasznosítása (pl. hő, áram)

Ártalmatlanítás: minden olyan kezelési művelet, amely a Ht. 2. mellékletében meghatározásra került. Ártalmatlanítási műveletek közé tartozik a hulladéklerakás, valamint a hulladékégetés.

2.5 Hulladékgazdálkodás tervezése

A hulladékgazdálkodás rövid, közép és hosszútávon elérendő országos stratégiai célkitűzéseinek meghatározása, a célok eléréséhez szükséges cselekvési programok kidolgozása, a hulladékgazdálkodási elvek érvényesítése és a megvalósításra irányuló tevékenységek összehangolása összetett tervezési folyamatokat igényel. A tervezés folyamán figyelembe kell venni az ország hulladékgazdálkodás területén vállalt kötelezettségeit. Az Európai Unió tagállamaiban a hulladékgazdálkodás átfogó szabályozását a 2008. december 12-én hatályba lépett A hulladékról szóló 2008/98/EK európai parlamenti és tanácsi irányelv (Hulladék Keret Irányelv - HKI) biztosítja.

A hulladékgazdálkodás tervezésekor szem előtt kell tartani a HKI előírásait, amelyek a következők:

- 2020-ig a háztartásokból származó papír-, fém-, műanyag-, és üveghulladék, illetve egyéb, a háztartásokból származó, az említettekhez hasonló hulladék esetében az újrahasználatra való előkészítést és az újrafeldolgozást tömegében átlagosan minimum 50%-ra kell növelni.
- 2015-ig elkülönített hulladékgyűjtési rendszert kell felállítani a háztartásokban képződő üveg-, fém-, műanyag- és papírhulladék vonatkozásában.
- 2016. július 1-jéig a lerakásra kerülő biológiailag lebomló szervesanyag-mennyiséget az 1995-ben országos szinten képződött a települési hulladék részét képező biológiailag lebomló szervesanyag-mennyiséghez képest 35%-ra kell csökkenteni
- 2020-ig a nem veszélyes építési-bontási hulladék újrahasználatra történő előkészítését, újrafeldolgozását és az egyéb, anyagában történő hasznosítását tömegében minimum 70%-ra kell növelni.

A hulladékgazdálkodás tervezési feladatait a Ht. (2012. évi CLXXXV. tv) a határozza meg. E szerint a tervezést az alábbi területeken kell elvégezni:

1. Országos Hulladékgazdálkodási Terv (OHT) és az Országos Megelőzési Program (OMP)
2. Országos Hulladékgazdálkodási Közzolgáltatási Terv (OHKT)

Az OHT-t a Ht-ben meghatározottak szerint a Környezetvédelmi Igazgatási Szerv, az OHKT-t 68/2016. (III.31.) Kormányrendelet előírásai szerint az NHKV készíti el.

2.5.1 NHKV Nemzeti Hulladékgazdálkodási Koordináló és Vagyonkezelő Zrt

NHKV Nemzeti Hulladékgazdálkodási Koordináló és Vagyonkezelő Zrt (NHKV) az állam által létrehozott, 100%-os állami tulajdonban lévő koordináló szervezet. Elsődleges feladata a magyarországi hulladékgazdálkodási közszolgáltatás egységes színvonalú, területileg (logisztikailag) optimális és méretgazdaságos, így fenntartható rendszerének létrehozása és működtetésének koordinálása.

Az NHKV fontosabb, jogszabályban megállapított feladatai:

- meghatározza a hulladékgazdálkodás országos céljait;
- meghatározza a hulladékgazdálkodás fejlesztésének irányait;
- ellátja az önkormányzatok közötti és a regionális koordinációt;
- elkészíti az Országos Hulladékgazdálkodási Közszolgáltatási Tervet;
- megállapítja, hogy a hulladékgazdálkodási közszolgáltatási rendszer elem fejlesztése megfelel-e az Országos Hulladékgazdálkodási Közszolgáltatási Tervnek;
- megállapítja, hogy a közszolgáltató tevékenysége megfelel-e az OKHT-ban foglaltaknak, és arról véleményt állít ki (megfelelőségi vélemény);
- a hulladékgazdálkodás országos szintű céljainak és fejlesztési irányainak teljesülése érdekében kialakítja az infrastrukturális erőforrások optimális használatának rendszerét;
- kezeli az önkormányzatok, önkormányzati társulások által önkéntesen vagyonkezelés körében rábízott vagyont;
- beszedi a közszolgáltatási díjat és kifizeti a közszolgáltatóknak a szolgáltatási díjat;
- kezeli a közszolgáltatás keretében keletkező kintlévőségeket;

2.5.2 Országos Hulladékgazdálkodási Terv

A HKI előírja, hogy a tagállamok illetékes hatóságainak egy vagy több hulladékgazdálkodási tervet kell készíteniük. Az országos tervezési szint feladata a jövőkép meghatározása, stratégiaalkotás, a célkitűzések ütemezése és számszerűsítése, a feladatok végrehajtásához szükséges jogszabályi, finanszírozási (pályázati) háttér kidolgozása. Az Országos Hulladékgazdálkodási Tervet (OHT) 7 évre kell készíteni, és a 4. évben felül kell vizsgálni, kötelező tartalmi elemeit felépítését jogszabály írja elő (2012. évi CLXXXV. törvény). Kidolgozásáért az Országos Környezetvédelmi és Természetvédelmi Hatóság a felelős.

Az OHT kiemelt fejezetei:

- A hulladékgazdálkodással kapcsolatos szakmapolitikai elképzelések;
- Hulladékgazdálkodás hazai jogszabályi háttere;
- Hulladékaramonként az adott hulladékarom kezelésének jelenlegi helyzete, a tapasztalt hiányosságok, az elérendő célok és a megvalósításhoz szükséges eszközök, intézkedések;
- A hatékony hulladékgazdálkodáshoz szükséges háttérismeret, hosszú távú tervezési célok;

2.5.3 Országos Megelőzési Program

Az erőforrások szűkössége, és nem fenntartható módon történő felhasználása egyre nagyobb terheket ró a környezetünkre. Az ipari folyamatokban és a lakossági fogyasztásban egyaránt törekedni kell a hulladék képződésének csökkentésére, megelőzésére. Az OMP a kívánt jövőkép elérése érdekében célokat tűz ki, intézkedéseket és eszközöket javasol, valamint a nyomkövethetőség érdekében indikátorokat állít fel. 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 és elősegítik a munkahelyteremtést.

Az OMP részletes tartalmát jogszabály írja elő, kidolgozásáért az Országos Környezetvédelmi és Természetvédelmi Hatóság a felelős.

2.5.4 Országos Gyűjtési és Hasznosítási Terv

Jogszabályi felhatalmazás alapján az Országos gyűjtési és Hasznosítási Terv (OGyHT) előkészítése az Állami Hulladékgazdálkodást Közvetítő Szervezet feladata. Az OGYHT-t a Magyarországon egy naptári évben a környezetvédelmi termékdíjjal érintett termékekből képződő hulladékok:

- nyomon követésére
- gyűjtésére
- szállítására
- előkezelésére
- hasznosítására

2.5.5 Országos Hulladékgazdálkodási Közszolgáltatási Terv

A tervet a Koordináló szerv (NHKV) az Országos Hulladékgazdálkodási Közszolgáltatási Tervekre vonatkozó részletes szabályokról szóló 68/2016. (III.31.) Kormányrendelet alapján készíti el, majd minden év október 31-ig felülvizsgálja. Az OHKT elfogadásáról a Kormány határozatban dönt. Az Országos Hulladékgazdálkodási Közszolgáltatási Terveknek a jogszabály alapján többek között tartalmaznia kell:

- A hulladékgazdálkodási közszolgáltatás jelenlegi rendszerét;
- A hulladékgazdálkodási közszolgáltatási területek felsorolását az OHKT készítésének időpontjában rendelkezésre álló hivatalos adatok alapján;
- Az országos célok meghatározását;
- A hulladékgazdálkodás fejlesztésének irányait;

- A közszolgáltatás ellátásának optimális területi lehatárolását;
- A minimálisan ellátandó közszolgáltatási feladatokat;
- A hulladékgazdálkodási közszolgáltatási rendszeremlek fejlesztésére vonatkozó feltételek, célok, irányok meghatározását;
- A közszolgáltató tevékenységének megfelelésére vonatkozó feltételeket;
- A közszolgáltatás keretében alkalmazandó létesítményeket, berendezéseket, eszközöket;
- Az elkülönített hulladékgyűjtés minimális infrastrukturális és minőségi feltételeit;
- A közszolgáltatóra vonatkozó pénzügyi, gazdasági minimumfeltételeket;
- A közszolgáltatási tevékenységre vonatkozó minimum műszaki feltételeket;
- Az OHKT-ban foglaltak teljesítéséhez szükséges intézkedéseket, feladatokat;

2.6 Hulladékgazdálkodási közszolgáltatás, Közszolgáltató

2.6.1 Hulladékgazdálkodási közszolgáltatás

A hulladékgazdálkodási közszolgáltatás: a közszolgáltatás körébe tartozó hulladék átvételét, gyűjtését, elszállítását, kezelését, valamint a hulladékgazdálkodási közszolgáltatással érintett hulladékgazdálkodási létesítmény fenntartását, üzemeltetését biztosító, kötelező jelleggel igénybe veendő szolgáltatás. (2012. évi CLXXXV. törvény)

A hulladékgazdálkodási közszolgáltatás biztosítása az önkormányzat feladata. A települési önkormányzatok hulladékgazdálkodási feladataikat önállóan, vagy egymással társulva is elláthatják. A közszolgáltatás ellátásának részletes szabályait a hatályos jogszabályok figyelembevételével a települési önkormányzat képviselő-testülete önkormányzati rendeletben állapítja meg.

A települési önkormányzat, vagy a Társulás a kiválasztott közszolgáltatóval a közszolgáltatói feladatok ellátására írásbeli szerződést köt. A települési önkormányzat hulladékgazdálkodási közszolgáltatási szerződést csak hulladékgazdálkodási közszolgáltatási engedéllyel, valamint az Országos Környezetvédelmi és Természetvédelmi Főfelügyelőség által kiállított minősítő okirattal és az NHKV által kiadott megfelelőségi véleménnyel rendelkező közszolgáltatóval köthet.

2.6.2 Közszolgáltató

A közszolgáltató az a hulladékgazdálkodási közszolgáltatási tevékenység minősítéséről szóló törvény szerint minősített nonprofit gazdasági társaság, amely a települési önkormányzattal kötött hulladékgazdálkodási közszolgáltatási szerződés alapján hulladékgazdálkodási közszolgáltatást lát el. (2012. évi CLXXXV. törvény)

A Ht. előírja, hogy a környezetvédelmi hatóság hulladékgazdálkodási közszolgáltatási engedélyt csak annak a hulladékgazdálkodási engedéllyel rendelkező gazdálkodó szervezetnek adhat, amelyben az állam, a települési önkormányzat vagy a települési önkormányzatok társulása a szavazatok többségével tulajdoni hányada alapján közvetlenül

vagy közvetve rendelkezik, és a társaság tulajdonosaként jogosult arra, hogy a vezető tisztségviselők és a felügyelőbizottság tagjai többségét megválassza, vagy visszahívja.

Ahhoz, hogy egy gazdasági szervezet közszolgáltatóvá válhasson az alábbi, egymásra épülő feltételeknek kell megfelelnie:

1. az állam, a települési önkormányzat vagy a települési önkormányzatok társulása többségi tulajdonában áll;
2. rendelkezik hulladékgazdálkodási engedéllyel;
3. van hulladékgazdálkodási közszolgáltatási engedélye;
4. rendelkezik az Országos Környezetvédelmi és Természetvédelmi Főfelügyelőség által kiadott minősítő okirattal, valamint az
5. NHKV által kiadott megfelelőségi véleménnyel;

2.7 Hulladékgazdálkodás szabályozása

A települési hulladékgazdálkodás szabályozásának komplex rendszere jogi, gazdasági és műszaki szabályozás alrendszerre tagolódik. Eredményes hulladékgazdálkodás csak egymást támogató, differenciált és összehangolt eszközrendszer alkalmazásával érhető el.

2.7.1 Jogi szabályozás

Hazai szabályozás

A hazai jogalkotási gyakorlatban a hulladékgazdálkodást négy szinten szabályozzák:

1. törvény
2. kormányrendelet
3. miniszteri rendelet
4. települési önkormányzat rendelete

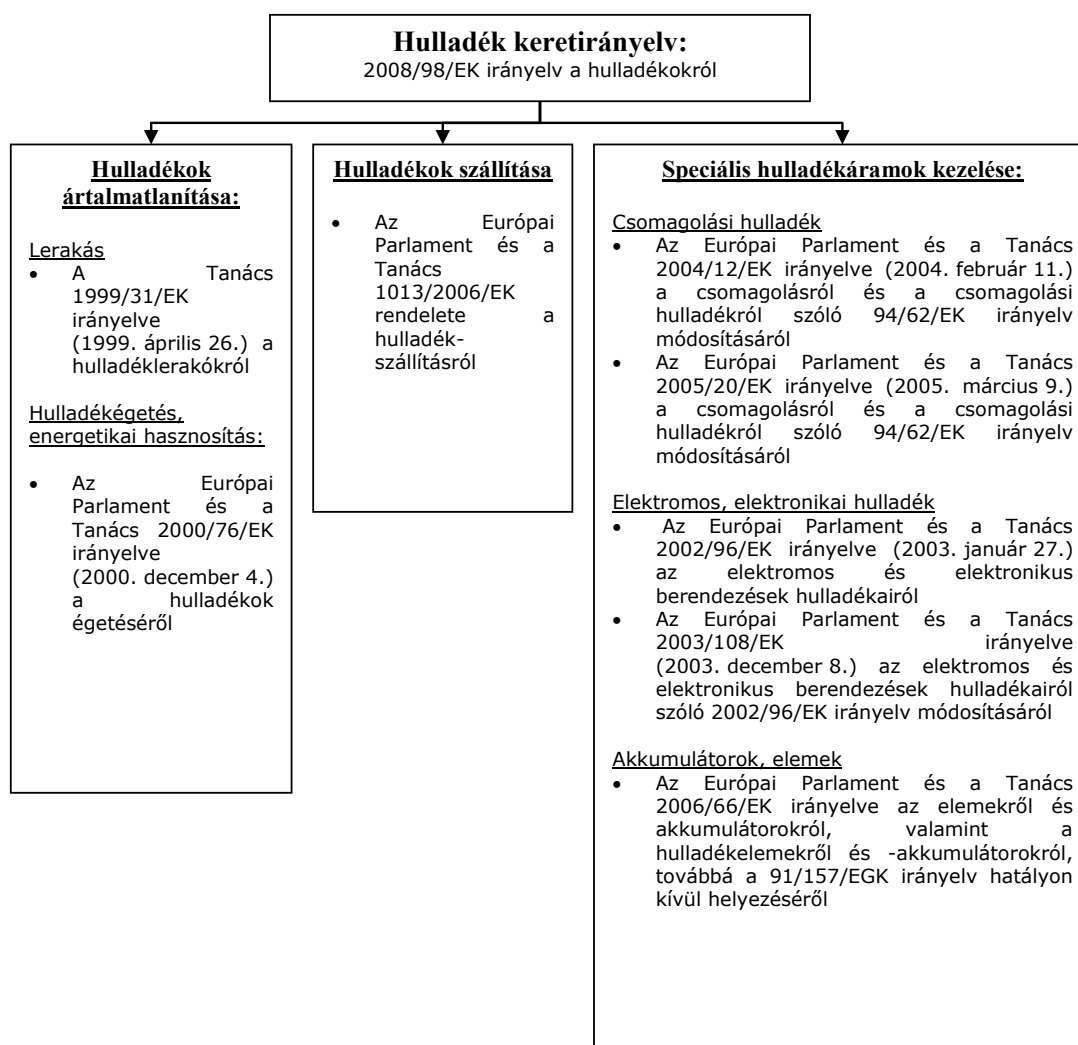
A hulladékgazdálkodást szabályozó legmagasabb szintű jogszabály a törvény. A jelenleg hatályos *2012. évi CLXXXV. törvény a hulladékról* keretjellel szabályozza a hulladékgazdálkodás kérdéseit, és alapvető szempontja az Európai Unió hulladékos direktívájának való megfelelés, a jogharmonizációs kötelezettségek maradéktalan teljesítése. A törvény rendelkezik többek között:

- A hulladékra vonatkozó általános szabályairól,
- Hulladékgazdálkodási tevékenységekről,
- A hulladékgazdálkodás egyes szereplőinek kötelezettségeiről,
- A hulladékgazdálkodási közszolgáltatásra vonatkozó általános szabályokról,
- Az egyes hulladékfajtákra vonatkozó általános szabályokról,
- A hulladék jogellenes elhelyezésével, illetve elhagyásával kapcsolatos szabályokról,
- A hulladékgazdálkodási tevékenységekhez kapcsolódó kötelezettségekről,
- A hulladékgazdálkodás tervezéséről és a
- Hulladékgazdálkodással kapcsolatos egyes hatósági tevékenységekről.

A törvény ezen túl felhatalmazást ad a területért felelős, illetve érintett minisztereknek, hogy miniszteri, vagy együttes miniszteri rendelet formájában a szakterület részletszabályait alkossák meg. Továbbá a települési önkormányzatok képviselőtestületeinek, hogy a hulladékgazdálkodási közszolgáltatás ellátásának és igénybevételének szabályait, illetve az elkülönített hulladékgyűjtésre vonatkozó részletes szabályokat rendeletben állapítsák meg.

Európai Unió szabályozás

Az Európai Unióban a Hulladék Keretirányelv átfogóan szabályozza a hulladékgazdálkodás témakörét. Az Unió szabályozás a hulladékgazdálkodás három területére terjed ki: ártalmatlanítás, szállítás, egyes speciális hulladékok kezelése. Az Unió hulladékgazdálkodási szabályozási rendszerét a lakosságnál keletkező települési hulladékok esetében alábbi 6. ábra foglalja össze:



6. ábra : Az Európai Unió települési hulladékokra vonatkozó szabályozása

2.7.2 Műszaki szabályozás

A műszaki szabályozás feladata a hulladékokkal, a hulladékgazdálkodási létesítményekkel, technológiákkal kapcsolatos konkrét műszaki követelmények, ellenőrzési módszerek, eszközök meghatározása. A műszaki szabályozás eszközei lehetnek:

- rendeletek
- szabványok
- legjobb elérhető technológia

A hulladékgazdálkodással kapcsolatos **rendeletek** tartalmazzák azokat az általános érvényű előírásokat, amelyek a jogi személyekre, állampolgárookra, hatóságokra egyaránt kötelezők. A rendeletek írják elő azokat a részletes műszaki előírásokat, amelyeket az egyes létesítmények kialakításakor kötelezően figyelembe kell venni.

A műszaki szabályozás általános formája a **szabványok** rendszere. A szabványok a műszaki megvalósítás konkrét és részletes szabályait tartalmazzák. Lehetnek nemzeti szabványok (MSZ), regionális szabványok pl. Európai szabvány (EN), de a nemzeti szabványok átvehetnek regionális szabványokat is (MSZ EN) A hulladékgazdálkodásra vonatkozó ágazati szabványok leírják a hulladékok minősítését megalapozó mintavételi és vizsgálati módszereket, valamint különböző hulladékkezelő létesítmények, berendezések, járművek, eszközök ismérveit rögzítik.

A **legjobb elérhető technológia** (Best Available Technology - BAT) elveinek alkalmazása a hulladékgazdálkodási létesítmények tervezésekor, engedélyezésekor az egységes környezethasználati engedélyezés során (IPPC) kötelező. BAT-nak nevezzük azt a technológiát, amely elfogadható műszaki és gazdasági feltételek mellett gyakorlatban alkalmazható és a leghatékonyabb a környezet egészének magas szintű védelme szempontjából. A BAT tehát nem egy konkrét technológiát jelent, hanem különböző gazdaságilag is reálisan alkalmazható és alacsonyabb szennyezőanyag-kibocsátást eredményező technológiai eljárásokra, berendezésekre vonatkozó ajánlásokat. Az erre vonatkozó legfontosabb információforrás az adott szektor BAT Referencia-dokumentuma (BREF).

2.7.3 Gazdasági szabályozás

Tekintettel a hulladékgazdálkodás kiemelt társadalmi jelentőségére, a tevékenységgel járó környezeti hatásokra, valamint a gazdasági és társadalmi elvárások közötti különbségekre a terület gazdasági szabályozása és ezáltal piacbefolyásolása kiemelten indokolt.

A gazdasági szabályozók három csoportra bonthatók:

- Támogatások
 - Hazai támogatások
 - Minisztériumi források
 - Önkormányzati céltámogatások

- NHKV
 - EU támogatások
- Környezetvédelmi célokat szolgáló elvonások
 - Környezetvédelmi előírások
 - Termékdíj
 - Betétdíj
 - Környezetterhelési díj
 - Hulladéklerakási járulék
- Hulladékgyűjtési díjak

A **támogatások** a tevékenység végzésnek feltételeit, gazdasági viszonyait javítják. Hozzájárulnak a fejlesztések finanszírozásához, ösztönzik és támogatják a korszerű, költséghatékony hulladékkezelési módszerek bevezetéséhez szükséges fejlesztések, beruházások és eszközbeszerzések végrehajtását. A támogatások elnyerése a legtöbb esetben pályázati úton történik. A támogatásért cserébe a Támogatottnak vállalnia kell a beruházások megvalósítását és meghatározott ideig történő üzemeltetést. A fejlesztés eredményeként a pályázatban előírt célok teljesítését, például a hulladék mennyiség csökkentését, a kezelési, hasznosítási arányok növelését. A támogatások forrása lehet hazai, vagy Európai Unió. Egyes támogatásokra pályázhatnak gazdasági szereplők is, míg másokat csak az önkormányzatok, vagy az önkormányzatok társulásai kaphatják meg.

Másik nagy csoportba tartoznak a **környezetvédelmi célokat szolgáló adók, járulékok** és egyéb elvonások, előírások. Ma már a legtöbb ipari tevékenységek végzése, a beruházások megvalósítása során kell megfelelni a környezetvédelmi előírásoknak, amelyek teljesítése általában jelentős többlet költséget okozhat (hatásvizsgálat, tervezés, építés, technológia, alapanyag megválasztás, szakember stb.).

A **termékdíj** a környezetszennyező anyagot tartalmazó vagy környezetszennyezővé váló, környezetet terhelő termékek árába beépített rész, amelyet elkülönítetten kell gyűjteni és környezetvédelmi célra, a környezetet terhelő tevékenységek káros hatásainak csökkentésére felhasználni. A termékdíj bevezetésével ösztönözhető a fogyasztás visszaszorítása, más környezetkímélőbb anyagok, csomagolások alkalmazása, a környezeti erőforrásokkal való takarékoskodás. Jelenleg az alábbi termékek után kell a gyártónak, vagy a forgalmazónak termékdíjat fizetnie: csomagolóeszközök, reklámhordozó papírok, elektronikai berendezések, hűtőberendezések, akkumulátorok, gumiabroncsok, üzemanyagok, kenőolajok, festékek és lakkok, gépkocsik.

Betétdíjat azon termékek esetében kell a forgalmazónak felszámítania, amelynek visszafogadása a környezet terhelésének, szennyezésének csökkentése érdekében indokolt. A betétdíjas termék forgalmazója köteles a használt termék visszavételéről és megfelelő kezeléséről gondoskodni, és a forgalmazáskor felszámított betétdíjat a termék visszaszolgáltatójának megfizetni.

A **környezetterhelési díj** egy olyan szabályozó, ösztönző adó, amely elősegíti a környezetbe való kibocsátások csökkentését. Az adó alanya a környezethasználatot végző kibocsátó. Környezetterhelési díj alapja lehet víz-, talaj-, vagy levegőterhelés.

A **hulladéklerakási járulékot** a lerakott hulladék mennyisége után kell megfizetni. Ez a járulék is felfogható egyfajta környezetterhelési díjnak. A befolyt összegből támogathatók a lerakott hulladék mennyiségének csökkentésére tett intézkedések.

A harmadik csoportba tartoznak a **hulladékgazdálkodási bírságok**. Ezt a bírságot a hulladék termelőjének, tulajdonosának, birtokosának, szállítójának, kezelőjének kell fizetnie, abban az esetben, ha a hulladékokról szóló rendeletekben előírt kötelezettségeit megszegi, vagy engedély nélküli tevékenységet folytat. A bírságot a kötelezettségszegés jellegének, a hulladék mennyiségének és veszélyességének megfelelően kell megállapítani.

3 Hulladékgyűjtés

A hulladékgyűjtés a hulladék összegyűjtése hulladékkezelő létesítménybe történő elszállítás céljából. Hulladékgyűjtés csak gyűjtésre vonatkozó hulladékgazdálkodási engedéllyel végezhető.

3.1 Hulladékgyűjtés típusai

A hulladékgyűjtését az alkalmazott tárolóeszközök, a gyűjtést végző járművek kialakítása, illetve a gyűjtést követően a hasznosító, ártalmatlanító létesítménybe való közvetlen szállítás, vagy a szállítás előtti átrakás alapján sorolhatjuk be. Az alkalmazott osztályozási rendszer (Nagy G et al., 2002.) a következő:

- Ürítéses rendszer
 - Félpormentes ürítéses rendszer
 - Pormentes ürítéses rendszer
- Cserekonténeres rendszer.
- Zsákos rendszer.

Az **ürítéses rendszerben** a hulladékot a helyszínen a gyűjtőedényből a gyűjtést végző járműbe ürítik. *Félpormentes* gyűjtés esetén nyitott, vagy zárt felépítményű járműbe a hulladékot kézzel ürítik. A kézi ürítés miatt a gyűjtőedénnyel szemben támasztott követelmények is egyszerűbbek, nem csak szabványos edényzet, hanem más tárolóeszközök is használhatók. A nyitott felépítmény, illetve a kézi ürítés következtében a gyűjtés helyén jelentős porképződést okozhat. A nyitott felépítményről szállítás közben is további kiporzás, esetleg hulladékszóródás történhet. A félpormentes szállítás nem elégíti ki a Ht. azon előírását sem, amely szerint minden hulladékgazdálkodási tevékenységet úgy kell a végezni, hogy az a környezetet a lehető legkisebb mértékben érintse és ne okozzon környezetszennyezést. A félpormentes gyűjtés korszerűtlen, alkalmazása nem javasolt.

A *pormentes ürítési rendszerben* a gyűjtőjármű felépítménye zárt, a hulladék gyűjtése és átadása a járműhöz rendszeresített szabványos, zárt edényzetben történik. Az edényzetet gépi ürítőszerkezettel, az edényzet tetejének a zárt ürítő térben való nyitásával ürítik. Ezáltal elkerülhető a porképződés, illetve a por külső környezetbe való jutása. A pormentes ürítés a gyakorlatban – így Magyarországon is – a legelterjedtebb begyűjtési módszer.

A **cserekonténeres rendszerben** a hulladékot különféle méretű ($3,5 - 36 \text{ m}^3$), szabványos konténerekben gyűjtik. Veszélyes hulladékok esetében kisebb ($0,5 \text{ m}^3$) konténerek is alkalmazhatók. A megtelt konténereket speciális konténeremelő és szállító felépítménnyel rendelkező jármű – az üres cserekonténer lehelyezése után – felszedi és elszállítja. Ezt a rendszert általában lakótelepeken, vagy ritkán lakott peremterületeken, ahol sok esetben az ingatlanok előtt szilárd burkolatú út sincs, használják. Itt az alkalmazott edényzet térfogata általában kicsi, $3,5-7 \text{ m}^3$, ráadásul a benne hulladék tömörítésére sincs lehetőség, ezért az elszállított súly alacsony, a szállítás fajlagos költsége pedig magas. Háztartási hulladékok gyűjtésénél a cserekonténeres rendszer alkalmazása fokozatosan háttérbe szorul.

A rendszer továbbfejlesztett változata, amikor a 20-22 m³-es felépítményű járműveket „nagykonténer” (3 -10m³) ürítőszerkezettel látják el és a konténerek ürítése helyben történik.

A cserekonténeres rendszer jellemzően ipari, termelési, kereskedelmi és intézményi hulladékgyűjtésnél elterjedt, amikor egy helyen, rendszeresen nagymennyiségű hulladék képződik. Ekkor a rendszer kiegészülhet tömörítő berendezéssel is, amely lehet a konténerrel egybeépített, vagy telepített. A hulladék a tömörítőrendszeren keresztül, préseléssel jut a konténerbe, amely 1:3, 1:4 arányban tömöríti azt, ezáltal a fajlagos szállítási költségek is hasonló arányban csökkenthetők.

Zsákos gyűjtési rendszerben a hulladékot műanyag zsákokban gyűjtik és közvetlenül a gyűjtőautóba rakják. A gyűjtés nyitott, vagy zárt felépítményű járművel is végezhető. A szállítási kapacitás jobb kihasználása miatt a tömörítő jármű alkalmazása a kedvezőbb. Zsákos gyűjtést az edényes gyűjtés mellett az eseti hulladék elszállítására, vagy időszakosan képző hulladék gyűjtésére – pl. üdülőterületek -, illetve szelektív gyűjtésre használnak. Az emblémával, jelzésével, a gyűjthető anyagokra vonatkozó felirattal ellátott zsákokat a közszolgáltatónál lehet megvásárolni. Szelektív gyűjtés esetén a zsákot általában a szolgáltató biztosítja, ami a zsák bekerülési költsége miatt a rendszer elterjedésének, illetve költséghatékonyságának korlátja.

3.2 Hulladékgyűjtés eszközei

3.2.1 Edényzet

A korszerű hulladékgyűjtési technológiák alkalmazása megköveteli a gyűjtőjárművekhez igazodó szabványos gyűjtőedények használatát. Az edények között két nagyobb csoportot megkülönböztethetünk meg: (1) a gyűjtőautókhöz rendszeresített, fésűs és/vagy a csapos megfogású beürítő berendezésekhez, (2) konténeremelő és konténerszállító berendezésekhez kialakított konténereket.

Az első csoportba tartozó edényzetek az MSZ EN 840-1-5:2013 szabványsorozat szerint meghatározott méretekben és kialakításban készülnek. Ezen edények alapanyaga jellemzően HDPE műanyag. A kisebb maximum 400 literes edények két kerékkel, az ennél nagyobb, maximum 1700 literes edények pedig négy kerékkel szereltek. Magyarországon jellemző méretek: 80, 110, 120, 240, 770 és 1100 liter.



7. ábra: 80, 120, 140, 180, 240 és 360 literes kétkerekű gyűjtőedény
(Forrás: ESE Kft)

A kis edényeket (7. ábra) főleg családi házas környezetben használják, vagy olyan történelmi városrészekben, ahol a szűk kapualjak, illetve a kis tárolóhely a nagyobb edény használatát nem teszi lehetővé.

A nagyobb négykerekű konténer (8. ábra) használata inkább a lakótelepeken, társasházi környezetben terjedt el, ahol több lakás használ közös edényt. A Magyarországon használt edények mérete 770 és 1100 liter.



8. ábra: 660, 770 és 1100 literes négykerekű gyűjtőedény
(Forrás: ESE Kft)

A második csoportba a nagyterefogatú, fémből készült konténer (9. ábra) tartoznak. Ezek a konténer (10. ábra) alakításuk szerint két csoportba sorolhatók: (1) hagyományos, DIN 30720 szabvány szerint 3-17m³ méretben (2) görgős hordozószerkezetre (szánkó) szerelt DIN 30722 szabvány szerint maximum 7 m hosszú és 36 tonna teherbírású konténer. Mindkét csoporton belül találkozhatunk nyitott, zárt, és fedeles kialakítású konténerrel (9. ábra és 10. ábra). Az első csoportban a kialakítás lehet még szimmetrikus vagy aszimmetrikus is.



9. ábra: DIN 30720 szabványú konténer
(Forrás: <http://www.a1-container.de/>)



10. ábra: DIN 30722 szabványú görgős konténer
(Forrás: Seres Kft)

3.2.2 Járművek

A szolgáltatók a hulladékgyűjtés során a keletkező hulladék mennyiségének, összetételének, a hulladékgyűjtési módnak és a használt edényzetnek megfelelő gyűjtőjárművet használnak. A járműveket kialakításuk szerint az alábbiak szerint csoportosíthatjuk:

- Zárt, tömörítés nélküli felépítményű gyűjtőjárművek
- Tömörítéses felépítményű gyűjtőjárművek
 - Tömörítőlapos;
 - Forgódobos;
- Konténerszállító járművek
 - Kétkaros, láncos;
 - Egykaros horgos (más elnevezéssel: görgőkonténeres, euroliftes, abrollkonténeres);

Zárt, tömörítés nélküli felépítményű járműveket kicsi 1-3 m³-es rakodási kapacitás és alacsony 3,5 -5 tonna összsúly jellemzi. A felépítményt általában ellátják edényürítő szerkezettel, amelyet a jobb oldalon, az úttesttel ellentétesen helyeznek el. Az ilyen járműveket ma már csak speciális gyűjtési körülmények között használják:

- Kisteherbírású díszburkolatok;
- Szűk, sikátorjellegű utcák (pl. történelmi belvárosok);
- Keskeny hegyvidéki utak, régi dűlőutak (pl. Pécssett a Mecsek-oldali dűlők);

A **tömörítéses felépítményű gyűjtőjárművek** a korszerű hulladékgyűjtési alapgépei. A felépítmények térfogata 4- 22 m³ között változik, az általánosan elterjedt méretek a 16 és 20 m³-es felépítmények. A kisebb, 4-10 m³-es felépítmények alkalmazását a gyűjtési körzet sajátosságai (szűk utcák, domborzati viszonyok, utak és átereszek teherbírása) indokolják. A hulladékgyűjtő felépítmény két fő részből áll: (1) edényemelő és ürítőszerkezet és (2) hulladékgyűjtő tartály. A felépítményeket a gyártók a hulladékgyűjtés sajátosságainak megfelelően kialakított, egyedi alvázakra szerelik.

A **tömörítőlapos felépítmény** (11. ábra) tömörítő berendezése a (1) tartólapból a (2) tömörítő lapból és a (3) kitolólapból áll.



11. ábra: Tömörítőlapos gyűjtőautó
(Forrás: Seres Kft)

A hulladék a tömörítő lap körmozgásával kerül a rakodóteknőből a gyűjtőtartályba és a tartólapnak a tömörítő lappal történő felfelé mozgása révén a kitolólapal szemben tömörödik. A megfelelő tömörség elérésekor a kitolólap a ráható nyomás hatására a felépítmény belseje felé mozdul, így helyet teremt a következő adag hulladék számára. A folyamat addig folytatódik, amíg a kitolólap befelé való mozgással a felépítmény belső végéig ér. Üritéskor a folyamat ellentétes, a jármű megemeli a hátfalat, a kitolólapot pedig egy hidraulika henger az eredeti helyzetébe tolja vissza. A hulladék a megemelt hátfal nyílásán az ürítő helyre hullik.

A **forgódobos felépítmény** (12. ábra) tömörítő berendezése (1) forgó dobból és (2) egy csökkenő menetemelkedésű csigából áll. A forgó dobban történik a hulladék tömörítése és szállítása. A hulladékot a dob belső oldalán kialakított menetszerűen körbefutó borda és a csökkenő menetemelkedésű csiga a közöttük lévő résen keresztül juttatja a dob belsejébe, amely egyben a hulladék aprítását is biztosítja. Az aprítás hatékonyságának fokozására a csigát fogazattal is elláthatják. A dob belsejében lévő borda a hulladék mozgását biztosítja, gyűjtésnél a dob belseje felé, ürítéskor a forgásirány megváltoztatásával a dob eleje felé szállítja.



12. ábra: Forgódobos gyűjtőautó felemelt hátfallal
(Forrás: <http://www.bobc3d.com>)

A **kétkaros, láncos konténerszállító** (13. ábra) a hagyományos konténerek emelésére és szállítására alkalmas. A felépítmény két emelőkarból áll. A karok leengedése után a konténer emelőcsapjára rákapcsolják a karokon lévő láncot, majd megemelik a konténert. A konténer

emelés közben függőlegesen áll, mivel a láncok csuklóként viselkednek. A konténert ürítés (billentés) közben a lánc (vagy a konténer) reteszelésével egy ponton rögzíteni kell.



13. ábra: Kétkaros konténerszállító járművek
(Forrás: Seres Kft)

Az **egykaros, horgos konténerszállító** (14. ábra) járművek több elnevezése pl. euroliftes, görgős konténerszállító, abrollkonténeres, is elterjedt. A konténer mozgatása az egykaros, csuklós emelőszerkezettel történik, amely a konténert megemeli és a konténeren, illetve az alvázon lévő görgők segítségével az alvázra húzza. A szállítási költségek javítására a konténerszállítóhoz pótkocsi is kapcsolható. Ebben az esetben első ütemben a gépes alvázra kerül a konténer, amit a második ütemben áttol a pótkocsira. Ezt követően a gépes alvázra újabb konténer emelnek, majd rákapcsolják a pótkocsik. A konténerek lerakása vagy ürítése ellentétes sorrendben zajlik. Az ilyen járműszerelvények megengedett összgördülő tömege 40 tonna, ami a jármű önsúlyának (alváz, konténeremelő felépítmény és a pótkocsi súlya) függvényében 16-18 tonna hasznos terhelést tesz lehetővé.



14. ábra: Egykaros, horgos konténerszállító járművek
(Forrás: Seres Kft)

3.3 Hulladék gyűjtése

A hulladék gyűjtése a jogszabályi követelményeknek megfelelően csak pormentes rendszerben végezhető. Az igénybevevők által összegyűjtött hulladékot a közszolgáltató az önkormányzat rendeletében meghatározott gyakorisággal gyűjti. Gyűjtési tevékenység csak gyűjtésre vonatkozó hulladékgazdálkodási engedéllyel végezhető. (Ht.) Települési hulladékot csak hulladékgazdálkodási közszolgáltató gyűjthet.

A többféle hulladék gyűjtése miatt egy-egy háztartást hetente többször is fel kell keresni. Ezért nagyon fontos, hogy a gyűjtési tevékenységet komplexen kezeljük, és a tervezésnél

vegyük figyelembe a gyűjtendő hulladékfajták körét, az egyes csoportok tulajdonságait, mennyiségét és keletkezési ciklikusságát.

A hulladékgyűjtés és szállítás során kétféle gyűjtési rendszert különböztethetünk meg:

- együtemű gyűjtés
- kétütemű gyűjtés

Együtemű gyűjtésnél a begyűjtött hulladékot a gyűjtőjárművek közvetlenül a hulladékkezelő központba szállítják.

Kétütemű gyűjtésnél a begyűjtött hulladékot a gyűjtőjárművekből speciális távolsági szállításra alkalmas járművekbe rakják át, amelyek azt a hulladékkezelő központba szállítják.

3.3.1 Vegyes (maradék) hulladékgyűjtés módszerei

Vegyes hulladékgyűjtés

Vegyes hulladékgyűjtésről akkor beszélünk, ha a gyűjtőedénybe a keletkező hulladékot válogatás nélkül helyezik el. A maradék hulladékgyűjtés a vegyes gyűjtés korszerűbb változata, amikor az elkülönítetten gyűjtött hulladékok (pl. hasznosítható hulladék, kerti hulladék, stb.) után megmaradó, vegyes hulladékhányadot gyűjtik.

A gyűjtést biológiailag lebomló hulladékot is tartalmazó vegyes hulladék esetén legalább heti rendszerességgel kell végezni. A gyűjtőjárművek a számukra kijelölt járatprogram (menetrend) szerint járnak be a gyűjtési területet.

A gyűjtési terület kijelölését befolyásoló tényezők:

- Gyűjtési gyakoriság (heti 1-2-3... alkalom)
- Településszerkezet (falu, város, lakótelep)
- Utcák, utak kialakítása, domborzat
- Használt edényzet mérete
- Igénybevevők (ingatlanok) száma
- Telephely és a gyűjtőkörzet távolsága
- Kezelő/ártalmatlanító telep/telepek távolsága
- Területen lévő kiegészítő gyűjtések, ha vannak pl.:
 - Szelektív gyűjtés,
 - Biohulladék gyűjtés

A járatprogram összeállításánál figyelembe kell még venni azokat a fizikai korlátokat is, amelyek a gyűjtési teljesítmény befolyásolják (Leitol Cs, 2014):

- egy óra alatt leüríthető edényzet (elérhető háztartás) száma
- a gyűjtőjármű hasznos teherbírása

Fenti tényezők együttes hatása alapján összeállíthatók az adott településre, vagy régióra vonatkozó a járatprogramok, meghatározható a szükséges járművek száma, kapacitása. A járatprogram tartalmazza az adott jármű napi gyűjtési területét, azaz a legyűjtendő utcák listáját, kis települések esetén egy, vagy több települést. A korszerű logisztikai tervezésnél az utcák gyűjtési sorrendjét is meghatározzák.

Átrakóállomás – kétlépcsős hulladékgyűjtés

A regionális hulladékgazdálkodás elterjedése, a helyi hulladéklerakók bezárását és rekultivációját követően a nagytérségi (regionális) hulladéklerakók rendszerének létrejötte következtében a hulladékszállítási rendszert át kellett alakítani. A regionális hulladéklerakók vonzaskörzetében a beszállítási távolságok jelentősen emelkedtek. A regionális lerakókba 60-70 km-ről, egyes esetekben még távolabbról is történnek beszállítások. Ilyen távolságoknál mindig meg kell vizsgálni a kétlépcsős hulladékgyűjtés bevezetésének lehetőségét.

A kétlépcsős hulladékgyűjtési rendszer bevezetésének műszaki feltétele az átrakóállomás létesítése. Első lépésben ki kell jelölni a gyűjtőkörzetet. Az átrakóállomás gyűjtőkörzetének azt a területet nevezzük, ahonnan a hulladékot az átrakóba szállítják. A gyűjtőkörzet rendszerint több települést foglal magába. Átrakóállomás telepítésénél mindig vizsgálni kell a gazdasági szempontokat is. Ez azt jelenti, hogy elemezni kell a gyűjtőkörzetből a hulladékkezelő központba való közvetlen beszállítás költségeit, beleértve a szükséges eszközállomány beruházási költségeit is. Ugyanezt az elemzést el kell végezni az átrakóállomásos változatban is. A gyakorlati tapasztalatok azt mutatják, hogy 12-15 ezer tonna éves hulladékmennyiség és 40 km fölötti távolság esetében már nagy valószínűséggel indokolt az átrakóállomás telepítése.

Második lépés a gyűjtőkörzeten belül az átrakóállomás helykijelölése, ahol olyan elemzést kell végezni, amely a gyűjtőkörzet súlypontját jelöli ki.

Az elemzés során figyelembe kell venni:

- az ellátott körzet nagyságát (lakos szám, ingatlanszám, hulladéktermelők, stb.)
- a kezelt hulladék fajtáját, mennyiségét
- az átrakó közlekedési kapcsolatát
- a hulladékkezelő központtal való kapcsolatokat (távolság, úthálózat, földrajzi elhelyezkedés,)

A helykijelölésnél figyelni kell arra is, ha a gyűjtőkörzeten belül van egy domináns település, amely a körzet hulladékának meghatározó részét (> 30-40%) adja, akkor lehetőleg az adott település és a kezelőközpont közé telepítsük az átrakót.

Az átrakóállomásokat csoportosíthatjuk kialakításuk:

- rámpás, gravitációs ürítéssel
- felhordó szalagos, illetve

és műszaki megoldásuk szerint:

- tömörítéssel átrakás (préses)
- tömörítés nélküli átrakás (nagy térfogatú (>70 m³) járműbe, pl. walking floor pótkocsi)

Rámpás átrakóállomásnál az ürítő helyet legalább 5-5,5 m-rel ki kell emelni a présberendezés elhelyezési, vagy a távolsági szállítójármű beállításához szükséges útburkolat szintjéhez képest. A beérkező hulladékszállító járművek a felhajtórámpán az ürítési területre jutnak, ahol rátolatnak a leürítő helyre. A rámpára felhajtó utat és az ürítő helyet célszerű úgy kialakítani, hogy a járművek előremenetben tudjanak az ürítő helyre hajtani, majd a leürítő helyre rátolatni és ürítés után előremenetben a rámpáról lehajtani.

A leürítő helyet úgy kell kialakítani, hogy a hulladék kiporzását és kiszóródását megakadályozza. Ezért általában fedett, három oldalról, vagy teljesen zárt ürítő helyet alakítanak ki. A kiporzás megakadályozására a modern átrakóállomásokon „ködágyúkat” telepítenek, amelyek finom vízpárát fejlesztenek és fújnak a garat fölé. A porszemcsék rátapadnak a vízpárára és visszahullnak a garatba. Az ürítő hely mellé kezelőhelyiséget kell telepíteni, ahol a gépészeti technológiai vezérlése és a kezelőszemélyzet kap helyet. A kezelőhelyiséget célszerű úgy kialakítani, hogy a kezelő közvetlenül beleláthasson a garatba, vagy ha ez nem megoldható, akkor erre a célra öntisztító kamerarendszert kell telepíteni.

A rámpás átrakóállomás műszaki kialakítása lehet tömörítéssel és tömörítés nélküli.

Tömörítéssel átrakóállomás technológiai elemei:

- fedett ürítő hely garattal
- présfej
- préstartály
- sínrendszer
- mozgó szerkezet
- vezérlés (présvezérlés, telítettségjelző, konténercsere, tisztítóciklus)
- kiegészítő berendezések (pl. pormentesítő – ködágyú)
- csurgalékvíz gyűjtő és kezelő rendszer

Tömörítéssel átrakóállomásnál (15. ábra) a beérkező hulladékot az ürítőhelyen gravitációs úton egy telepített présgép garatába ürítik, ahonnan a présszerkezet azt a cserélhető tartályba préseli. A tartályok mozgatását sínszerkezettel biztosítják, a sínszerkezeten egyszerre – az átrakóállomás kapacitásának és a hulladék-feldolgozó létesítmény távolságának függvényében - minimum három konténer elhelyezését kell biztosítani.



15. ábra: Préses átrakóállomás

A modern átrakóállomásoknál a tartály telítettségének figyelése és cseréje automatikus folyamat. Ma már nem a tartály kapacitásának kihasználása a megoldandó feladat, hanem a tartályba préselt hulladék maximális súlyának beállítása. Ugyanis a tartályokat elszállító járműszerelvények összgördülő tömege nem haladhatja meg a 40 tonnát, útvonalengedéllyel pedig a 44 tonnát. A járműszerelvények önsúlya általában 22-24 tonna között változik, tehát a hasznos terhelés 16-18 tonna lehet, amit a két konténer között kell elosztani. A hasznos terhelésből látható, hogy préses átrakóállomásról egy járműszerelvényel nagyjából két átlagos (16 m^3) gyűjtőautó által leszedett mennyiséget lehet egy fordulóban elszállítani.

Az átrakóállomások kapacitástervezésénél figyelembe kell venni, hogy a napi beszállítás nem egyenletes, hanem két esetleg három csúcspontja van. A reggel azonos időben induló gyűjtőautók nagyjából azonos időben telnek meg és érkeznek az átrakóállomásra. Az első csúcspont 10-11 óra körül, a második 13-14 óra között alakul ki. A két csúcspontban érkezik a napi mennyiség kb. 85-90%-a. Az átrakóállomás gépészeti kapacitását tehát a csúcspontokra kell méretezni, úgy hogy a gyűjtőjárművek várakozását minimalizálják.

Az átrakóállomás kapacitásának függvényében – a torlódások elkerülésére - több ürítő hely is kialakítható. Ekkor egy időben több gyűjtőautó tud üríteni. A tervezésnél ez nagyon fontos szempont, mert még a kifejezetten átrakóállomásra tervezett prések ütemideje, illetve a tartályváltások ideje is elérheti a 8-10 percet. A normál préseknél ez az idő akár 25-30 perc is lehet, ezért alkalmazásukat kerülni kell, mert 3-4 gyűjtőautó közel egy időben való beérkezésekor az utolsó autó az ürítéssel együtt akár két órát is az átrakóállomáson tölthet.

Tömörítés nélküli átrakóállomásokat (16. ábra) a 2000-es években a mozgópadozós pótkocsi (walking floor – WF) technológiának köszönhetően újra felfedezték. A tömörítés nélküli WF átrakóállomás gépészeti technológiája:

- fedett ürítő hely garattal
- WF pótkocsi (mozgó padozattal)
- pótkocsi pozicionáló
- hidraulikus mozgató szerkezet a padozat vontató nélküli mozgatásához

- kiegészítő berendezések (pormentesítő – ködgyű)
- csurgalékvíz gyűjtő és kezelő rendszer

A rámpa és az ürítő hely kialakítása megegyezik a tömörítéses átrakónál bemutatottal. Alapvető különbség azonban, hogy a garatból a hulladék egyenesen a WF pótkocsiba hullik. A hulladékot a mozgó padozat viszi a garat alól a pótkocsi belsejébe. A WF pótkocsik nagy kapacitásúak, a hulladékszállításra használt változataik 90-100 m³-resek. A padozat mozgása a vontatóról, vagy hidraulikus tápegységről biztosítható. Átrakóállomásoknál ez utóbbi megoldást alkalmazzák, mert a pótkocsi töltéséhez nincs szükség a vontató jelenlétére. A vontató ez idő alatt a teli pótkocsit viszi a kezelőközpontba és ürítés után az üreset hozza vissza az átrakóra.



16. ábra: Tömörítés nélküli WF átrakóállomás

A WF átrakóállomás kapacitásának függvényében több ürítő hely is kialakítható. Ekkor egy időben több pótkocsi rakodására is lehetőség van. Egy hidraulikus mozgatószerkezet két pótkocsi egyidejű rakodását tudja biztosítani, így kettőnél több pótkocsi együttes rakodásához újabb hidraulikus mozgatóegységet kell telepíteni.

A WF pótkocsis szállítás előnye a préskonténeres szállítással szemben, hogy nem kell felesleges súlyt (konténeremelő szerkezet, préstartályok) vinnie, a pótkocsi alumíniumból is kialakítható, ezért könnyű. A WF szerelvény önsúlya 14-16 tonna között változik, tehát a hasznos terhelése 24-26 tonna lehet. Ez azt jelenti, hogy mintegy 50%-al több hasznos terhet (hulladékot) lehet egy fordulóban elszállítani, mint a préses átrakóállomásról.

A **felhordó szalagos átrakóállomásoknál** (17. ábra) a rámpa helyett feladó bunkert építenek, amely lehet földbesüllyesztett, vagy földfeletti kialakítású. Az átrakás lehet préses, vagy tömörítés nélküli (WF). A felhordó szalagos átrakóállomások technológiai eszközei:

- feladóbunker;
- felhordó szalag;
- vízszintes kétirányú osztószalag (két garat egyidejű, vagy váltakozó töltésére);
- átadógarat;
- préses átrakóállomásnál:

- présfej;
- préstartály;
- sínrendszer;
- mozgató szerkezet;
- vezérlés (présvezérlés, telítettségjelző, konténercsere, tisztítóciklus);
- WF átrakóállomásnál:
 - WF pótkocsi (mozgó padozattal);
 - pótkocsi pozicionáló;
 - hidraulikus mozgató szerkezet;
- csurgalékvíz gyűjtő és kezelő rendszer;

A beérkező hulladékot a gyűjtőautóból közvetlenül a feladóbunkerbe ürítik, vagy földalatti feladóbunker esetében az ürítés történhet az ürítőtérre is, ahonnan tolólapos járművel lehet a hulladékot a bunkerbe adagolni. A feladóbunker térfogatának, vagy az ürítőtérnek növelésével a hulladéktároló kapacitás növelhető, így az autók folyamatosan üríthetnek, nem kell megvárniuk, amíg a szalag elhordja a hulladékot.

A felhordó szalag a hulladékot préses átrakónál a présgarat, vagy WF pótkocsinál a pótkocsi fölé szállítja és átadógarattal a présgaratba, vagy a pótkocsiba táplálja. Amennyiben egy időben több prést, vagy pótkocsit kell tölteni, akkor a felhordó szalagról a hulladék egy vízszintes elrendezésű, kétirányú osztószalagra kerül, amely a két végpontjánál elhelyezett berendezéseket tölti.



17. ábra: Felhordó szalagos átrakóállomás
(Forrás: ASA Magyarország Kft)

A préses és a tömörítés nélküli átrakás gépészete, működése megegyezik a rámpás átrakóállomásnál bemutatottal.

3.3.2 Szelektív hulladékgyűjtés

Szelektív hulladékgyűjtés esetén bizonyos hulladékkalkotókat elkülönítve - edényben, vagy zsákban gyűjtjenek.

Szelektíven gyűjthetők:

- hasznosítható hulladékok/csomagolóanyagok (papír, műanyag, fém, üveg, stb.);
- kerti hulladékok (fű, ágyesedék, növényi maradványok);

- biológiailag lebomló hulladékok (konyhai hulladékok, zöldség maradványok);
- veszélyes hulladékok;

A szelektív gyűjtési rendszer kialakítása és felfuttatása minimum 6-8 éves időigénnyel jár. A hulladékgazdálkodásról szóló törvény szerint a fogyasztó köteles a szelektív hulladékgyűjtésben részt venni, azonban a külföldi tapasztalatok is azt mutatják, hogy jól működő rendszer esetében is a lakosságnak legfeljebb 70-80%-os részvételével számolhatunk.

Az optimálisan elérhető hulladék visszagyűjtési arányok (Köztisztasági Egyesülés Szakmai Füzet 4., 2003; Kiss T., 2005):

- papírféleségeknél 60-70%;
- műanyagoknál 30-40%;
- fémeknél 80-90%;
- üvegnél 60-70%;
- textilhulladéknál 60-70%;
- veszélyes összetevőknél 60-70%;

A szelektív gyűjtés módszerei:

- házhoz menő gyűjtés (keletkezés helyén való gyűjtés)
 - edényes;
 - zsákos;
- gyűjtőszigetek/gyűjtőpontok (elhordásos rendszer);
- hulladékudvar;
- akciók (pl. veszélyes hulladékgyűjtés, iskolai gyűjtés);

Házhoz menő gyűjtés

Házhoz menő gyűjtés a családi házas területek jellemző gyűjtési módja. Ennél a módszernél a gyűjtést ingatlanonként végzik, az elkülönítve gyűjtött anyagokat edényben, vagy zsákban adják át a közszolgáltatónak.

Edényes gyűjtésnél a hasznosítható hulladékokat anyag fajtánként külön edényben, vagy egyben gyűjtik. Külön edényes gyűjtésnél az edényeket külön-külön kell üríteni, azaz annyiszor kell felkeresni egy háztartást ahányféle hulladékot gyűjtenek. Ez bonyolult tervezést, több járművet, nagyobb személyzetet igényel és ráadásul a gyűjtött hulladékok utóválogatására ekkor is szükség van. Ezen indokok hatására megfigyelhető az ilyen rendszerek visszaszorulása, átalakítása.

Magyarországon –felhasználva ezeket a tapasztalatokat is - az egyedényes és a zsákos módszer az elterjedtebb. Az edénybe, vagy a zsákba a hasznosítható hulladékokat, az üveg kivételével, vegyesen lehet gyűjteni. Az üveget a közterületen, forgalmas helyeken (pl. buszmegállóknál, boltoknál) elhelyezett konténerbe gyűjtik. Az üveg elkülönített gyűjtése

egyrészt az utóválogatásnál előforduló balesetveszély (törött üveg okozta vágási sérülések), másrészt a másodnyersanyag előkészítésének eltérő folyamata miatt szükséges.

Hasznosítható hulladékok/csomagolási hulladékok gyűjtése történhet edényben és zsákban. A szelektív gyűjtés bevezetésének kezdeti időszakában az 1990-es évek végén Magyarországon induló elkülönített gyűjtés szinte kizárólag zsákos módszerrel történt. Az Európai Unió által pénzügyileg támogatott Kohéziós Alap (KA) finanszírozásával terjedő szelektív gyűjtéseknél azonban az edényes gyűjtés felé történt elmozdulás. Ennek oka elsősorban a zsák magas beszerzési költsége a benne lévő hasznosítható hulladék értékéhez képest, illetve a támogatásnak köszönhetően az edény beszerzésének önrésze kisebb volt, mint a zsákbeszerzés éves költsége.

Az edényes szelektív gyűjtésnél kulcskérdés az edény méretének helyes megválasztása, mivel ez hatással van az egész szelektívgyűjtési folyamat szervezésére. Az edényméretet az alábbi tényezők befolyásolják:

- gyűjtési gyakoriság
- hulladék-összetétel
- szelektívgyűjtési hajlandóság/együttműködési készség
- beépítettség és településtípus

A gyűjtési gyakoriság a szelektív gyűjtés költségcsökkentésének egyik legfontosabb tényezője. Nyugat-Európában megfigyelhető trend, hogy a gyűjtési gyakoriság fokozatosan csökken, ma már nem ritka a havi egyszeri gyűjtés sem. Magyarországon a zsákos gyűjtés kezdeti heti egyszeri gyakorisága kezd átalakulni és az edényes gyűjtés is a kétheti egy alkalom felé kezd elmozdulni.

A hulladék összetétel szintén jelentős befolyásoló elem. A fogyasztói szokások átalakulásával, a vezetékes víz helyett a palackozott vizek fogyasztása mára általánossá vált, illetve egyre több háztartásban előtérbe kerül a félkész, vagy csak melegítést igénylő ételek felhasználása, amelyek rengeteg csomagolóanyag hulladékot termelnek. Főként városi környezetben az egyre több kéretlen szóróanyag, reklámújság miatt rengeteg papírhulladék keletkezik. Az utóbbi évtizedekben a hulladék összetételét vizsgálva megállapítható, hogy a műanyag hulladékok aránya elérte, sőt a nagyobb településeken már meg is haladta a papír hulladékok arányát, ráadásul a súlyarányuk a teljes hulladékáramon belül is emelkedett.

Fontos tényező a szelektív gyűjtési, illetve együttműködési hajlandóság is. Ezt azt jelenti, hogy a lakosságot tudatformálással, megfelelő környezeti neveléssel, a szelektív gyűjtés eredményeinek folyamatos visszajelzésével lehet mindinkább bevonni a szelektívgyűjtésbe. Az együttműködésnek fontos területe a gyűjtendő anyagok lakosság általi minimális előkészítése, térfogatcsökkentése (például a PET palackok összenyomása, a papírdobozok széthajtogatása, tejes dobozok, joghurtos poharak kiöblítése stb.), valamint a szelektívgyűjtés tisztaságának – a nem odaillo anyagok maradék hulladékban való elhelyezése – biztosítása is.

Beépítettség és település típus befolyásolja a keletkező hulladék mennyiségét és összetételét (pl. városi vs. kistelepülési hulladék), otthoni felhasználási, hasznosítási lehetőségeit. A beépítettség, az ingatlan nagyságok hatással vannak az edények helyszükségletének biztosítására (pl. utcatoros beépítésnél a szűk kapualjakban csak kisméretű edények mozgathatók, vagy helyezhetőek el).

Fenti tényezők együttes hatásai alapján lehet meghatározni az adott területen alkalmazandó edényzet méretét. Az edény várható élettartama 10-15 év, tehát amikor az edényméret mellett döntünk, akkor erre az időtávra kell meghatározni a gyűjtési paramétereket. Vagyis a döntésnél be kell kalkulálni, hogy az adott pillanatban éppen megfelelő edényméret nem biztos, hogy a fogyasztói trendek miatt 5-10 év múlva is megfelelő lesz.

Magyarországon a **zöld (kerti) hulladékok** elkülönített gyűjtése 2000-es évek kezdett elterjedni és még ma is kisebb területen érhető el, mint a hasznosítható hulladékgyűjtés. A gyűjtés végezhető zsákos és edényes módszerrel is. Itt inkább a zsákos gyűjtés az elterjedtebb. A komposztálás folyamán azonban problémát okozhat a zsák, ezért az edényes gyűjtés is elkezdődött. Az edény méretének meghatározása, azonban jóval összetettebb, mint a hasznosítható hulladékgyűjtésnél. A telkek eltérő méretei, a telken folytatott tevékenységek (díszkert, konyhakert, pázsit, fák, burkolt felületek stb.) szinte ingatlanonként más-más igényvel bírnak, ami gyakorlati tapasztalatok szerint lehetetlenné teszi az egységes edényméret megállapítását. Ezen problémák miatt inkább a lebomló zsákok alkalmazása kezd előtérbe kerülni.

A **biológiailag lebomló hulladékok** elkülönített gyűjtése még csak kezdeti szakaszban van. Ezt a hulladékfajtát tulajdonságai miatt inkább edényben javasolt gyűjteni. A biológiailag lebomló hulladékok elkülönített gyűjtése esetén két fontos tényező van: (1) megfelelő hasznosítási infrastruktúra megléte és (2) a gyűjthető hulladékok körének ennek megfelelő pontos meghatározása. E két elem egymással szoros kapcsolatban van, mert a hasznosítási technológia (általában anaerob kezelés) tulajdonságai (hőmérséklet, tartózkodási idő) határozzák meg, hogy milyen hulladékot lehet begyűjteni.

Az edényméret megállapításánál figyelembe kell venni, hogy az ilyen típusú hulladékot legalább heti egyszeri gyakorisággal be kell gyűjteni, továbbá a hulladék összetételén belüli kis mennyiségét is. Ha csak bizonyos kevésbé problémás alkotókat gyűjtünk (pl. zöldségmaradványok: krumpli héj, banánhéj, stb.) akkor megfontolható a kerti hulladékokkal való együttes gyűjtés is.

Gyűjtőszigetes gyűjtés

A **gyűjtőszigetes gyűjtés** főként a lakótelepeken alkalmazható módszer, de a szelektív gyűjtés bevezetésekor a kisebb településeken is a gyűjtőszigetek jelentek meg először.

A hulladékgyűjtő sziget: különböző fajtájú, hasznosításra alkalmas hulladék elkülönített gyűjtésére és a közszolgáltatónak történő átadására szolgáló, felügyelet nélküli, közterületen kialakított, folyamatosan a lakosság rendelkezésére álló hulladékgyűjtő pont, amelyre gyűjtőedényt telepítettek. (246/2014. (IX. 29.) Korm. rendelet)

A gyűjtősziget kialakításának szabályait, műszaki feltételei jogszabály határozza meg, amelynek legfontosabb előírásai:

- közterület-használati engedély birtokában, nyílt téren létesíthető.
- a hulladékgyűjtő sziget alkalmas legyen a gyalogosan és gépjárművel történő megközelítésre;
- a hulladékgyűjtő szigetre legalább 3 hulladékfajta elkülönített gyűjtését lehetővé tevő, jelzéssel, illetve felirattal ellátott gyűjtőedény legyen telepítve;
- a hulladék környezetveszélyeztetést kizáró módon történő gyűjtése, a hulladékgyűjtő szigetre telepített gyűjtőedény gyűjtőjárművel történő ürítése biztosított legyen.
- gyűjtőszigetet kizárólag a közszolgáltató üzemeltethet gyűjtésre vonatkozó hulladékgazdálkodási engedéllyel.
- A hulladékgyűjtő szigetre telepített gyűjtőedényben csak hasznosításra alkalmas, és a gyűjtőedényen feltüntetett jelzés, felirat szerinti nem veszélyes települési hulladék helyezhető el.
- A közszolgáltató, valamint a települési önkormányzat a hulladékgyűjtő szigetre telepített gyűjtőedényben elhelyezhető hulladék jellegéről, fajtájáról, valamint elszállításának gyakoriságáról a lakosságot honlapján és a helyben szokásos módon tájékoztatja.

A gyűjtő szigetek elhelyezése a gyűjtés hatékonyságának kulcskérdése. A kényelmes lakossági megközelítés érdekében a tervezett ráhordási távolság nem lehet nagyobb 200-300 m-nél. Egyes felmérések eredménye szerint a lakosok 250-350 m-nél nagyobb távolságot nem hajlandóak megtenni a szelektív hulladékgyűjtő szigetig. (Kiss T, 2005)

Gyűjtési tapasztalatok alapján a szigetek elhelyezésénél úgy kell tervezni, hogy 500-1000 lakosra jusson egy sziget. A szigetek közötti távolságot befolyásolja a lakósűrűség, azaz pl. tízemeletes házaknál közelebb, míg négyemeletes lakókörnyezetben nagyobb távolságra lehetnek egymástól a szigetek. Az elhelyezésnél minden esetben célszerű figyelembe venni a kiemelt gyalogosforgalmú útvonalakat, csomópontokat, mint a helyi járatú buszmegállók, boltok, iskolák és egyéb intézmények.

A gyűjtőszigetekeken alkalmazott konténer lehet:

- alulürítő (1-2,5 m³);
- felül ürítő (1,1 m³);
- földbe süllyesztett (4-5m³);

Az **alulürítéses** kialakítású konténereket (18. ábra) daruval és speciális nyitófejjel lehet üríteni. A nyitófej horgait a konténer tetején található két fülbe akasztják, majd megemelik azt a gépkocsin lévő nyitott konténer vagy plató fölé. Amikor az edény az ürítő hely fölé ér a nyitófej átterhel a fix fülre szabad mozgást engedve az ürítő mechanikának. A konténerben lévő hulladék súlya az aljzatot szétnyitja és a hulladék az a gyűjtőjárművön lévő felépítménybe hullik. Ürítés után a nyitófej visszaterhel a nyitószerkezetre és bezárja a konténer alját.



18. ábra: Alulürítős gyűjtősziget
(Forrás: BLOKOM Kft)

A **felülürítős** gyűjtőszigetek konténerai (19. ábra) a vegyes gyűjtésnél alkalmazott 1.100 literes edények szelektív gyűjtésre átalakított változata. A rendszer előnye, hogy az edényzet tömörítős gyűjtőautóval üríthető és a manipuláció is gyorsabb, mint a darus ürítés. Hátránya, hogy a szigetek egy gépjárművel csak egy fajta hulladék üríthető, így ha a szigeten három hulladékáramot gyűjtünk, akkor háromszor kell felkeresni azt.

Ilyen típusú gyűjtőszigeteknél megfontolandó, hogy az üvegyűjtő konténereket ne tömörítős autóval ürítsük, mert az üvegtörmelék gyorsan koptatja a felépítmény belsejében lévő csúszó alkatrészeket. E helyett gyakran alkalmazott megoldás az 1100 literes edényemelővel ellátott görgős konténer.



19. ábra: Felülürítős gyűjtősziget

Az egy szigeten lévő azonos hulladékáramot gyűjtő konténerok számának változtatásával szintén javítható a gyűjtés hatékonysága. A gyakorlati tapasztalatok alapján általában a műanyaggyűjtő konténerok telnek a leggyorsabban, míg az üvegyűjtők a leglassabban. Ezért sok esetben a műanyaggyűjtő konténerok számát megduplázzák, míg az üvegyűjtők esetében az ürítési gyakoriságot csökkentik.

A gyűjtőszigetek konténeireit színekkel is megkülönböztetik így a kék a papír, sárga a műanyag, zöld és fehér az üveg, szürke a fém színe. A színek mellett a konténeken fel kell tüntetni a bennük gyűjthető hulladékokat is, célszerű nemcsak a fajtát (pl. műanyag), hanem a gyűjthető hulladékok teljes listáját is megadni. Ezek a feldolgozó infrastruktúrához igazodva (válogatómű) változhatnak. Például sok helyen a műanyaggyűjtő konténerbe helyezhetők el a kombinált csomagolóanyagok (tejes, gyümölcslés dobozok) és a fémek is.

A konténeket a bennük gyűjtött hulladékoknak megfelelően kialakított bedobó nyílásokkal látják el. A papír bedobó nyílása hosszú és keskeny, míg a műanyag és üveg bedobó nyílása kör alakú. Ezzel biztosítható az is, hogy a konténerbe csak azokat a hulladékokat helyezték el, ami oda való.

A **földbesüllyesztett** gyűjtőszigetek (20. ábra) Magyarországon még kevésbé elterjedtek, ilyenekkel találkozhatunk pl. Siófokon. A rendszer a föld alatt kialakított (1) aknából, a benne elhelyezett (2) mobil tárolóból (Big-Bag zsák) és a föld feletti (3) tetővel egybeépített bedobó egységből áll. A rendszer esztétikus, bármilyen környezetbe jól illeszthető, a látható része csupán a földfeletti bedobó egység, amelyet a környezethez alkalmazkodva lehet kialakítani, lehet pl. modern rozsdamentes acél, vagy rusztikusabb fával burkolt is. A rendszer előnye az esztétikus, városképbe illeszthető megjelenése mellett a tároló nagy térfogata, hátránya pedig a kiépítés magas költsége.



20. ábra: Földbesüllyesztett gyűjtősziget
(Forrás: Molok Ltd.)

A szigetek ürítésénél a fedelet a bedobó szerkezettel együtt felhajtják, majd a Big-Bag zsákokat daruval kiemelik és az aknában új zsákokat helyeznek el. A hulladékot a zsákkal együtt szállítják el, így egy alkalommal a teljes gyűjtősziget (papír, műanyag, üveg) a hulladékok keveredése nélkül leüríthető.

Hulladékudvar

A hulladékudvarok (20. ábra) olyan átmeneti tároló helyek, ahová a lakosok elhelyezhetik a nem rendszeresen keletkező hulladékaikat. A hulladékudvarok célja, hogy a regionális

kezelőközpontok nagy távolsága miatt egy a lakóhelyükhöz közeli elhelyezési lehetőséget találjanak.

A szolgáltatás a hulladékgyűjtési közszolgáltatás kiegészítése, mivel főként azoknak a hulladékfajtáknak az átvételét biztosítja, amelyek a háztartási hulladékgyűjtőkbe nem helyezhetők, a lomtalanítási akciók során nem lettek elszállítva, valamint lehetőséget biztosít a hasznosítható hulladékok elhelyezésére.

A hulladékudvarok a problémás anyagok kezelésére is megoldást jelentenek (természetesen felszereltségtől függően). A háztartási hulladékba kerülő veszélyes hulladékok (akkumulátor, szárazelem, gyógyszer, festékes, és vegyszeres csomagolóanyagok) környezetszennyező hatása nagymértékben korlátozható mennyiségük csökkentésével.



21. ábra: BIKOM Nonprofit Kft Pécs, Eperfás úti hulladékudvara
(Forrás: BIKOM Nonprofit Kft)

Hulladékudvar létesítésénél figyelembe kell venni:

- a kiszolgálandó lakosság létszámát;
- a gyűjthető hulladékok körét és várható mennyiségét;
- a terület megközelíthetőségét, közlekedési kapcsolatait;
- hasznosítási és ártalmatlanítási lehetőségeket;

A hulladékudvarokat a lakosság jobb elérésének biztosítására célszerű belterületen belül kialakítani, így csökkenthető a ráhordási távolság és könnyebben elérhető a lakosság együttműködése a hulladékudvar használatára. Mivel a hulladékudvar létesítése és üzemeltetése egyaránt költséges a helymeghatározásnál figyelembe kell venni hogy minél nagyobb számú lakos számára legyen elérhető.

A hulladékudvar tervezésénél meg kell megbecsülni az igénybevétel nagyságát, ami az évek során hazai és külföldi tapasztalatok alapján várhatóan emelkedni fog. Például Pécsi Eperfás úti hulladékudvarban a beszállított mennyiség a 2004-es 868,4 tonnáról 2013-ra 2166 tonnára emelkedett. (BIOKOM Nonprofit Kft)

A hulladékudvarba a hulladékot a lakosság saját maga szállítja be. A beszállítás általában személygépkocsival, személygépkocsi utánfutóval és kisteherautóval (maximum 3,5 tonna) történik. A hulladékot fajtánként a hulladékudvar személyzetének közreműködésével a kijelölt konténerekbe rakják. Az egyes konténerekbe rakható hulladékokról tájékoztató táblák, feliratok és piktogramok adnak tájékoztatást.

A tároló konténereket a hulladékmennyiség és a szállítási kapacitás gazdaságos kihasználásának függvényében kell méretezni. A jelenlegi gyakorlat szerint a 12 -32 m³ tárolókapacitású görgős konténereket használnak:

- 24-32 m³ nyitott konténer: lom, papír, műanyag, zöldhulladék, fémhulladék, gumiabroncs;
- 24-32 m³ zárt konténer: papír, műanyag, elektronikai és elektromos berendezések;
- 12-15 m³ nyitott: építési törmelék, üveg, fémhulladék;
- 20' speciális kialakítású, saválló, duplaaljú kármentővel ellátott konténer: veszélyes hulladékok;

A veszélyes hulladékok tárolása erre a célra létesített építményben is megoldható, ebben az esetben a tároló hely aljzatát a veszélyes hulladék hatásainak ellenálló burkolattal, alatta szivárgó és szigetelő rendszerrel, valamint kármentővel kell kialakítani. Az elektronikai és elektromos berendezések szintén tárolhatók zárt tároló helyen.

A kiszállítást a közszolgáltató, vagy a hulladékhasználó végzi, a konténerekhez rendszeresített görgős konténerszállító járműszerelvényekkel.

A hulladékudvarok tervezésekor a be és kiszállítási útvonalakat úgy kell kialakítani, hogy a lakossági és üzemi forgalom lehetőség szerint minél jobban elkülönüljön, és egymást ne keresztezze. A térburkolat teherbírását a szállító járművekre kell tervezni, ezért a kiszállítási útvonalon minimum a járműszerelvénynek megfelelő 40 tonna teherbírást kell figyelembe venni. A konténertároló teret a görgős konténerek mozgásakor keletkező hatások miatt célszerű beton (bazaltbeton) felülettel kialakítani. A térburkolatoknál gondoskodni kell a csurgalék-, és csapadékvizek szétválasztásáról és elkülönített gyűjtéséről, kezeléséről.

Hulladékudvarok kialakítása szerint két alaptípus különböztethető meg:

- rámpás kialakítás;
- egyszintes (sík) kialakítás;

Rámpás kialakítás esetén a beszállítási útvonal a térszinttől + 1,8 – 2,0 m-re kiemelt rakodóterületre vezet. A konténerek az alsó szinten helyezkednek el és a rakodóterülethez fűrészfogszerűen (22. ábra) kialakított támfallal csatlakoznak.



22. ábra: Rámpás hulladékudvar, térlefedéssel

Így a rakodóterületről a konténerek felülről, kényelmesen rakódhatnak. A fűrészfogas elrendezés miatt a konténerek hosszanti oldalukkal csatlakoznak a rakodóterülethez, ezért a pakolás a teljes konténerben könnyedén megoldható. A konténerek elszállítása és cseréjes az alsó szintről történik.

Egyszintes kialakításnál (23. ábra) a konténerek és a rakodóterület egy síkban található. Az ilyen típusú hulladékudvaroknál a beszállított hulladék konténerekbe való rakódása nehezebb. A görgős konténerek magassága (2,2 m) miatt a hulladékot csak a hátul elhelyezkedő ajtón keresztül lehet rakódni, ezért a konténerek személygépkocsi utánfutóval való körbejárásáról gondoskodni kell. A nagyobb súlyú hulladékok (építési törmelék, üveg, fém) elhelyezésére szolgáló konténerek oldalmagassága 1-1,2 m, ezért oldalról is rakódhatnak. Ezeket a konténereket úgy kell elhelyezni, oldalról melljük lehessen állni. Egyes hulladékoknál (pl. papír, műanyag) mozgatható 1.100 literes edényürítővel ellátott konténereket használnak. A beszállított papírt 1100 literes edénybe teszik, majd a kezelő az edényürítő szerkezettel a konténerbe üríti. Az edényürítő a konténer mellett kialakított sínen a konténer oldala mellett mozgatható, így biztosítva a konténer teljes kapacitásának kihasználását. Az egyszintes hulladékudvarok létesítése kisebb költséggel jár, ezért alkalmazásuk kisebb igénybevétel esetén (pl. kisebb településeken) javasolt.



23. ábra: Szintes hulladékudvar

A hulladékudvarban a hulladék az átvétel időpontjától számított 1 éven túl nem tárolható, tehát elszállításáról legalább évente egyszer gondoskodni kell. Az átvett és tárolt, valamint a elszállított hulladékról naprakész üzemnaplót kell vezetni, az üzemeltetőnek el kell készíteni a hulladékudvar üzemeltetési szabályzatát. A hulladékudvarban gyűjthető hulladékok körét

jogszabály, a 246/2014. (IX. 29.) Kormányrendelet határozza meg. A hulladékudvarban kommunális hulladék nem gyűjthető!

A hulladékudvarokban a gyakorlatban gyűjtött hulladékok a következők:

- hasznosítható hulladékok: papír, műanyag, üveg fémhulladék, zöldhulladék,
- elektronikai és elektromos berendezések: elektromos háztartási készülékek, hűtők, szórakoztató elektronikai berendezések, számítógépek, monitorok,
- bútor, lom,
- építési törmelék,
- gumiabroncs,
- háztartásban keletkező veszélyes hulladékok: lejárt szavatosságú gyógyszerek, akkumulátorok, szárazelemek, növényvédő szerek és csomagoló anyagai, festékes göngyöleg, használt sütőzsiradék

A hulladékudvarban szakszemélyzetet kell biztosítani a kezelői feladatok ellátására a lakosság tájékoztatására, a beszállított hulladékok átvételére és elhelyezésében való közreműködésre. A szakszemélyzetének hulladékgazdálkodási vagy környezetvédelmi szakirányú képesítéssel vagy szakoktatásban való részvételt igazoló dokumentummal kell rendelkeznie. A hulladékudvar nyitvatartását a lakossági igények figyelembevételével úgy kell meghatározni, hogy használata hétköznapi napokon és a hétvége valamelyik napján a lakosság számára biztosított legyen.

Szelektívgyűjtési akciók

Iskolai papírgyűjtésnél az iskola papírhulladék gyűjtése céljából évente legfeljebb 2 alkalommal és alkalmanként legfeljebb 5 nap időtartamban papírhulladék-gyűjtési kampányt szervezhet, amelynek során a papírhulladékot a vele jogviszonyban álló gyermektől, tanulótól gyűjtésre vonatkozó hulladékgazdálkodási engedély nélkül, a területén kialakított átvételi helyen átveheti. Az átvett papírhulladék kezeléséről a nevelési-oktatási intézmény gyűjtőnek, kereskedőnek, hulladékkezelőnek vagy a közszolgáltatónak való átadással gondoskodik. (2012. évi CLXXXV. törvény)

Veszélyes hulladékgyűjtéskor a meghirdetett napokon a lakosság a kijelölt helyszíneken, szakképzett személyzet közreműködésével, jogszabályoknak megfelelő infrastruktúra biztosítása mellett tudja a háztartásban keletkezett veszélyes hulladékait átadni.

3.3.3 Lomtalanítás

Lomtalanítás során a rendszeres hulladékgyűjtéskor nem elszállítható nagydarabos hulladékok begyűjtése és elszállítása történik. Lomtalanításkor veszélyes lomhulladék nem helyezhető ki, illetve nem szállít el a közszolgáltató. Lomtalanítást évente minimum egy alkalommal kell a közszolgáltatónak meghirdetni.

A lomtalanítás gyakorlata alapján két típus különböztethető meg:

- közterületi lomtalanítás;
- házhoz menő lomtalanítás;

Közterületi lomtalanításkor a meghirdetett időpontra a lakosság a lomokat az utcára helyezi ki. A rendszer sajátosos velejárója, hogy a hulladékok kihelyezése a meghirdetett időpont előtt 1-2 nappal már megkezdődik és előfordulnak késők is, akik a lomtalanító járat elhaladása után helyezik ki a hulladékot. Ebben az esetben a közszolgáltatónak újra vissza kell mennie a területre. Másik probléma a városkép időleges elcsúfítása és a korán kitett hulladék időjárás általi széthordása. Ugyancsak nagy gondot jelentenek guberálók, akik a lomot széttúrják, a kihelyezett tárgyakból, elektromos készülékekből a használható alkatrészeket az utcán, jelentős szennyezést okozva, kibontják. Ezt a tevékenységet ugyan jogszabály tiltja, de ellene hatékony fellépés nincs. Amennyire lehetséges a lomtalanítás e fajtájának alkalmazását mellőzni kell.

Házhoz menő lomtalanítás esetében a lomtalanításra vonatkozó közszolgáltatást az ingatlanhasználó csak a közszolgáltatóval előre egyeztetett időpontban veheti igénybe. Ekkor főként nagymennyiségű lomhulladék esetén a szolgáltató előre kihelyezett konténert is biztosíthat, amelyet a lomtalanítás napján elszállít. Házhoz menő lomtalanításkor a lomhulladék közterületen nem helyezhető el.

4 Hulladék válogatása

A szelektív gyűjtésből származó hulladékok általában nem alkalmasak közvetlen, másodnyersanyagként való felhasználásra. A hasznosítható hulladékot feldolgozó vállalatok a beszállított másodnyersanyagokkal szemben minőségi követelményeket fogalmazznak meg, amelyeket a beszállítóknak teljesíteniük kell. A gyakorlati tapasztalatok alapján még a lakossági szelektív gyűjtésből származó hulladékok sem alkalmasak válogatás, ipari előkészítés nélkül hasznosításra. Ezeket az előkészítési műveleteket – anyag, fajta, és szín szerinti elkülönítés, bálázás, tömörítés, - hulladékválogató művekben végzik.

A jogszabály fogalom meghatározása alapján válogatómű: a hulladék előkezelésére szolgáló hulladékkezelő létesítmény, amelyben a hulladék és a hulladékból kinyerhető hasznosítható összetevők válogatását végzik (246/2014. (IX. 29.) Korm. rendelet)

A válogatóművekben általában a szelektívgyűjtéssel összegyűjtött hasznosítható hulladékok (papír, műanyag, fém, kombinált csomagolóeszközök) válogatását végzik. A fejlett technológiák lehetővé teszik a vegyes hulladék válogatását is. Ebben az esetben a válogatóműben a vegyes, bomló szervesanyag-tartalmú frakciót géppel kell szétválogatni és egy lépésben az anyagában hasznosítható frakció további válogatását is el kell végezni.

4.1 Válogatóművek típusai

A válogatóműveket műszaki kialakításuk, a válogatás módja, az alkalmazott technológiai gépek, berendezések mennyisége alapján a következő három csoportba sorolhatjuk:

- kézi válogatóművek
- gépesített válogatóművek
- automatizált (optikai) válogatóművek.

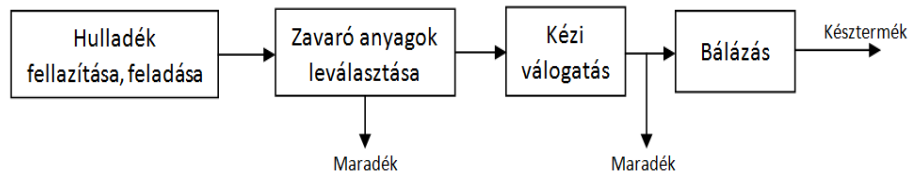
4.1.1 Kézi válogatómű

Magyarországon még a kézi válogatóművek a legelterjedtebbek. Az ilyen válogatóművek jellemzője, hogy a válogatás kézzel történik, amelyet legfeljebb csak egy-két gépi berendezés egészít ki. Ezek a gépészeti elemek a zsákfeltépő gép, dobszita és a permanens, vagy elektromágneses berendezés. Zsákfeltépő gépet a zsákos szelektív gyűjtésből származó anyagok válogatás előtti feltárására használják. A dobszítával a feladásra kerülő válogatandó hulladékból a zavaró anyagokat (üveghulladék, inert hulladék, bekerülő szerves anyagok), a finom, porszerű anyagokat, illetve a kisméretű, kézzel nehezen leválogatható anyagokat különítik el. A mágneses szeparátorokat pedig a mágnesezhető fémek leválasztására alkalmazzák. A kézi válogatóművek jellemző berendezései:

- feladószalagok, átadó szalagok
- dobszita,
- válogatószalag
- válogatókabin a bokszzokkal

- mágneses leválasztó berendezés
- bálázó gép
- porelszívás, légtechnika

Kézi válogatóművek technológiai folyamatait a 24. ábra mutatja be.



24. ábra: Kézi válogatóművek technológiai folyamata

4.1.2 Gépesített válogatómű

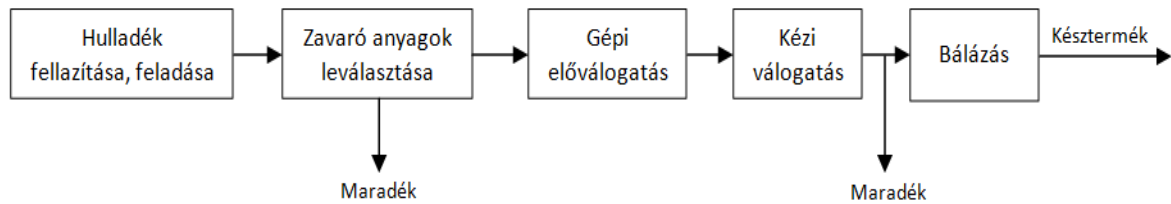
A gépesített válogatóműveknél a válogatási folyamatok egy részét már gépek oldják meg. A gépek a kézi válogatóban már alkalmazott dobszítán és mágneses fémleválasztón túl jellemzően a hulladékok alak illetve sűrűség szétválasztását végzik. Az alak szerinti osztályozókkal a gördülő frakciók (3D) és a lapos (2D) frakciókat különítik el. Így szétválaszthatók a PET palackok, tetrapack dobozok, italos dobozok, flakonok (gördülő frakciók), valamint a fóliák és a különféle papírok (lapos frakció). Az optikai, közel infravörös (NIR) szeparátorral az egyes anyagfajtákat lehet elkülöníteni, majd a szétválogatott halmazok még különféle osztályozásokon mennek keresztül.

Az ilyen kialakítású válogatóműveknél még a kézi válogatásnak is fontos szerepe van a gépekkel előválogatott anyagok további osztályozásában. Kézi válogatással történik például a műanyagok szín szerinti válogatása, vagy a papírfajták különválogatása.

A gépesített válogatóművek jellemző berendezései:

- feladószalagok, átadó szalagok
- dobszita,
- ballisztikus szeparátor
- optikai válogató
- válogatószalag
- válogatókabin a bokszokkal
- mágneses leválasztó berendezés
- nem mágnesezhető fém leválasztó berendezés
- bálázó gép
- porelszívás, légtechnika

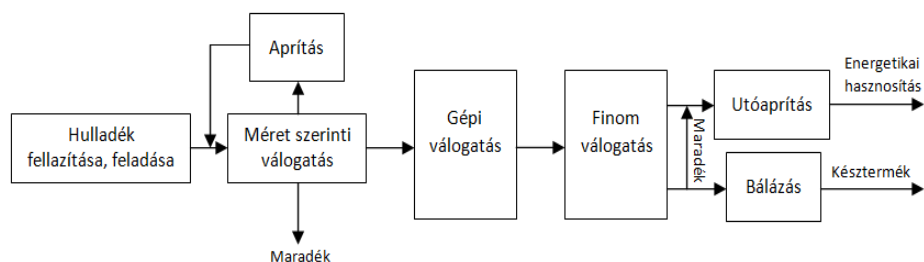
A gépesített válogatóművek technológiai folyamatait a 25. ábra mutatja be.



25. ábra: Gépesített válogatóművek technológiai folyamata

4.1.3 Automatizált válogatómű

Az automatizált válogatóművekben a válogatási folyamatokat, egy-két kiegészítő művelettől eltekintve, gépek végzik. Az ilyen válogatóművekben már nemcsak szelektíven gyűjtött, hanem vegyes hulladékot is válogatnak. A válogatásban legnagyobb szerepük az optikai (közel infravörös technológiával) válogató berendezéseknek van. A szennyező anyagok leválogatását, az anyagfajtánkénti és szín szerinti válogatást is ezek a berendezések végzik. Kézi munkát legfeljebb az egyes frakciók további, finom válogatásánál alkalmaznak. Az automatizált válogatóművek technológiai folyamatait a 26. ábra mutatja be.



26. ábra: Automatizált válogatóművek technológiai folyamata

4.2 Válogatóművek műszaki kialakítása

4.2.1 Tervezési szempontok

Válogatóművek tervezésénél az adott térség hulladéktermelési potenciálján túl logisztikai és technológia aspektusokat is figyelembe kell venni. A tervezési folyamatban legalább a következő elemeket kell megvizsgálni:

- válogatómű elhelyezése
- logisztikai szempontok
- kiszolgált terület nagysága
 - lakosság száma
 - ipar, kereskedelem és szolgáltatás fejlettsége
- válogatandó hulladék
 - mennyisége,
 - összetétele
 - származása

- keletkezési trendek
- válogatási technológia
- kapacitás
- szükséges terek
 - csarnok
 - tároló kapacitások
 - manipulációs terek

Válogatómű elhelyezése

Válogatóművet a település rendezési tervben hulladékkal kapcsolatos tevékenységek végzésére kijelölt bel-, vagy külterületeken lehet létesíteni. A válogatóművekkel szemben a jogszabály kötelező védőtávolságot nem ír elő, így a szomszédos létesítményektől, épületektől az építésügyi szabályozásban előírt távolságokat kell tartani. A létesítmény hely kiválasztásánál ezért elsősorban a logisztikai szempontokat kell mérlegelni.

Logisztikai szempontok

A válogatóművet a tervezett beszállítási területen a szállítási távolságok és költségek minimalizálása érdekében a keletkező hasznosítható hulladék mennyiségi súlypontjához legközelebbi alkalmas területen célszerű építeni. A helyszín kiválasztásánál elemezni kell a megközelítési lehetőségeket, a terület közúti kapcsolatait. Meg kell vizsgálni nincsenek-e olyan tényezők, például hidak, átereszek, utak súlykorlátozása, vagy aluljárók, alagutak magassági korlátozása, amelyek a terület megközelítését akadályozzák, vagy a nagyobb járművek számára elkerülő útvonalak használatát teszi kötelezővé. Ha a területen egyéb szállítási lehetőségek (vasút, vízi út) is vannak, a tervezésnél ezeket is meg kell vizsgálni.

Kiszolgált terület nagysága

A kiszolgált terület nagysága egyrészt közvetve befolyásolja a keletkező hulladék mennyiségét, másrészt a beszállítási lehetőségeket. A terület és lakosság szám általában szoros összefüggést mutat, azaz nagyobb területen általában a lakos szám is magasabb. A több lakos kiszolgálása pedig fejlettebb kereskedelmi, szolgáltatási és ipari hátteret igényel.

A nagyobb területről a beszállítás szervezése is összetettebb. A jelentősebb távolságok miatt a közvetlen beszállítások mellett előfordulhat átrakóállomásokról történő beszállítás is. Az átrakóállomásokról érkező járműszerelvények speciális igényeit – nagyobb fordulási sugarak és manipulációs terek, az ürítési helyek megközelítése, illetve a megfelelő szabad helyek a nagyobb hulladékmennyiség ürítésére – is figyelembe kell venni.

Válogatandó hulladék

A válogatandó hulladék mennyisége a technológiai tervezés egyik alapadata. A területen fel kell tárnai a keletkező hulladékokat és célszerű legalább egy éves távlatban hulladékanalíziseket végezni a terület jellemző lakóövezeteiben – város (lakótelep, kertvárosi

részek), kistelepülések, ipari-kereskedelmi hulladékok – a várható hasznosítható hulladékok mennyiségének és összetételének meghatározásához.

A válogatómű tervezésénél a mennyiségen túl a hulladék összetétele és származása is döntő befolyású. A hulladék várható összetétele befolyásolja a válogatási igényeket, a szükséges gépi berendezéseket, vagy a válogatási opciók számosságát.

A beszállításra kerülő hulladék származása lehet lakossági gyűjtés és ipari-kereskedelmi gyűjtés. Ezek a hulladékok, a származásuk alapján, a feldolgozás során eltérő válogatási igényeket támasztanak. A lakossági hulladékok válogatása a több és sokszor kisebb méretű összetevők miatt időigényesebb, míg az ipari hulladékok sokszor egyneműek, kevés válogatást igényelnek, vagy közvetlenül bálázhatók.

A tervezéskori tényleges hulladékmennyiségen és összetételen túl vizsgálni kell a válogatómű tervezett élettartama alatt várható változásokat (hulladékáramok modellezése) és azok hatásait.

Válogatási technológia

A válogatási technológiai az utóbbi években jelentős fejlődésnek indult. Míg korábban a kézi és kisebb arányban a vegyes kézi- gépi válogatóművek használata volt a jellemző, addig a most épülő válogatóműveknél a minél nagyobb arányú gépesítés, az automatizált folyamatok és a kézi válogatás minimalizálása figyelhető meg.

Kapacitás

A válogatómű kapacitását a hulladék mennyisége, összetétele, származása és az alkalmazott kézi és gépi válogatás aránya együttesen határozzák meg.

A lakossági gyűjtésből származó hulladékot minden esetben válogatni kell. A hulladékban lévő több, akár 20-30 fajta hasznosítható anyag és az eltérő, de jellemzően kisebb méretű és súlyú anyagok miatt a kézi válogatás rendkívül időigényes. A gyakorlati tapasztalatok szerint egy tonna lakossági hulladék kézi válogatása akár 8-10-szer is több időt igényel, mint ugyanennyi ipari-kereskedelmi hulladéké. Ennek oka, hogy az ipari-kereskedelmi hulladék sokszor egy vagy maximum 2-3 fajta hasznosítható anyagot tartalmaz. Az egynemű anyag közvetlenül bálázható, míg a válogatandó anyagból elegendő az egy-két kisebb mennyiségben jelenlévő anyag kiválogatása és a nagyobb hulladékáram pedig a szalag végén, az utolsó boksza, vagy konténerbe levehető.

Kézi válogatóműveknél tehát a kapacitást egyértelműen a válogatószemélyzet teljesítménye határozza meg. A válogató helyek és a munkások számának növelésével a válogatómű kapacitása növelhető. Az egy válogató szalag mellett kialakított válogató helyek száma általában kétszer 6-8 db között változik, de előfordul 9-9 db is. A válogató helyek számának növelése a válogatószalagok számának növelésével is fokozható.

Gépi válogatóműveknél a kapacitást az alkalmazott gépi berendezések óránkénti áteresztő képessége (tonna/óra) befolyásolja. A folyamat elején elhelyezett gépi berendezések méretezésénél ügyelni kell arra, hogy a gép, vagy gépek áteresztő kapacitását a következő berendezések, vagy a kézi válogatást végző személyzet teljesítménye ki tudja szolgálni.

A válogatómű létesítésekor hosszabb, 10-15 éves időszakra kell előre tervezni. A válogatóműnek legalább ebben az időszakban ki kell tudni elégíteni a beszállítási terület igényeit. A kapacitás meghatározásakor számításba kell venni több, jövőre vonatkozó tényezőt, például európai trendek alakulását, az ország középtávú stratégiáit, hulladékgazdálkodási terveit és a várható jogszabályi változásokat, amelyek hatással lehetnek a hulladékok keletkezésére, szelektív gyűjtésére és a hasznosítási kötelezettségekre.

Szükséges terek

A válogató technológiát zárt csarnokban kell elhelyezni. A csarnok területének meghatározásakor figyelembe kell venni a tervezett technológiát, a technológia elrendezését, a hulladék beszállításához, tárolásához és mozgatásához szükséges helyet, a gépi és gyalogos közlekedés útvonalait, valamint a gépek karbantartásához, cseréjéhez szükséges területet.

A csarnok szabad belmagasságát úgy kell meghatározni, hogy a gyűjtőjárművek csarnokban való ürítését, illetve a gépi berendezések esetleges cseréjét biztosítsa. Ezek általában 7,5 m szabad belmagasságot igényelnek.

A csarnok aljzata ipari beton padló, amelyen a csurgalékvíz és a takarításból eredő szennyezett vizek elfolyását és a csurgalékvíz gyűjtő rendszerbe való bekötését biztosítani kell.

A csarnok könnyűszerkezetes kialakítású, ezért az oldalfalakat legalább 2 magasságig falazott vasbeton lábazattal kell építeni a hulladékot mozgató munkagépek okozta mechanikai sérülések elkerülésére. A csarnok ömlesztett anyagtároló helyeinél a vasbeton falat célszerű legalább 5 m magasságig emelni, hogy az anyagot magasan fel lehessen halmozni és a manipulálásakor az oldallemezelés ne sérüljön.

A csarnokon a logisztikai szempontoknak (anyagok be és ki szállítása, gépek közlekedése, bokszyok ürítése) megfelelően kapukat kell elhelyezni. A gyakorlati tapasztalatok alapján az anyagok szállítására használt kapuk magassága legalább 7m, szélessége pedig 6 m legyen. A bokszyok ürítésére használt kapuk magasságánál elegendő a 4 m, a szélességet a bokszyok mérete alapján kell meghatározni, de általánosan a 6 m megfelelő.

A csarnok természetes megvilágításáról is gondoskodni kell. Az ablakokat magasan, célszerűen közvetlenül az eresz alatt, úgy kell elhelyezni, hogy az anyag tárolást és a technológiai folyamatokat ne akadályozzák. Az ablakokon kívül a tetőn felülvilágítók elhelyezése is szükséges lehet. Ebben az esetben a felülvilágítók egy részét célszerű nyithatóra tervezni.

A kész másodnyersanyag bálák tárolására, eső elleni védelmére bálátároló építése szükséges. A bálátároló jogszabályban meghatározott minimális alapterülete a szelektív válogatóműre tervezett 1000 tonna/év kapacitásonként 50 m^2 , tehát 10 ezer tonna kapacitású válogatóműnél minimum $10 \cdot 50 \text{ m}^2$, azaz 500 m^2 , míg vegyes hulladékot feldolgozó létesítménynél 1000 tonna/év kapacitásonként 7 m^2 .

A válogatómű körül a gépjárművek közlekedésére, egyes anyagok (pl. fém, üveg, műanyag), illetve eszközök konténerek tárolására szükséges manipulációs területet a szállítójárművek összegördülő tömegére méretezett szilárd burkolattal kell kialakítani. A gyakorlati tapasztalatok szerint a manipulációs tér nagysága legalább a csarnok területének 70%-a.

4.2.2 Gépészeti berendezések

A válogatóművekben a beszállított hasznosítható hulladékok tárolását, mozgatását, a válogató rendszerre való feladását, a válogatási folyamatokat, a tárolásra, szállításra való előkészítést különböző telepített és mobil gépekkel, berendezésekkel biztosítják.

Telepített gépészeti berendezések

A válogatóművekben műszaki kiépítettségük, a válogatandó anyagok fajtái és mennyisége függvényében többféle telepített gépészeti berendezést alkalmaznak. Egyes válogatóművekben csak néhány, míg másik, jobban gépesített válogatóműben több fajta válogatást segítő berendezést használnak. A válogatóművekben alkalmazott leggyakoribb telepített berendezések a következők:

- gyűjtő-, felhordó- és válogatószalagok,
- válogatókabin bokszoikkal,
- dobszita,
- mágnes szeparátor,
- örvényáramú szeparátor;
- zsáknyitó berendezések,
- légszeparátor,
- ballisztikus szeparátor,
- optikai leválasztó,
- röntgen
- előaprító,
- utóaprító,
- bálázó gép

Gyűjtő-, felhordó- és válogatószalagok

A szalagok a hulladék mozgatását, a gépi berendezésekre, illetve a válogatókabinba való feladását végzik. A szalagok lehetnek vízszintes, vagy ferde kialakításúak. A ferde szalagok maximális emelkedési szöge 30° lehet a szállított hulladék visszacsúszásának elkerülésére. A szalagok a funkciójuk, illetve a szállított anyag mennyiségének függvényében 800-1200 mm

szélesek. A válogatószalagok szélessége 1200 mm, mert a szalag két oldalán, az egymással szemben álló válogató munkások 600-700 mm-t képesek mélységben átfogni. A szalagok készülhetnek lánchevederes, illetve gumihevederes változatban. A láncos szalagok nagyobb terhelés hatására sem csúsznak meg, ezért alkalmazásuk nagymennyiségű, nehezebb hulladékok esetében (pl. süllyesztett feladószalag, bálázó gép feladó szalagja) mindenképpen ajánlott. A szalagok sebessége frekvenciaváltókkal általában 0,02-0,3 m/s között fokozatmentesen változtatható.

Válogatókabin bokszzokkal

A válogatókabinban a kézi válogatás végzik. A válogatókabinban elhelyezhető egy vagy kettő válogatószalag. A kabin a csarnok padlószintjéhez képest minimum + 3,2 m magasan helyezkedik el. A kabinban levegő befúvással enyhe túlnyomást kell kialakítani, amit a kabin alján kell elvezetni, vagy elszívni. Ezáltal a szalagról a por nem felfelé, hanem a légmozgással megegyezően lefelé áramlik, így a munkások azt nem lélegzik be. A kabinban óránként minimum hétszeres légcseré ajánlott, emellett meg kell oldani a kabin klímatiszálását (fűtés, hűtés) is. A megfelelő munkavégzéshez 17-24 °C közötti hőmérsékletet és minimum 500 lux fényerőt kell biztosítani.

A kabinokban kialakított munkaállások szélessége átlagosan 1800 mm. A kabinban a válogatandó anyagfajták és a mennyiség függvényében általában 6-9 munkaállást alakítanak ki, tehát egy válogatószalag mellett 6-9 pár (12-18 fő) válogatómunkás dolgozik.

Gépi és automata (optikai) válogatóműveknél a munkaállások száma minimális, mert kézzel csak egyes anyagfajták (gépi válogatómű) és szín szerinti (gépi és automata válogatómű), vagy minőségjavító válogatását végzik.

A munkaállások között helyezkednek el az 1000-1400 mm széles surrantók (27. ábra), amelyekbe a munkások az anyagminőségként szétválogatott másodnyersanyagot rakják. Amikor a surrantó megtelik, a benne lévő hulladékot gravitációs úton a kabin alatt lévő bokszzokba ürítik.



27. ábra: Válogatószalag a surrantókkal

A szétválogatott másodnyersanyagok tárolására szolgáló boksok a válogatókabin alatt helyezkednek el. A boksok száma a válogatókabinban lévő munkaállások számához alkalmazkodik, általában 6 és 9 között változik. Egy-egy boksba csak azonos hulladékfajta kerülnek. A boksok minimális szélessége és szabad belmagassága az ürítésükre használt munkagép méreteitől függ, a gyakorlatban alkalmazott méret általában a 3x3 (szél. x mag.) méter. A boksokat mindkét végükön mobil lezárással (pl. kapu) célszerű kialakítani, hogy a szétválogatott másodnyersanyagok ne szóródjanak ki a boksból és ne keveredjenek egymással. A boksok ürítésekor a kapukat kinyitva a hulladékot a bálázó gép feladószalagjára tolják. Ha a kabinban két válogatószalag van, akkor ügyelni kell arra, hogy egy-egy boksba mindkét szalagról ugyanazt az anyagfajtát válogassák.

Dobszita

A dobszítával a válogatandó hulladékok szemcseméret szerinti szétválasztását végzik. A feladott hulladékban vannak olyan szennyezőanyagok, amelyek nem hasznosíthatók, vagy szemcseméretüknél fogva kézi válogatásra nem alkalmasak. A hulladékáramból ezeket a hulladékokat dobszítával, ritkábban pálcás, vagy síkszítával választják ki. A válogatóművekben a legelterjedtebb a dobszita, mert kialakítása egyszerű, alacsony a meghibásodása és kevés karbantartási igénye. Az általában henger, néha kúpos kialakítású szitadob tengelye kis hajlásszögű, mely körül lassú forgó mozgást végez. A hulladék előrehaladása és a dobban való tartózkodási idő a tengely dőlésszögével, illetve a forgás sebességével szabályozható. A szita lyukai általában kör keresztmetszetűek, de előfordul négyzet keresztmetszet is. Válogatóművekben 50-80 mm közötti lyukméretű szitadobot használnak. A tapasztalatok szerint a korábban alkalmazott 80 mm-es lyukméret a fennmaradó anyag tisztasága miatt jobb hatásfokú, de ezen a méreten a fém üdítős és sörös dobozok, valamint az ½ literes PET palackok áthullhatnak. Emiatt az utóbbi időben inkább 50 mm-es lyukméretű szitákat telepítenek.

Mágnes szeparátor

A mágnesezhető fémek (Fe) leválasztására leghatékonyabban használható berendezés a mágnes. A mágnes lehet (1) állandó (permanens) mágnes, vagy (2) elektromágnes. A mágneses leválasztót (

28. ábra) általában a válogatókabin után helyezik el, ekkor már a szalagon a mágnesezhető fémek mellett már csak a válogatási maradék található, így a mágnes a fémmel együtt már csak kevés idegen anyagot vesz ki a hulladékáramból. A tisztább fém könnyebben és magasabb áron értékesíthető.



28. ábra: Szalagfeletti elektromágneses leválasztó

Örvényáramú szeparátor

Az örvényáramú szeparátort a nem mágnesezhető fémek (NFe) kiválasztására használják. Alkalmazásuk az aludobozos italok elterjedésével együtt emelkedik.

Zsáknyitó, adagoló berendezések

Amennyiben válogatómű beszállítási területén zsákos szelektív gyűjtést végeznek, akkor a válogatás előtt szükséges a zsákok feltárása. A zsáktépő berendezések a zsákokat mechanikai úton roncsolják, tépik így a bennük gyűjtött hasznosítható hulladékot „kiszabadítják”, fellazítják, ezáltal válogatható állapotba hozzák.

Gépi és automata válogatóműveknél a gépi válogatás hatékonysága megköveteli a feladott hulladék egyenletes elosztását, adagolását, ezért itteni alkalmazásuk még edényes gyűjtés esetén is szükséges.

Légszeparátor

Légszeparátorokkal (fajsúly szerinti osztályozó) az eltérő fajsúlyú anyagok választhatók szét. Az osztályozás áramló levegőközegben a feladott anyag szemcséinek eltérő süllyedési sebességén alapul. A légosztályozó berendezések a levegőáramlás szerint lehetnek:

- ellenáramú
- keresztáramú,
- elszívó rendszerűek.

Például légszeparátorral választhatók ki a feladott vegyes hulladékáramból a könnyű műanyag fóliák.

Ballisztikus szeparátor

Ballisztikus szeparátorral a feladott hulladékáramot alak szerint válogathatjuk szét (1) háromdimenziós (gördülő), (2) kétdimenziós (lapos) anyagokra. A ballisztikus szeparátor tulajdonképpen egy ferde felületű rázóasztal. A padlóelemek mozgása révén a 3D-s gördülő

frakció a lejtő aljára gurul, a lapos frakció pedig a lejtő tetejére vándorol. A kis szemcseméretű anyagok, pedig a lyukakon keresztül hullnak ki. A ballisztikus szeparátorok kombinálhatók finom hulladék leválasztással is, ekkor a padlóelemeket lyukakkal látják el és ezzel rosta felületet képeznek. Ballisztikus leválasztókkal választható szét a műanyag frakció a gördülő (3D) PET palackokra, és egyéb (mosószeres, tusfürdős, stb.) flakonokra, illetve a lapos (2D) fóliákra.

Optikai leválasztó

Az optikai elven működő válogató berendezések a kibocsátott, majd visszaverődött fény elemzése alapján felismerik az anyagokat és a beprogramozott anyagot a feladott anyagáramból kiválasztják. A berendezés a beazonosított anyag szalagon lévő pozícióját rögzíti és a szalag végén elhelyezett fúvókasorral a hulladékáramból sűrített levegővel kifújja.

Egy időben több anyagfajta is leválasztható. A gép programozásával beállíthatók a leválasztandó anyagok. Mivel a leválasztás egy helyre történik, ezért ha többféle anyagot (pl. műanyagok) választunk le, akkor a leválasztott anyagáram további osztályozást igényelhet. Optikai leválogatóval elkülöníthetők egyes műanyagok (pl. PVC, PET, PP stb.), de ezeket egyszerre is leválaszthatjuk. A berendezéssel elkülöníthetők a papír, a karton, a műanyagok, az üveg és a kombinált csomagoló eszközök is.

A fénytörés mérésével ezek a berendezések alkalmasak színszerinti válogatásra így jól alkalmazhatók az üvegek, a PET palackok, illetve fóliák szín szerinti válogatására is.

Röntgensugaras válogató

A röntgensugarak a különböző típusú hulladékokat a sűrűségük alapján különböztetik meg. Amikor a hulladék áthalad a röntgensugáron a szoftver a beállított adatok alapján felismeri annak anyagát. A szalag végére érkező kiválasztandó darabokat egy fúvókasor sűrített levegő segítségével „kifújja a hulladékáramból.

Előaprító

Gépesített és automata válogatóműveknél a további feldolgozáshoz szükség lehet a szemcseméret felső korlátozására, illetve homogenizálására. Például a fajsúlyszerinti válogatásnál a jelentősen eltérő méretű azonos anyagok súlya is ugyanilyen arányban eltér egymástól és a nagyobb (nehezebb) darabokat a gép nehéz anyagként kiválasztja. Az optikai leválasztók is akkor működnek a leghatékonyabban, ha a feladott anyag szemcsemérete 80-300 mm között van.

Utóaprító

Utóaprító gépeket az automata válogatóműveknél használnak, ha a válogatási maradékot együttégetéssel (cementgyár, erőmű) energetikailag hasznosítják. Az utóaprító gépeket a válogatás folyamatának végén a válogatási maradék szemcseméretének beállítására használják. Az utóaprító gép teljesítményét a kilépő szemcseméret jelentősen befolyásolja. Minél kisebb méretre aprít, annál kisebb lesz a gép óránkénti teljesítménye. Cementgyári

tüzelőanyag esetében az elvárt szemcse nagyság általában ≤ 50 mm, míg erőműnél akár 80-100 mm is lehet.

Bálázó gép

A bálázó gépek (29. ábra) a feladott laza anyagokat hidraulikus működésű préssel tömörítik, majd a tömör, rendszerint téglatest alakú bálákat automatikusan dróttal összekötözik. A bálázó gép bálacsatornájának keresztmetszete 700x700 mm, a nagyobb teljesítményű bálázó gépeknél pedig 1100x1100 mm. A bálák súlya a préserő, a keresztmetszet, a bálahossz és a bálázott anyag függvénye. A kisebb méretű bálák (700x700mm) 250-500 kg, míg a nagyobb (1100x1100 mm) 600-1100 kg súlyúak.



29. ábra: Bálázógép

A bálázó gép garatjába PET palack lyukasztót és virbulátort is be lehet építeni. A PET bálázó program kiválasztásakor a PET lyukasztó automatikusan a garatba fordul. A feladott PET palackokat a lyukasztó, két szemben forgó szöges hengere, több helyen kilyukasztja, ezáltal a levegőt a palackokból ki lehet szorítani és bálázás hatékonysága (bálasúly) mintegy háromszorosára növekszik. Az újságpapír program választásakor pedig a virbulátor fordul a garatba. A virbulátor az újságpapírt szétrázza és a garat teljes szélességében szétteríti, ezáltal az a bálában egyenletesen oszlik el növelve a bálázás hatékonyságát. Egyéb program kiválasztásakor sem a PET lyukasztó sem a virbulátor nincs a garatban.

Munkagépek

A beszállított hulladékok rendezéséhez, a válogatórendszerre való feladásához, és a kész bálák mozgatásához kiegészítő munkagépek szükségesek. A válogatóműben alkalmazott munkagépek a (1) targonca bála fogó adapterrel, és a (2) kitológémes homlokrakodó.

Targonca bála fogó adapterrel

A bála fogó targonca (30. ábra) a kész tüzelőanyag bálák szállítására, pakolására alkalmas. A bálák mozgatását a targoncára szerelt bála fogó adapterrel végzi. A bálát az adapter hidraulikusan mozgatható pofalemezei közé szorítva tudja megemelni és szállítani. Válogatóműben a tűzveszély miatt célszerű gázüzemű targoncákat használni. A targoncák kiválasztásakor figyelembe kell venni a másodnyersanyag bálák várható súlyát, illetve

bálatárolóban és a gépjárműre való rakodás emelési magasságát. Nagyobb kapacitású (kb. évi 10 ezer tonna fölött) válogatóműben érdemes a rakodáshoz külön, nagy teljesítményű, magas emelésű kitológémes targoncát beszerezni.



30. ábra: Kitológémes, magas emelésű targonca bálafező adapterrel

Kitológémes homlokrakodó

A homlokrakodót a beérkező hulladék rendezésére, illetve a süllyesztett szalagokra és feladó bunkerekbe való adagolására használják. A kitológémes homlokrakodóval, ezen feladatokon túl, a válogató kabin alatti boksokban lévő szétválogatott anyagokat a bálázó gép feladó szalagjára tolják. A gép méreteinek megfelelőnek kell lenni a boksok keresztmetszeti méretéhez (általában 3x3 m), annak érdekében, hogy a géppel be lehessen menni a boksokba. Mivel ez a gép is a válogatócsarnokban dolgozik szikrafogóval ellátott, tűzbiztos kivitelű gépet, vagy gázüzemű változatot kell használni.

Kisegítő berendezések

A kisegítő berendezések a technológia anyagáramainak rögzítéséhez, a biztonságos működtetéséhez, illetve az üzemeltetés során keletkező kibocsátások szakszerű kezeléséhez szükséges. Ilyen eszközök, berendezések a következők:

- hídmérleg,
- bálamérleg,
- tűzvédelmi berendezések,
- megfigyelő rendszerek,
- porelszívás, légtechnika,
- csurgalékvíz elvezetés,

Hídmérleg

A válogatóműbe beérkező, illetve kiszállításra kerülő anyagok mennyiségének mérésére és rögzítésére használt berendezés. A hídmérlegek méretét és súlyhatárát a válogatóműben használt ki és beszállító járművekhez kell igazítani. A másodnyersanyag bálák kiszállítására használt háromtengelyes pótkocsiból és a nyerges vontatóból álló járműszerelvények

hosszúsága, valamint a közutakon megengedett 40 (44) tonnás összgördülő tömeg miatt a 18 m hosszú és legalább 50 tonna méréshatárú hídmérlegek alkalmazása szükséges.

Bálamérleg

A feldolgozott anyagok nyomon követésére, a másodnyersanyag készletek pontos nyilvántartása miatt ma már elengedhetetlenül szükséges a kész bálák súlyának mérése és az adatok nyilvántartása. A bálázó gép mellett, vagy a bálátárolóban telepített platómérleggel minden elkészült bála lemérhető. A mérleg súlyhatárát a bálák súlya, míg a plató (mérőfelület) méretét a bálák mérete határozza meg. A platómérlegek kiegészíthetők digitális kijelzővel, készletnyilvántartó programmal, illetve a bálák későbbi azonosításához vonalkód, vagy QR kód nyomtatóval.

Tűzvédelmi berendezések

A válogatóművekben kezelt anyagok tűzveszélyessége miatt célszerű aktív tűzvédelmi rendszereket, tűzjelző berendezést, esetleg automata oltóberendezés (spinkler) telepíteni. A tervezéskor a technológiai sajátosságokat, a jelentős mennyiségű porképződést figyelembe kell venni.

Amennyiben a csarnok a bálátárolóval egybe van építve, célszerű a két rész tűzszakaszokra osztása. Az egyes tűzszakaszokat, vasbeton tűzgátló falakkal és tűzgátló ajtóval kell elválasztani.

Megfigyelő rendszerek

A csarnokban és a válogató kabinban folyó munkák nyomon követésére, felügyeletére, illetve tűzvédelmi okokból kamerarendszer telepíthető. A kamerák képei alapján a művezetők, a diszpécserék hatékonyan be tudnak avatkozni a munkafolyamatokba, illetve a tűzjelzők jelzései és a kamerák képei alapján az esetleges tüzesetek, vagy hibás riasztások azonnal észlelhetők.

Porelszívás, légtechnika

A hulladék mozgatása és a válogatási munkafolyamatok jelentős porképződéssel járhatnak, ezért szükséges a képződő por elszívása. Porelszívók telepíthetők a dobszitához, a válogató kabinba való feladási ponthoz és a bálázó gép garatjához. A porleválasztót célszerű a csarnokon kívül elhelyezni.

A válogató kabinban egyrészt meg kell oldani az óránkénti minimum hétszeres légcserét, másrészt enyhe túlnyomást kell biztosítani. Az ehhez szükséges légtechnikát, a levegő befűvását, illetve elvezetését, vagy elszívását ki kell építeni.

Csurgalékvíz elvezetés

Meg kell oldani a beszállított hulladékban esetlegesen előforduló csurgalékvíz, illetve a válogatómű vizes takarításából származó szennyezett vizek gyűjtését és elvezetését. A

csurgalékvíz gyűjtését az ürítő helyen és a bálázó gépnél, a vizes takarításból származó szennyezett víz elvezetését pedig a csarnok több pontján kell biztosítani.

4.2.3 Technológiai kialakítása

A technológiai sor kialakítása a válogatómű típusától (kézi, gépi), az alkalmazott gépészeti berendezések fajtáitól, mennyiségétől függ.

Kézi válogatóművek technológiai kialakítása

A technológia kialakítását a tervezett válogatási kapacitás függvényében határozzák meg. Ennek alapján (1) egy vagy (2) több soros (válogatószalagos) kézi válogatóműveket kialakítanak ki. Az egysoros válogatóművekben egy válogató szalagot építenek be. Ezeket a válogatóműveket kisebb kapacitásra tervezik. A válogatóhelyek száma általában kétszer 6-8 db, így egy időben 6-8 pár (12-16 fő) válogató munkás tud dolgozni.

A válogató szalagot válogató kabinban helyezik el. Egysoros válogatómű kabinjában egy válogató szalag található. Kétsoros válogatóműben a válogatószalagokat elhelyezhetik egy kabinban, vagy két külön kabinban. Egy kabinba két válogatószalagnál többet nem telepítenek.

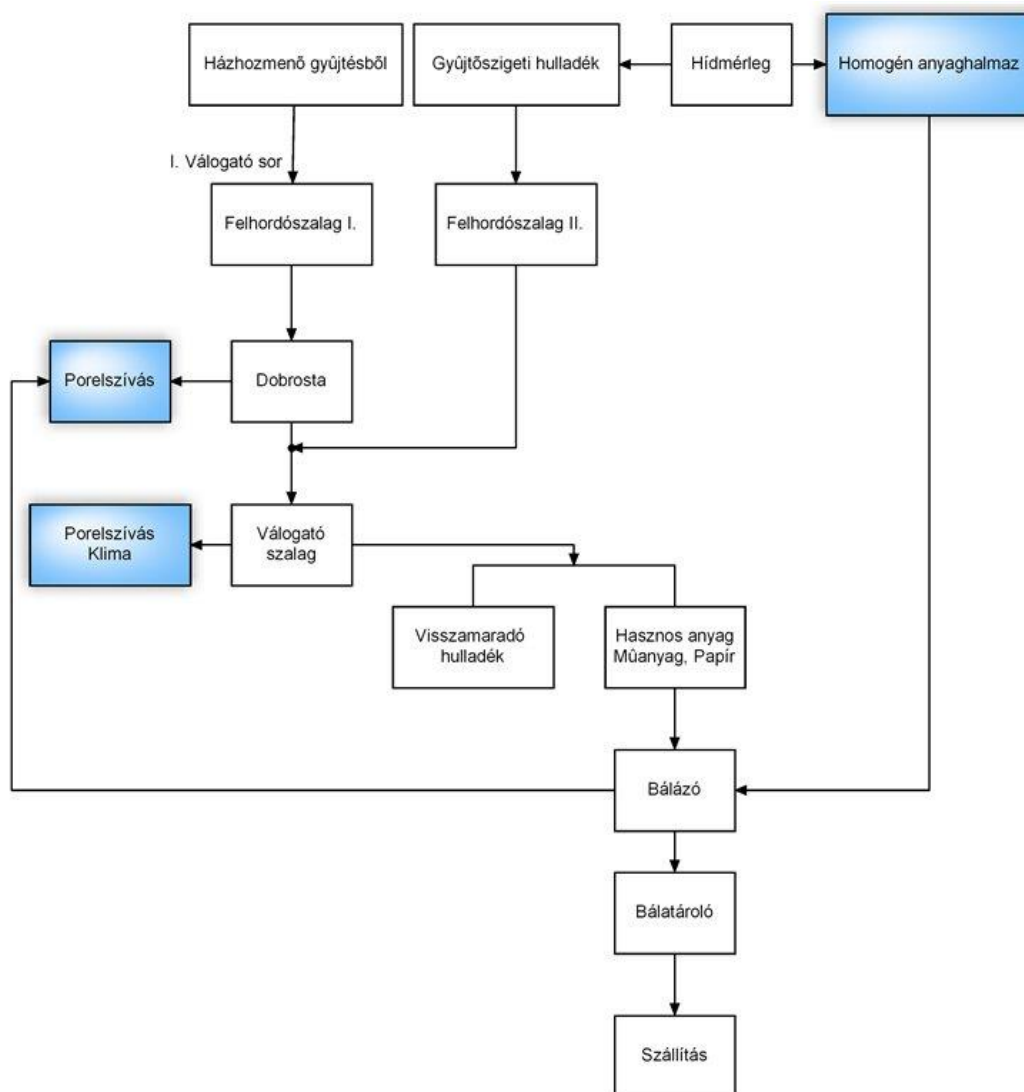
A technológiai sor elrendezése lehet (1) egyenes vonalú, vagy (2) törtvonalú (L, vagy U alakú). Egyenes vonalú kialakításnál a gépsor technológiai elemei egy egyenes mentén helyezkednek el, a hulladék mozgásának irányában töréspont nincs. A törtvonalú „L” alakú elrendezéseknél a hulladék feladása, illetve a dobszita egy rövidebb egyenest, míg a válogatókabin, a mágneses leválasztás és a bálázó egy hosszabb egyenest alkot. A dobszítát követő átadási ponton a hulladék haladási iránya az eredeti irányra merőleges, 90°-ot bezáró lesz. „U” alakú elrendezésnél általában a bálázógép kerül a harmadik oldalra.

A törtvonalú elrendezések előnye, hogy kisebb csarnokban is elférnek, míg hátrányuk a csarnokon belüli problémásabb logisztikai lehetőségek, illetve a töréspontokon fellépő esetleges műszaki problémák, anyagtorlódások.

A válogatóművek üzemeltetésének szempontjából kulcsfontosságú az eltérő feladási lehetőség kialakítása. A válogatóműveknél a következő feladási lehetőségek kialakítása célszerű:

- szitán keresztül (válogatószalagra)
- szita kikerülésével (válogatószalagra)
- közvetlen feladás (bálázógépre)

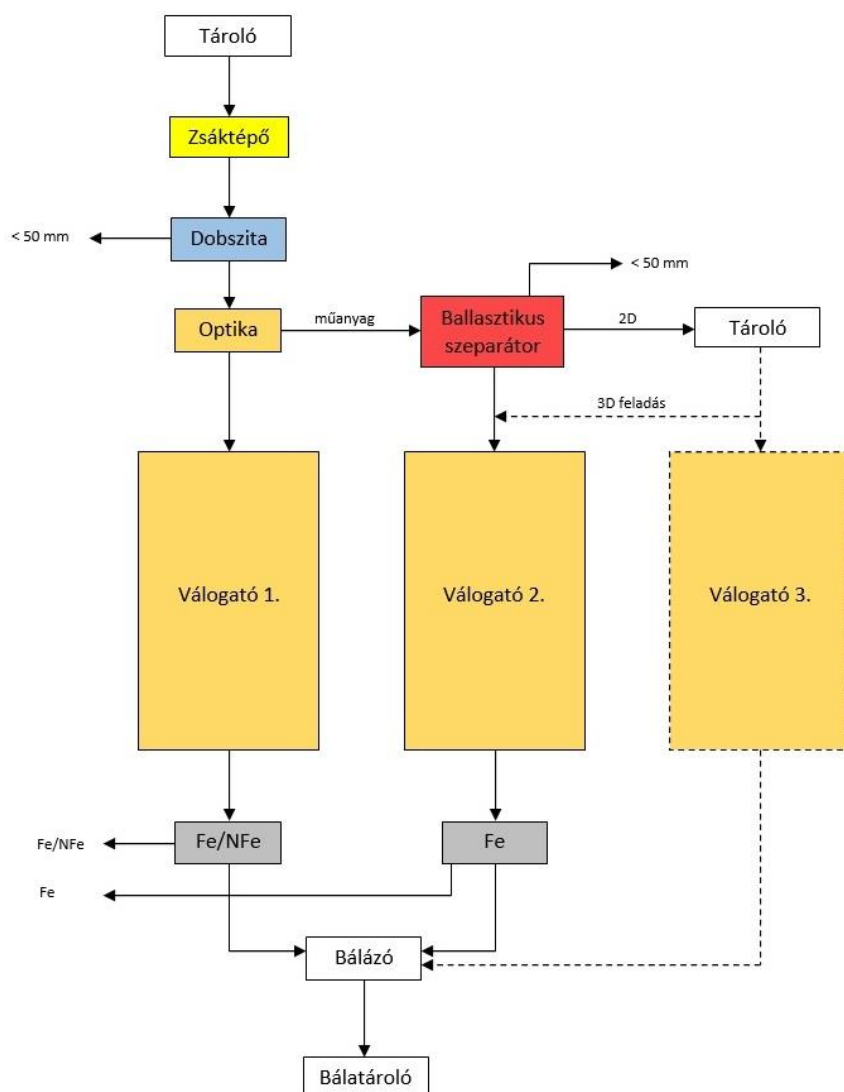
A szitán keresztül a szennyezettebb hulladékot, a szita kikerülésével a tisztább, szitálást nem igénylő anyagokat, míg a bálázógépre közvetlenül a válogatást nem igénylő, egynemű (pl. kereskedelmi és ipari) hulladékokat lehet feladni. A kézi válogatómű technológiai sémáját a 31. ábra mutatja be.



31. ábra: Egysoros kézi válogatómű technológiai sémája

Gépesített válogatóművek technológiai kialakítása

A gépesített válogatóművek a kézi válogatók fejlettebb változatai, így technológiai kialakításuk sok hasonlóságot mutat. A gépesített válogatóműveknél az anyag feladásnál, illetve a dobszítát követően további gépi berendezéseket építenek be. Az optikai válogatóval elkülönített anyagfajták és a ballisztikus szeparátorral elkülönített 3D-s és 2D-s frakciók feladása külön válogatószalagra történik. A kabin kialakítása és a bálázás a kézi válogatóval megegyező. A gépesített válogatómű egy lehetséges technológiai sémáját a 32. ábra mutatja be.



32. ábra: Gépesített válogatómű technológiai sémája

Automatizált válogatóművek technológiai kialakítása

Az automatizált válogatóművek kialakítása egyedi, azaz a választott technológiai berendezések száma, a válogatandó frakciók és az egyes végtermékek kezelése határozza meg. A technológiai folyamat elején a hulladék feltárása (zsáktépő) és méret szerinti szétválasztása zajlik. Általában három szemcseméret szerinti szétválasztást végeznek. A kisebb (<60-70 mm) frakció lerakásra, vagy vegyes hulladék feldolgozása esetén biológiai kezelésre megy, a túlméretes (>300 mm) anyagghalmazt a további gépi feldolgozás elősegítésére 250-300 mm-re előaprítják.

A 70-300 mm közötti anyagáram további válogatásra kerül. Mágnessel a vasfémeket, örvényárammal a nem mágnesezhető fémeket választják ki. Ballisztikus szeparátorral elkülönítik a 3D-s és 2D-s anyagokat, majd optikai válogató berendezésekkel további anyagfajtánkénti és színszerinti válogatást végeznek.

4.3 Válogatóművek üzemeltetése

Válogatóművek csak hulladékkezelési engedély birtokában üzemeltethetők. Az engedélyezés folyamán el kell készíteni az üzemeltetési szabályzatot, amit az engedélykérelemhez csatolni kell. A válogatómű csak az üzemeltetési szabályzat felügyelőség általi jóváhagyását követően üzemeltethető. A válogatóműben folytatott napi tevékenységről, a be-, és kiszállított anyagokról üzemnaplót kell vezetni.

4.3.1 Kézi válogatómű üzemeltetése

Kézi válogatómű technológiai folyamatai

- Beszállítás, mérlegelés
- Hulladék ürítése, tárolása
- Hulladékok feladása a válogatási rendszerre
- Válogatás
- Bálázás
- Bálák mozgatása, tárolása
- Késztermék kiszállítása
- Válogatási maradék elszállítása

Beszállítás, mérlegelés

A válogatóműbe a hulladék beszállítása konténerekben vagy tömörítőlapos felépítményű gépjárművekkel történik. A mérlegelést hídmérlegen végzik. A mérlegelések eredményét számítógépes rendszer rögzíti.

Hulladék ürítése, tárolása

A hulladékot a válogató csarnokba szállítják, ahol az ürítést irányító személy a szelektívgyűjtésből, az iparból, kereskedelemből érkező hulladékokat egymástól elkülönítve a feladóhelyek mellett leürítetteti. A leürített hulladékot rakodógéppel rendezik, 4-5 m magasságban összetolják és a válogatásig tárolják.

Hulladékok feladása a válogatási rendszerre

Kézi válogatóműveknél a hulladék feladása (I.) dobszitára, (II.) a szita kikerülésével, illetve (III.) közvetlenül a bálázógépre történhet. Az I-es szalagra a szelektív gyűjtésből származó vegyes, kevert, szennyezettebb anyagot lehet feladni. A feladószalagok fogadórésze padlóba süllyesztett, így a szalagra tolólapos-kanalas munkagéppel adagolható a hulladék. A szalag a dobszitára vezeti a hulladékáramot, ahol az 50 (80) mm-nél kisebb szennyezőanyag leválik. A leváló anyag a szita alatt elhelyezett konténerbe hullik, ahonnan az hulladéklerakóba, vagy mechanikai előkészítőműbe szállítható. A szitán fennmaradó anyag a válogatókabinba jut.

A II-es szalag kevésbé kevert, főként papír, vagy műanyag hulladéka a dobszita kikerülésével közvetlenül kerül a válogatókabinba.

Egyszalagos válogatóműnél egyszerre csak egy feladási lehetőséget lehet használni, míg a kétszalagos válogatóműnél mindkét feladás egyszerre használható, mivel a feladott hulladék két külön válogatószalagra jut.

A III. feladási lehetőség a válogatást nem igénylő hulladékokat közvetlenül a bálázógépre való juttatása.

Válogatás

A válogatásnál a másodnyersanyagokra vonatkozó szabványok előírása szerinti anyagminőségeket, illetve a hasznosítók által elvárt minőségi követelményeket kell teljesíteni. A válogatásnál a műanyagokat fajtánként: PE, PET, LDPE, HDPE, színenként: tiszta (fehér), színes, vegyes, a papírokat anyagminőség szerint fehér (irodai), deinking, újság, színes, vegyes, karton, szürke karton, nátron kell kézzel szétválogatni.

A hulladék kézi válogatását válogatókabinban végzik. A kézi válogatóműben a válogató helyek és boksok száma alapján egyszerre 6-8 anyagfajta leválogatására van lehetőség 6-8 pár válogató munkás alkalmazásával. A szalagon fennmaradó anyagfajta, amely lehet haszonanyag, de lehet hasznosításra alkalmatlan anyag is egy kétirányú szalag segítségével vagy a bálázógépre, vagy konténerbe kerül.

Minden egyes válogató munkás csak a neki kijelölt hulladékot veszi le a szalagról. A szalag két oldalán egymással szemben álló munkások ugyanazt a hulladékfajta válogatják. A leválasztott hulladékot a kezükkel kényelmesen elérhető zárt surrantóba rakják, amikor a tartály megtelik, az alját kinyitva a szétválogatott anyagot a kabin alatti boksba ürítik.

A válogatás lehet (1) negatív, vagy (2) pozitív. **Negatív válogatás** esetén a kisebb részarányban jelenlévő szennyező anyagokat válogatjuk le, ezek lehetnek haszonanyagok, de lehet a hasznosítható hulladékot szennyező, zavaró anyag is.

Pozitív válogatást a vegyes hulladékesetén alkalmazzák, amikor az egyes anyagfajták részaránya közel azonos. A hasznosítható hulladékok leválogatásával a szalagon az ilyen esetekben általában legnagyobb arányt képviselő zavaró, szennyező anyagok maradnak.

A válogatómű és a munkások válogatási teljesítménye a beszállított anyagoktól és azok származási helyétől (lakossági, ipari-kereskedelmi) függ: A lakossági szelektív gyűjtésből származó hulladékok válogatása nagyon munkaigényes, minden hasznosítható hulladékot egyesével meg kell fogni és az adott surrantóba (boksba) kell helyezni. Ezek a hulladékok sok hasznosítható összetevőből állnak, ráadásul kisméretűek és könnyűek.

Az iparból-kereskedelemből származó hulladékok viszont sokszor egyneműek, azaz csak egyfajta haszonanyagot tartalmaznak, vagy legfeljebb 2-3 hasznosítható összetevőből állnak. Az egynemű anyagok válogatást nem igényelnek, közvetlenül bálázhatók. Az ilyen hulladékok aránya 20-40 tömeg % is lehet. A két-három hasznosítható anyagot tartalmazó hulladékáram válogatása is egyszerűbb, jól alkalmazható a negatív válogatás, amikor a

legnagyobb arányban jelenlévő haszonanyag a szalagon marad és csak a kisebb arányban lévőket válogatják le.

A válogatómű kapacitását tekintve egy válogatómunkásra lakossági hulladék válogatásakor napi 300-400 kg, míg ipari-kereskedelmi hulladékoknál napi 2500 – 3000 kg kiválogatott hasznosítható hulladék jut.

Bálázás

A szétválogatott hulladékot a bokszból tolólapos géppel a bálázógép vízszintes gyűjtőszalagjára tolják. A bálázógép feladószalagjánál a rá jutó nagy súly miatt célszerű láncos szalagot alkalmazni. A szalag szélességét a bálázógép garatmérete határozza meg. Kisebb kapacitású, főleg lakossági gyűjtésből származó hulladékot feldolgozó műben minimum 1400 mm, nagyobb méretű, ipari hulladékot is válogató műben célszerű minimum 1900 mm garatméretű bálázó gépet választani. A bálázó gép bálacsatornájának keresztmetszete általában 700x700 mm, a nagyobb teljesítményű bálázó gépeknél lehet 1100x1100 mm is. A bálák hossza állítható, és úgy kell meghatározni, hogy a szállítójármű rakodóterét minél jobban ki lehessen használni.

A bálázó gépek programozhatók, az egyes programokhoz (bálázandó anyagokhoz: pl. PET palack, karton, újságpapír stb.) tartozó értékek, a kiegészítő berendezések – perforátor, virbulátor – használata a program részeként eltárolódik és az adott program kiválasztásával automatikusan beállításra kerül, illetve aktiválódik.

Bálák mozgatása, tárolása

A bálákat bála fogó adapterrel felszerelt targoncával lehet mozgatni. Az elkészített bálákat platómérleggel egyenként lemérhetők, a mérési adatok elektronikusan eltárolhatók, illetve a bálák a nyomon követésére, későbbi azonosítására, vonalkódos, vagy QR kódos azonosító címkével elláthatók

A bálákat elszállításig fedett bálátárolóban kell tárolni. A bálátároló optimális esetben a csarnokhoz kapcsolódik.

Késztermék kiszállítása

A kész másodnyersanyag bálákat közúton, megfelelő kapcsolat esetén vasúton lehet a hasznosítókhöz szállítani. A kamionokat (vasúti kocsikat) nagy teljesítményű és nagy emelési magasságú bála fogós targoncával lehet megrakódni. A rakodásnál figyelni kell a rakodóter maximális kihasználására. A kiszállításkor a rakományt hídmérleges kell mérlegelni és a mérlegjegyet, illetve a szükséges kísérőokmányokat a fuvarozónak át kell adni. A hasznosítóval való elszámolás alapja a telephelyén lévő hídmérleg által mért súlyadat.

Válogatási maradék elszállítása

A beszállított hulladék 8-25 tömeg %-a, mint hasznosításra alkalmatlan, zavaró, szennyező anyag válogatási maradékként kerül ki az üzemből. A válogatási maradék arányát

befolyásolja a gyűjtési mód (házhoz menő, sziget, hulladékudvar), a használt gyűjtőedény vagy zsák, és nem utolsó sorban a szelektív gyűjtési kultúra, a lakosság környezettudatos magatartása. A jól bejáratott és a lakosság részére folyamatos visszajelzést adó szelektív gyűjtési rendszerekben a válogatási maradék aránya a kezdeti értékekhez képest jelentősen csökkenhet.

4.3.2 Gépesített válogatómű üzemeltetése

Gépesített válogatómű technológiai folyamatai

- Beszállítás, mérlegelés
- Hulladék ürítése, tárolása
- Hulladékok feladása a válogatási rendszerre
- Hulladék gépi előválogatása (alak, anyag, fajsúly)
- Válogatás
- Bálázás
- Bálák mozgatása, tárolása
- Késztermék kiszállítása
- Válogatási maradék elszállítása

Gépesített válogatóművek üzemeltetési feladatai csak a hulladék gépi előválogatásánál alkalmazott gépek üzemeltetésével térnek el a kézi válogatóművek üzemeltetésétől.

A gépi előválogatás során szétválaszthatók:

- a 2D-s (pl. fóliák, papírok, kartonok) és 3D-s (pl. palackok, tetrapack dobozok)
- a könnyű és nehéz anyagok
- papírok, műanyagok, vagy egyes műanyag fajták (pl. PE, PET, LDPE stb.)

A válogatórendszerre való feladáskor a gépi előválogató berendezések (ballisztikus szeparátor, optikai leválogató) feladószalagjaira adagolják a hulladékot. Az előválogatókról lejövő hulladékáramokat elkülönítve közvetlenül lehet a válogatószalagra, vagy az egyik ideiglenes tárolóba küldeni, ahonnan a feladása később történik meg.

Az előválogatott anyagok kézi válogatása egyszerűbb és gyorsabb folyamat, mint a hagyományos kézi válogatóművekben, ezért ezek a válogatóművek összességében nagyobb hatékonysággal és nagyobb óránkénti válogatási kapacitással rendelkeznek

4.3.3 Automatizált válogatómű üzemeltetése

Automatizált válogatómű technológiai folyamatai

- Beszállítás, mérlegelés
- Hulladék ürítése, tárolása
- Hulladékok feladása a válogatási rendszerre
- Hulladék feltárása (zsáktépés, aprítás)

- Hulladék gépi válogatása (méret, alak, anyag, fajsúly szerint)
- Finom válogatás
- Bálázás
- Utóaprítás
- Bálák mozgatása, tárolása
- Késztermék kiszállítása

Beszállítás, mérlegelés

Az automatizált válogatóművekbe válogatási alapanyagként szállíthatnak szelektíven gyűjtött hulladékokat, de sok vegyes gyűjtésből származó hulladékokat is beszállítanak.

A konténerekben vagy tömörítőlapos felépítményű gépjárművekben érkező hulladékot hídmérlegen lemérik, a mérlegelések eredményét számítógépes rendszerben rögzítik.

Hulladék ürítése

A hulladékot a feladóhelyre szállítják, ahol az ürítést irányító személy irányításával vagy közvetlenül a feladóbunkerbe, vagy a feladószalag mellé ürítik.

Hulladékok feladása a válogatási rendszerre

A leürített hulladékot a bunkerből adagoló rendszerrel, vagy rakodógéppel a felhordó szalagra téve adják fel a válogató rendszerre.

Hulladék feltárása

A gépi válogatás első lépése minden esetben a hulladék feltárása. A feltárás lehet (1) zsáktépés, vagy (2) aprítás. A feltárás a további gépi válogatási lehetőségek biztosítása miatt szükséges.

Hulladék gépi válogatása

A gépi válogatás több, egymást követő folyamatból áll. Ezek sorrendje, illetve az alkalmazott gépi berendezések fajtái és száma válogatóüzemenként eltérő. A gépi válogatásnál alkalmazott berendezések:

- sziták, rosták - méreetszerinti szétválasztás,
- mágnes és örvényáramú leválasztók (mágnesezhető (Fe) és nem mágnesezhető (NFe) fémek),
- ballisztikus szeparátor – alakszerinti (2D, 3D) osztályozás,
- optikai szeparátor – anyag és, szín szerinti szétválasztás,
- röntgen – anyag szerinti szétválasztás,

Egyes gépeket nagyobb számban, egymás után alkalmazva jutnak el a kívánt anyagminőségig. Például több optikai leválasztót egymás után kötve szétválaszthatók 1. lépésben a papírok és a

műanyagok, 2. lépésben a műanyagokból kiválasztható a PE, a 3. lépésben a HDPE és így tovább.

Finom válogatás

Egyes esetekben előfordulhat, hogy bizonyos anyagfajták szétválasztásánál, vagy szín szerinti válogatáshoz, már nem újabb optikai berendezést alkalmaznak, hanem finom válogatást. Ekkor 1-2 munkás a legfeljebb két eltérő anyagminőséget tartalmazó anyagáramból az egyiket kézzel leválogatja. Például az LPDE fólia frakcióból a színeseket kézzel eltávolítják, de a fehérét a szalagon hagyják.

Bálázás

A szétválogatott másodnyersanyagok a folyamat végén, a kézi válogatóműhöz hasonlóan bálázásra kerülnek.

Utóaprítás

A válogatás végén a korábban kiválogatott, vagy a rendszer végén fennmaradó, anyagában nem hasznosítható hulladékokat, de égethető hulladékokat utóaprítják. Az aprítás szemcsemérete a hasznosító igényeitől függ, cementgyáraknál ≤ 50 mm, erőműveknél 50-100 mm.

A bálák mozgatása, tárolása és a késztermék kiszállítása a korábban ismertettekkel megegyezik

4.4 Válogatóművek gyakorlati megvalósítása - esettanulmányok

4.4.1 Pécs-kökényi válogatómű

A Pécs-Kökényi válogatómű egy két válogatósoros, hagyományos kézi válogatómű. A válogatóműbe csak a lakosságtól szelektíven gyűjtött hulladékok kerülnek. A válogatás a következő folyamat szerint zajlik:

A beérkező hulladékot mérlegelés után a csarnokon belül kialakított ürítő helyen a térmester irányításával ürítik. A hulladékot tolólapos, kanalas munkagéppel juttatják a feladószalagokra. A válogatóműben három feladási lehetőséget alakítottak ki: (1) dobszítán keresztül, (2) közvetlen a válogató kabinba, és (3) közvetlenül a bálázógépre.

A hulladék leürítésének helyét a hulladék származása, összetétele és tisztasága függvényében határozzák meg. A dobszítás sorra a szennyezettebb, a közvetlen feladó sorra a tisztább hulladék kerül. A dobszítával a hulladékban lévő <80 mm-es szennyező anyagokat választják le, amit a szomszédos mechanikai-biológiai kezelőbe szállítanak további feldolgozásra. A bálázógépre közvetlen feladásra lakossági hulladékból csak a feladóhelyen kiválogatott nagyobb méretű kartonok kerülnek.

A válogató szalagok külön válogatókabinban kerültek elhelyezésre. A szalagok mellett egyszerre 9-9 pár válogató munkás tud dolgozni. A munkások kézzel választják szét a hasznosítható papír és műanyag hulladékokat. A válogató kabin alatt - 33. ábra - 8 db bokszt van a szétválogatott hulladékok elkülönített elhelyezésére.

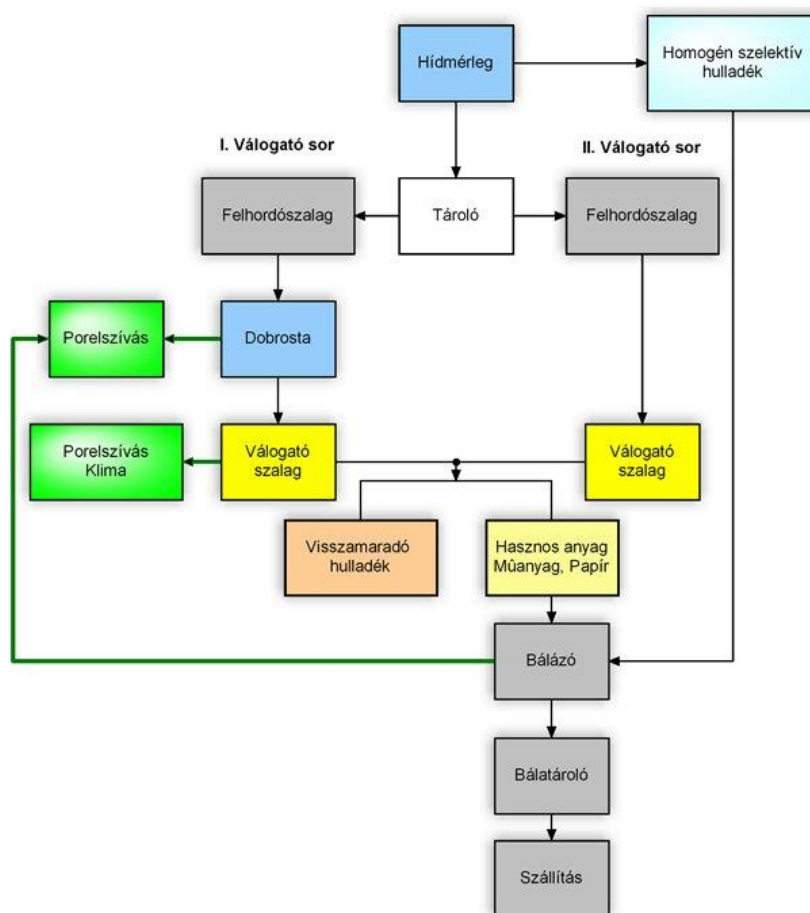


33. ábra: Válogató kabin a boxokkal

A válogatószalagok végén egy-egy mágneses fémleválasztó berendezés van a mágnesezhető fémek leválasztására. A szalagokon fennmaradó anyag (válogatási maradék) egy-egy konténerbe hullik, amit szintén a szomszédos mechanikai-biológiai kezelőbe szállítanak további feldolgozásra.

A bokszból az anyag fajtákra, színre szétválogatott hulladékot a bokszból toló lapos munkagéppel tolják a bálázógép süllyesztett feladószalagjára. A bálázógép a kiválasztott program szerint aktiválja a garatjába integrált PET lyukasztót, vagy a virbulátort, vagy mindkettőt eltávolítja a garatból.

A bálákat bálamérlegen mérik, QR kódos matricával azonosítják (anyag, súly időpont), majd a bálátárolóba viszik, ahol a kiszállításig tárolják. A válogatómű technológiai folyamatait a 34. ábra mutatja be.



34. ábra: Pécs-kökeényi válogatómű technológiai folyamata

4.4.2 Somi automatizált válogatómű

A somi regionális hulladékkezelő központban a hulladék előkezelésére, a vegyes hulladékáramból a hasznosítható anyagok kiválasztására alkalmas technológiát 2015-ben helyezik üzembe. Az üzemben a következő technológiai folyamat zajlik:

A vegyes települési szilárd hulladékot mérlegelést követően a kezelőcsarnokba szállítják. A hulladékot homlokrakodóval zsákfeltépő gépre adagolják, ahol megtörténik a zsákok gépi felnyitása, a hulladék fellazítása. A fellazított hulladékot szalagrendszeren a dobrostába vezetik.

A dobrostából a hulladék 3 különböző frakcióban távozik.

1. A <80 mm-es frakcióban az anyagáramból a szerves frakció leválasztásra kerül. Ebben az anyagáramban jelentős mennyiségű fém található, amelyet, mágneses leválasztóval (Fe), valamint egy örvényáramú szeparátorral (NFe) választanak le. A magas szerves anyag tartalmú maradék anyag szárazstabilizálásra, majd lerakásra kerül.
2. A >320 mm-es frakciót visszavezetik a fogadótérben kialakított tárolóba, majd 200-250 mm-es méretre előaprítják. Az előaprítást követően a hulladék közvetlenül a dobrosta feladószalagjára kerül, és visszajut a fő anyagáramba.

3. A 80-320 mm közti frakció a tovább feldolgozandó fő anyagáram, amelybe a 2. pont szerinti előaprított hulladék is bevezetésre kerül.

A válogatás első lépése egy mágneses fémleválasztás. Ezt követően egy optikai válogató berendezéssel (NIR – near infrared) a fő áramot két felé, műanyagok és fő anyagáram, válogatják. A műanyagot egy ballisztikus szeparátorral 2 dimenziós (sík, fóliaszerű) és 3 dimenziós (guruló, PET palackok; HDPE; PP) frakcióra különítenek el.

A sík műanyagokból egy másik NIR berendezéssel PE fóliát válogatják ki, amit a meglévő kézi válogatóban finom válogatnak. A fennmaradó hulladékot utó-aprítógépre viszik és <30 mm-es szemcseméretű frakcióra aprítják.

A ballisztikus szeparátorból kikerülő un. guruló frakcióból egy másik NIR berendezés kiválogatja az összes PET palackot, amit szintén a kézi válogatóműben szín szerint szétválogatnak. A 3 dimenziós maradék anyagot is <30 mm-es szemcseméretre utóaprítják.

A kapott anyagból, melyeket szalagok segítségével szintén a technológiai csarnokon kívül található NFe tárolóba vezetünk.

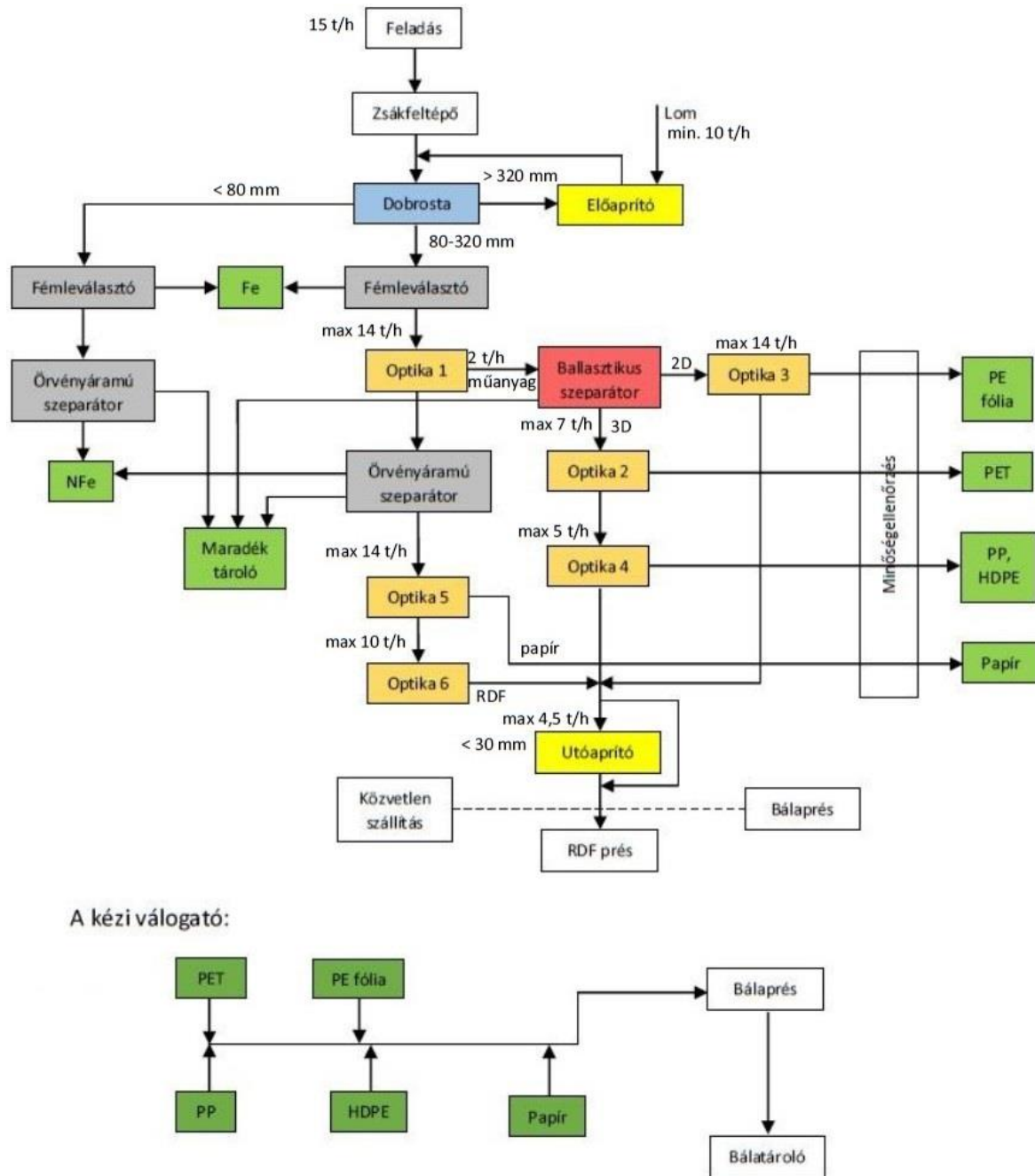
A fő anyagáramból egy újabb örvényáramú szeparátorral kiszedik a nem mágnesezhető fémeket. A fennmaradó hulladékból a következő NIR egység a papírokat fújja ki a fúvókasor segítségével. A kiszedett vegyes papírt a szomszédos kézi válogatóműben, ha szükséges tovább válogatják.

A fő anyagáram utolsó szétválasztásának feladata, hogy a műanyag és papír mentes hulladékból a még jól égethető anyagokat egy erre programozott NIR egységgel kiszedje. Az itt kiválasztott anyagok is az utóaprítóra kerülnek.

Az utóaprítóból a kész, magas fűtőértékű, erőműi, ill. cementgyári hasznosításra alkalmas alternatív tüzelőanyagot hulladékpréssel 33 m³-es zárt préstartályokba tömörítésre kerül. A tüzelőanyaggal egy másik szalagon walking-floor-os gépjármű azonnali töltésére is lehetőség van. Amennyiben a Cementgyár vagy erőmű nem tudja a tüzelőanyagot átvenni, akkor zsinóros kötözésű bálázó géppel bálázzák.

A maradék, már nem hasznosítható anyag szalagrendszeren a külső, maradékanyag tárolóba, onnét szárazstabilizálásra, majd lerakásra kerül.

A technológiai folyamatát a 35. ábra mutatja be.



35. ábra: Somi válogatómű technológiai folyamata
(Forrás: NHSZ Zöldfok Zrt)

4.4.3 Békéscsabai válogatómű

A Dél-Alföldi Regionális Hulladékgazdálkodási Program (DAREH) keretében Békéscsabán kezdték meg egy automatizált válogatómű építését. Az üzem technológiája a következő:

A vegyes települési szilárd hulladékot mérlegelést követően a kezelőcsarnokba szállítják. A hulladék feladására két technológiai sor áll rendelkezésre. A hulladékot egy-egy zsákfeltépő gépre adagolják, ahol megtörténik a zsákok gépi felnyitása, a hulladék fellazítása. A fellazított hulladékot szalagrendszer a két dobrostára vezeti.

A dobrostákból a hulladék 3 különböző frakcióban távozik:

1. A <70 mm-es frakcióban az anyagáramból a magas szerves anyag tartalmú frakció,
2. A >320 mm-es nagy darabos frakció,
3. A 70-320 mm közti frakció, mint fő hasznosítható anyagáram,

A <70 mm-es frakcióból első lépésben mágneses leválasztóval a mágnesezhető fémeket (Fe) különítik el. Második lépésben egy 10 mm-es lyukméretű szitával átszitálják. A <10 mm-es anyagot komposztálják, a 10-70 mm-es frakciót egy NIR berendezésre vezetik és kiválasztják belőle a műanyagot. A fennmaradó részt egy röntgennel szerves és inert hulladékokra osztják. A szerves hulladékot a komposztálóba, az inert hulladékot lerakóba viszik.

A >320 mm-es frakciót visszavezetik a fogadótérben kialakított tárolóba, majd <300 mm-es méretre előaprítják. Az előaprítást követően a hulladék közvetlenül az egyik dobroszta feladószalagjára kerül, és visszajut a fő anyagáramba.

A 70-320 mm közti frakció a tovább feldolgozandó fő anyagáram, amelybe az előaprított hulladék is bevezetésre kerül. Ebből az anyagból első lépésben egy-egy mágneses leválasztóval a mágnesezhető fémeket (Fe) különítik el. Második lépésben NIR berendezésekkel a műanyagot és a tetrapackot válogatják le. Ezek feldolgozása a továbbiakban egy a maradék anyagáramtól elkülönített soron folyik tovább.

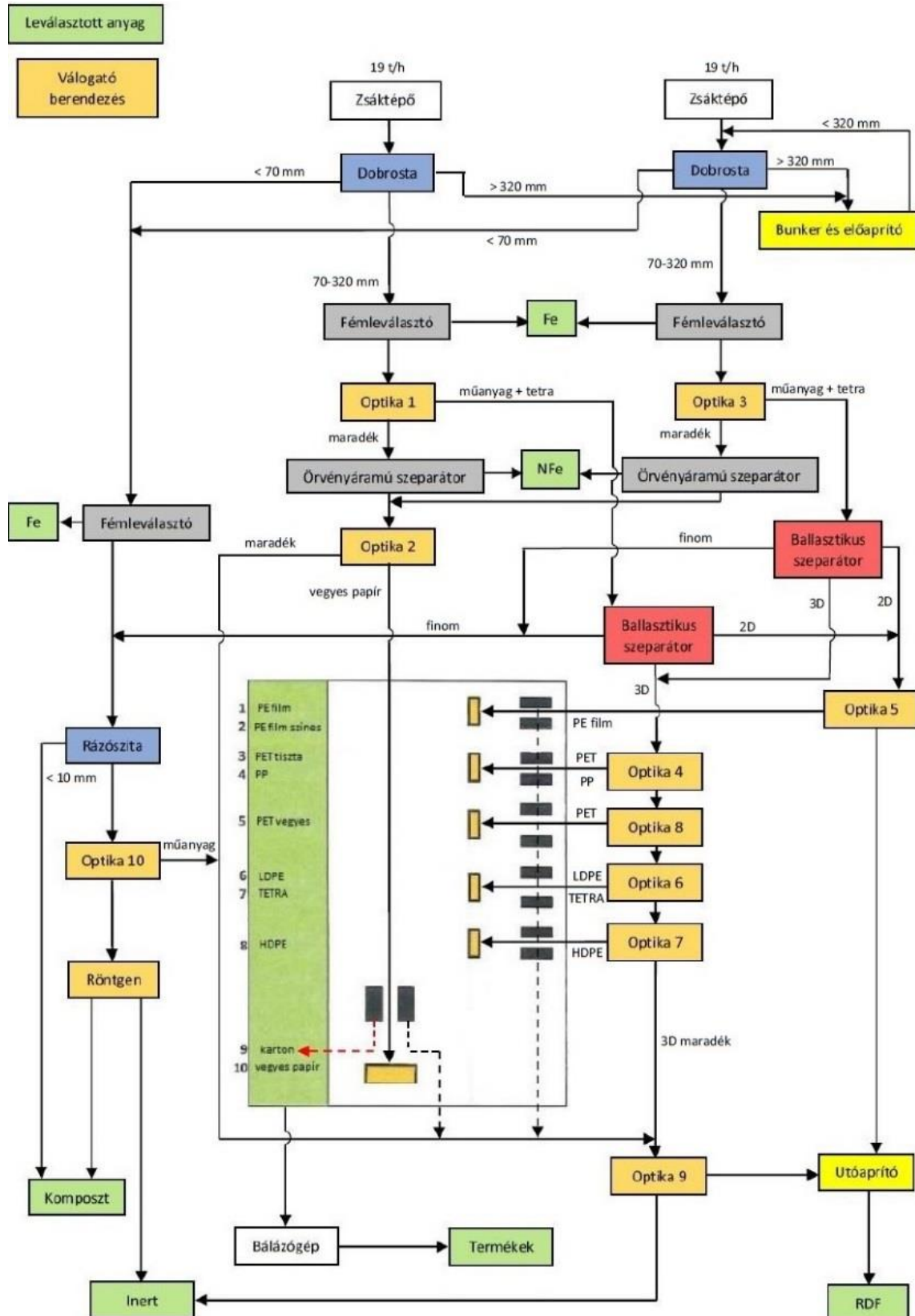
A műanyagot és a tetrapackot egy-egy ballisztikus szeparátorra vezetik, ahol a 2D-s és a 3D-s anyagok szétválasztása történik. A 2D-s sík műanyagokból egy NIR berendezéssel a PE fóliát válogatják ki, amit még kézzel finom válogatnak. A fennmaradó hulladékot utó-aprítógépre viszik és aprítják. A 3D-s anyagokat négy egymást követő NIR berendezéssel (1) PP, PET tiszta, (2) PET színes, (3) LDPE, tetrapack, (4) HDPE műanyagokra különítenek el és kézzel finom válogatnak.

A maradék anyagáramból örvényáramú szeparátorral kiveszik a nem mágnesezhető fémeket, majd azt követően egy NIR berendezéssel a papírt. A papírból kézi válogatással kiveszik a kartont, és a vegyes papírt.

A kiválogatott másodnyersanyagokat bálázzák, és a hasznosítók részére értékesítik.

A maradék frakciókat – a 2D-s, 3 D-s, és a papír frakciók, valamint a kézi finom válogatások után – összevezetik és egy újabb NIR berendezésre adják fel, ahol elkülönítik az égethető, illetve az inert anyagokat. Az itt leválasztott égethető hulladékokat utóaprítják, az inert hulladékot pedig lerakóban helyezik el.

A technológiai folyamatot a 36. ábra mutatja be.



36. ábra: Békéscsabai (DAREH) válogatómű technológiai folyamata
(Forrás: Strabag)

5 Biológiai hulladékkezelés

A biológiai hulladékkezelési eljárások során a biológiailag lebomló hulladékokat vizes közegben aerob vagy anaerob körülmények között mikroorganizmusok (baktériumok) bontják le, illetve bomló képességét csökkentik. Biohulladéknak nevezünk minden olyan növényi és állati eredetű szerves hulladékot, amely aerob vagy anaerob úton biológiailag lebomlik vagy lebontható. A biohulladékok lehetnek:

- zöldhulladékok (kerti hulladék)
- konyhai hulladékok
- mezőgazdasági eredetű növényi és állati hulladékok
- élelmiszeripari hulladékok
- fafeldolgozás hulladékai
- szennyvízkezelésből származó iszapok

A biológiai lebontást végző baktériumok csak a számukra megfelelő körülmények között képesek fennmaradni és szaporodni. A baktériumok hőmérsékleti optimumukat tekintve lehetnek:

- pszichofilek (hidegkedvelők) (5-20 °C)
- mezofilek (közepesen melegkedvelők) (30-40 °C)
- termofilek (hő kedvelők) (40-75 °C)

A baktériumok érzékenyek a pH-változásokra, többségük pH 4,5-9,0 között, általában osztódással szaporodik. A két osztódás között eltelt időt, generációs időnek nevezzük.

A biológiai lebomlás mozgatója a **metabolizmus** (anyagcsere). A metabolizmus során a táplálékból új sejtanyag keletkezik. Az anyagcsere folyamatok első lépését **katabolizmusnak** (lebontás) nevezzük. Ennek folyamán a táplálék komplex szerves anyaga lebomlik, egy része a bioszintézis "alapanyagául" szolgál, más része kis energiatartalmú vegyületekké (széndioxid, víz) alakul és a lebontásuk során felszabaduló energia nagy energiatartalmú kötésekben raktározódik. A katabolizmus végbemehet (1) aerob és (2) anaerob körülmények között.

Az aerob lebontás oxigén jelenlétében zajlik, az aerob sejt fő energianyerő mechanizmusa a légzés, vagyis a tápanyagok enzimes oxidációja. Anaerob lebontásnak azt a folyamatot nevezzük, melynek során a szerves anyagok oxigénmentes körülmények között disszimilálódnak. A disszimiláció energiafelszabadító folyamat, mivel a makromolekulákból enzimek hatására egyszerű felépítésű, kis energiatartalmú molekulák: metán és széndioxid keletkeznek.

Az anyagcsere folyamatok második lépése az **anabolizmus**, amely alatt a környezetből felvett anyagoknak a szervezetbe való beépülését értjük. A folyamat során az egyszerű anyagok összetett makromolekulákká alakulnak. Az anabolikus átalakuláshoz energiára van szükség.

5.1 Komposztálás

A komposztálás az elkülönítetten gyűjtött biohulladék ellenőrzött körülmények között, oxigén jelenlétében történő biológiai lebontása (oxidáció) mikro- és makroorganizmusok segítségével, amelynek eredményeképpen stabil humuszképző anyagok, valamint ásványi anyagok keletkeznek. A végtermék 40-50 % nedvességtartalmú földszerű anyag (komposzt), amely növényi tápanyagtartalma miatt a talaj termőképességének növelésére használható.

5.1.1 A komposztálás folyamatát befolyásoló tényezők

Szén/nitrogén (C/N) arány optimalizálása

A helyes szén/nitrogén arány beállítását a nyersanyagok összeállításával lehet kialakítani. Az elméleti C/N arány a mikroorganizmusok tápanyagigénye és hasznosítása alapján 25/1, de a gyakorlati tapasztalatok azt mutatják, hogy a nehezen bomló lignintartalom miatt inkább a 30-35/1 C/N arány alkalmazása az optimális. Ha az alapanyagban nitrogén hiány van, akkor a komposztálódási folyamat csak a felesleges szén távozása után (CO₂) lassan indul be, nitrogén felesleg esetén pedig ammónia képződik és távozik a megfelelő arány beálltáig.

Nedvességtartalom

A szerves anyag biológiai lebontásához megfelelő mennyiségű vízre is szükség van, amely egyben a mikroorganizmusok kedvező életfeltételeihez is hozzájárul. Nedvesség hiány esetén ugyanis a baktériumok szaporodása megáll. A nedvesség többlet a pórusokból kiszoríthatja az oxigént és anaerob rothadási folyamat indulhat el. A megfelelő nedvességtartalom 40-60% között van.

Oxigénellátás

A mikroorganizmusok számára a folyamatban nagy mennyiségű oxigénre van szükség, amelynek fedeznie kell a szervesanyag-lebontás oxigénigényét. A lebontás induló fázisában a legnagyobb az oxigénigény. Az oxigént a megfelelő mennyiségű struktúr anyaggal, amely a levegő bejutását biztosítja, forgatással, vagy levegőztetéssel, levegőbefújással biztosíthatjuk.

Hőmérséklet

A lebomlási folyamatok elindulása után jelentős hő szabadul fel, így a külső hőmérséklet – még télen sem - a komposztálást nem befolyásolja. A megfelelő belső hőmérséklet egyrészt a mikroorganizmusok kedvező életfeltételeihez, szaporodásához szükséges, másrészt a higiénizációhoz, a patogén mikroorganizmusok elpusztításához. A magasabb hőmérséklet gyorsítja a biokémiai folyamatokat is, de azok 70 °C felett lelassulnak. A higiénizációhoz a hőmérséklet függvényében elegendő tartózkodási időt is biztosítani kell. Prizmás komposztálás esetén a tartózkodási idő 55 °C-nál két hét, 65 °C-nál egy hét, zárt komposztálási eljárásnál 60 °C-on egy hét. (23/2003 (XII.29.) KvVM rendelet)

5.1.2 A komposztálás munkafolyamatai

A komposztálási munkaműveletei négy csoportra bonthatók:

1. nyersanyagok fogadása, tárolása,
2. előkészítés,
3. komposztálás,
4. utókezelés

A komposzttelepre beérkező nyersanyagot mérlegelés után fajtanként tárolják, hogy a megfelelő nyersanyagkeverék elkészíthető legyen. Az előkészítés során az anyagot (1) aprítják, ha szükséges (2) leválasztják és eltávolítják az idegen anyagokat, (3) összeállítják és homogenizálják a nyersanyagkeveréket, és ha túl nedves (4) víztelenítik, szárítják. Az aprításnál ügyelni kell arra, hogy az aprítás utáni szemcseméret ne legyen túl kicsi, az anyaghalmozba a levegő bejutása biztosított legyen. Ha a beérkező anyag szemcsemérete már eleve kicsi (pl. szennyvíziszap) mindenképpen gondoskodni kell struktúraanyag hozzákeveréséről. Az idegen anyagok kő, fémek, műanyag fóliák stb. leválasztása az előkészítésnél, vagy később az utókezelésnél is megoldható.

A komposztálás folyamán az anyag hőmérsékletét, nedvesség tartalmát és egyes eljárásoknál oxigéntartalmát rendszeresen, vagy megfelelő műszeres mérés technikával folyamatosan mérik. Forgató eljárásoknál a levegőztetésről a forgatás gondoskodik, ami egyben a rendszeres homogenizálást is biztosítja. Az érési idő első szakaszában több oxigénre van szükség, ezért ekkor naponta, akár naponta kétszer is meg kell forgatni az anyagot. Későbbiekben a forgatás 2-3 naponta elegendő. Nedvesség hiány esetén locsolással – általában a csurgalékvíz visszalocsolásával – lehet beállítani a kívánt nedvességtartalmat.

Az utókezelésnél a komposzt finom rostálásával leválaszthatók a nagyobb darabos, még nem komposztálódott részek, illetve az idegen anyagok. Az idegen anyagok leválasztási hatékonysága a rostálás során kiegészítő berendezésekkel (elszívó, mágnes, kőcsapda) tovább javítható. Az utókezelés része a kész komposzt eladásra való előkészítése, zsákolása.

5.1.3 A komposztálás gépei

A komposztáláshoz használt gépeket, berendezéseket három csoportba sorolhatjuk. A komposztálási munkaműveleteket végző (1) célgépek, az ezeket kiszolgáló (2) rakodógépek, vontatók és bizonyos komposztálási eljárásokhoz kapcsolódó (3) technológiai berendezések. Az egyes csoportokon belül alkalmazott gépek a következők:

- célgépek
 - aprítógépek,
 - sziták (rosták),
 - komposztforgató gépek,
 - zsákoló gép,
- rakodógépek, vontatók
 - homlokrakodók,

- ipari gémes rakodók,
- vontató gépek,
- technológiai berendezések
 - levegőztető rendszerek,
 - nedvesítő rendszerek,

Célgépek

A komposztálási műveleteket végző, sajátos kialakítású gépek alkotják a célgépek csoportját. Ezeket a berendezéseket a legtöbb komposztálási eljárás során alkalmazzák. A gépek lehetnek diesel, vagy elektromos meghajtásúak, önjárók vagy vontatható kivitelűek. Az aprítógépek lehetnek kerekes, vagy lánctalpas, a komposztforgatók kerekes, vagy gumi lánctalpas kialakításúak.

Aprítógépek

Az aprítással beállítható a komposztálási technológiához ideális szemcseméret, másrészt gyorsítja a bomlási folyamatokat, mert megnöveli a mikroorganizmusok számára rendelkezésre álló felületet. Az alkalmazott aprítógépek lehetnek:

- kalapácsos aprítók,
- késes aprítók,
- hengeres törők.



37. ábra: Aprítógép

Az aprítógépek lehetnek mozgathatók (pl. horgos keretre szerelt), önjárók, vagy vontatható alvázra szereltek. Az aprítógépek garatát a gépi rakodáshoz kell méretezni, azaz a méreteit a rakodást (etetést) végző homlokrakodó kanálméretével, illetve emelési magasságával össze kell hangolni.

Sziták (rosták)

A rostálással az előkészítésnél az idegenanyagokat, az utókezelésnél a nem komposztálódott szerves anyagokat, illetve az idegenanyagokat választják ki. A komposztáláshoz általában

dobszitát (38. ábra) használnak. A nedves anyag eltömheti a szita lyukait, ezért a komposztáláshoz célszerű tisztító kefével kiegészített berendezést használni.



38. ábra: Dobszita tisztító kefével

A dobszita szitadobján lévő lyukak átmérője határozza meg a szétválasztási szemcseméretet. A szitán áthulló részt szita alsó frakciónak, a fennmaradó részt szita felső frakciónak nevezzük. A szita alsó frakció a hasznos rész (alapanyag, kész komposzt), míg a felsőrész a leválasztott idegen anyag, vagy a nem komposztálódott, nagyobb darabos szerves anyag. A cserélhető szitadobok különféle lyukmérettel készülnek. Az előkészítési folyamatban ≥ 50 mm, a kész komposzt rostálására ≤ 20 mm lyukméretű dobokat használnak.

A sziták kiegészíthetők idegenanyag leválasztó berendezéssel (39. ábra), amellyel levegőelszívással a könnyű szennyezőanyagot (műanyag fólia) mágnessel a fémeket, illetve kőcsapdával az inert (kő, üveg) anyagokat lehet kiválasztani.



39. ábra: Dobszita idegenanyag leválasztóval

Komposztforgató gépek

A komposztforgató gépekkel a lebontási folyamat oxigénigénye biztosítható. Az átforgatáshoz különféle kialakítású forgató berendezések használhatók

- önjáró komposztforgató,
- vontatható komposztforgató,
- helyben forgató,
- átrakással forgató,

Az önjáró komposztforgatók (40. ábra) a komposzt forgatása mellett a gép mozgását is biztosítják. A mozgás történhet gumikerekes, illetve gumi lánctalpas kialakítással. Az önjáró berendezések óránként 1000 – 4500 m³ anyag átforgatására képesek. A vontatható berendezéseket megfelelő kihajtással rendelkező mezőgazdasági vontatókkal (traktor) vontatják. Ezek teljesítménye 200-600 m³/óra.



40. ábra: Önjáró komposztforgató

A komposztot megforgathatják, átkeverhetik, az eredeti helyén, de egyes berendezések alkalmasak arra, hogy a komposztprizmát a keverés közben egy prizmaszélességgel arrébb rakják. Ilyenkor a következő prizma az elsőként átrakott helyére kerül.

Zárt térben végzett komposztforgatáskor ügyelni kell arra, hogy a forgatógép kezelőkabinja megfelelő szűrőberendezéssel legyen ellátva a folyamat során felszabaduló káros gőzök és gázok kizárására. Az önjáró berendezések kabinja már a legtöbb esetben ilyen kialakítású, a vontatható berendezéseknél viszont a vontató kiválasztásánál kell erre figyelemmel lenni.

Zsákoló gép

A kész komposzt kiskereskedelmi forgalomba hozatalához szükséges a szállításra alkalmas kiserelés (méret, súly, szóródás mentes csomagolás) biztosítása. A zsákológépeket különféle kivitelben (félautomata, automata) gyártják, adagoló, zsákvágó hegesztő, zsákcserélő berendezésekkel ellátva.

Rakodógépek, vontatók

Homlokrakodó

A célgépek kiszolgálására kisegítő munkagépeket használnak. A homlokrakodó (41. ábra) a legfontosabb és legsokoldalúbban használt rakodógép. Homlokrakodóval rendezhető az alapanyag, etethető az aprítógép és a dobszita, de a prizmák építése, a komposzt szállítása, rakodása, rendezése is a feladata.



41. ábra: Homlokrakodó

A homlokrakodónál fontos a megfelelő kanálméret $1-5 \text{ m}^3$, illetve a kanál kialakítása. Komposztálásnál az aprítógép etetéséhez a gallyleszorítóval ellátott kanalat kell használni. A kanálba adatrögzítésre, adatexportálásra alkalmas mérleg is beépíthető, így nyomon követhető a teljesítmény, illetve az utóérlelő, vagy a készanyag térre átszállított, vagy a telepről kiszállított komposzt súlya.

Ipari gémes rakodó

Az aprítógép etetésére emelhető fülkés ipari gémes rakodógép is használható. Előnye, hogy egy helyre letalpalva a hosszú 12-16 m-es gémkinyúlásával mintegy $500-600 \text{ m}^2$ -es területről a felhalmozott anyagot az aprítógépre tudja adni, illetve a gép kezelője a rakodás közben beelát a garatba, így megelőzhető a torlódás, vagy a garat eltömődése.

Vontató

A vontatható komposztforgatók mozgatására használt mezőgazdasági vontatók (traktorok). A vontató kiválasztásánál figyelni kell a munkavégzéshez szükséges teljesítményre, a forgatóeszköz működtetéséhez szükséges felfüggesztés, illetve kihajtás meglétére, valamint zárttéri (csarnok) használat esetén a kabinlevegő szűrésére.

Technológiai berendezések

A technológiai berendezések az egyes komposztálási eljárásokhoz szükséges, speciális kiegészítő funkciókat látnak el.

Levegőztető rendszerek

A komposztáláshoz szükséges levegőt nem csak forgatással, hanem irányított levegőbefújással is lehet biztosítani. a légbefúvást ott alkalmazzák, ahol a forgatás technológiai, vagy műszaki okból nem megoldható. A levegőztető rendszereket a komposzttelep építéskor alakítják ki. A levegőztető rendszer részei:

- irányítástechnika (általában oxigén mérőszondákkal összekapcsolva)
- ventilátor
- befúvó csőrendszer
 - térbetonba süllyesztett
 - térbetonon elhelyezett



42. ábra: Térbetonban elhelyezett levegőztető cső

A levegőztetéshez szükséges levegőt ventilátorral nyomják bele a csőrendszerbe. A levegőztető csövek perforációin a levegő kiáramlik és alulról a pórusokon a komposztprizma belsejébe hatol. A levegőztető rendszer kialakításakor, illetve az üzemeltetéskor figyelni kell az eltömődésre, és különösen a süllyesztett rendszernél a csatornába jutó csurgalékvíz elvezetésére. A süllyesztett rendszer korszerűbb, műszakilag jobb megoldás, de beépítése csak a komposzttelep építéskor lehetséges. Az térbetonon elhelyezett levegőztető csövek utólag is telepíthetők, hátránya gépi prizmabontás akadályozása.

Irányítás és méréstechnika

A korszerű komposzttelepeken a lebomlási folyamatokat folyamatosan (real time) kontrolálják és amennyiben szükséges a beavatkozásokat automatikusan irányítják. Az irányítástechnika a komposztprizmákban elhelyezett hőmérséklet, nedvesség, és oxigénmérő szondáktól kapott információkat értékeli és indítja a szükséges beavatkozásokat, pl. levegőztetés, nedvesítés.

Nedvesítés

Az oxigén mellett a megfelelő nedvesség tartalom biztosítása is fontos feladat. A nedvesség pótlására célszerű a csurgalékvíz visszaforgatása, amihez átemelő és szivattyú akna, csővezeték és hidrások (tömlőcsatlakozó). A nedvesség pótlását a nedvességmérés adatai

alapján kell ellátni. Végezhető kézi locsolással, de a korszerű forgató berendezések már fel vannak cserelve locsoló és tömlőcsévéelő adapterrel, így a forgatással egy időben a nedvesítés is megoldható.

5.1.4 Komposztálási eljárások

A komposztálás során alkalmazott technológiák három csoportba sorolhatók: a nyitott, a félig zárt és a zárt komposztálási technológiák.

Nyitott komposztálás

Passzív komposztálás

A passzív komposztálás során a folyamatok beavatkozás nélkül zajlanak le. Az érési idő 6-18 hónap között változik. Az eljárás előnye az alacsony munka és gépigény, hátránya a lassúság, nagy helyigény és a rossz minőség.

Forgatásos prizmakomposztálás

A leggyakrabban alkalmazott eljárás. Munkafolyamatai:

- hulladék előkezelése (válogatás, aprítás, homogenizálás, fémek eltávolítása)
- komposztágy kialakítása.
- hulladék elhelyezése a komposztágyban.
- előérlelés (intenzív termofil szakasz) kb. 3-6 hétig tart, a szükséges hőmérséklet (55-65 °C),
- utóérlelés. 3-6 hónap alatt befejeződik a biológiai lebontás folyamata. A megérett komposzt hőmérséklete 40°C alá esik vissza

Az előkészített nyersanyagokat trapéz keresztmetszetű prizmákba rakják. A prizmák mérete alkalmazkodik a komposztforgató berendezés által kiszolgálható méretekhez. A prizmákat meghatározott rendszerességgel, illetve a mérési eredmények alapján kell átforgatni. A folyamat kezdeti szakaszában a nagyobb oxigénigény miatt napi, még a későbbi szakaszban ritkább 2-3 naponkénti forgatási gyakoriság szükséges. Az átforgatással egyben keveredik, homogenizálódik az anyag, és biztosítható, a vízgőz, a gázok és a hő eltávozása. A komposztálás során be kell tartani a jogszabályokban előírt hőmérsékletet és tartózkodási időt a higiénizációhoz, a patogén mikroorganizmusok elpusztulásához. A folyamat során a prizmákban a hőmérsékletet és a nedvességtartalmat folyamatosan ellenőrizni kell és szükség esetén az oxigént, vagy a nedvességet pótolni kell.

A prizmakomposztálásnál a prizmák egymástól való távolságát a forgatási technológiai határozza meg. A jobb helykihasználás miatt célszerű a prizmákat egymáshoz minél közelebb kialakítani. A helyben forgatásos vontatható, vagy önjáró oldalforgató berendezéseknél a gépek közlekedéséhez a prizmák között elegendő helyett kell hagyni, ami 2-3 m is lehet. A korszerű berendezések képesek a prizmák fölé állva, azokat közrefogva helyben forgatni, ilyenkor csupán a gép kerékszélességének megfelelő 50.60 cm-es helyet kell hagyni.

Helyigény szempontjából a legkedvezőbb megoldás a táblás (asztal, szőnyeg) komposztálás, amikor a forgatógép a tábla széléből átrak egy sávot, majd arra a sávra rakja a következőt. Így a komposzt összefüggő táblát képez, nincs kihasználatlan terület. Ehhez a technológiához azonban speciális forgató-berendezés szükséges.

A forgatásos prizmakomposztálás a zöld hulladékok legelterjedtebb komposztálási módszere, de sokszor alkalmazzák a más módszerrel, főként intenzív komposztálási eljárással előérlelt komposzt utóérlelésére is.

Levegőztetett prizmakomposztálás

Ennél az eljárásnál a szükséges oxigént mesterséges levegőztetéssel (légbe fúvással) biztosítják. A levegő vagy az aljzatba süllyesztett, vagy a beton felett elhelyezett levegőztető csöveken keresztül jut a komposzt prizma belsejébe. A szükséges levegőt ventilátorral táplálják a rendszerbe. A prizmák jellemző mérete nagyobb, mint a forgatásos eljárásnál. A gyakorlatban 5-15 m széles és 2,5-3 m magas prizmákat építenek.

Levegőztetett prizmakomposztálás jól alkalmazható a szennyvíziszapok komposztálására. Az iszaphoz struktúra anyagot (faforgács, szalma) kell keverni a porozitás biztosítására.

Félig zárt rendszerek

A komposztálás silófolyosóban, csarnokban, vagy a kettő kombinációjával valósul meg. A silófolyosókban végzett komposztálásnál a lebomláshoz szükséges oxigént beépített levegőztető rendszerrel, esetenként beépített forgató berendezéssel juttatják be. Csarnokban történő komposztálás esetén a levegőztetésre alkalmazhatnak befűvósos rendszert, vagy forgatást. A csarnokba a lebomlás során keletkező gőzök és gázok elszívására gyakran elszívó berendezést is beépítenek. Ilyen esetben az elszívott levegőt biofilteren keresztül engedik ki a szabadba, ahol a szaganyagok nagy része megkötődik. Ez az eljárás gyorsabb folyamatot (4-6- hét) eredményez, de jóval drágább, főként beruházási és elszívás esetén üzemeltetési oldalról is, mint a nyitott komposztálási eljárások.

Takart, levegőztetett eljárás

A levegőztetett komposztálás továbbfejlesztett változata. Jellemzője, hogy a komposztot szemipermeabilis (féligáteresztő) membrántakaróval takarják. Az eljárás besorolása nem egyértelmű, egyes szakirodalmi források a nyílt eljárások (Alexa L, 2001), mások a zárt eljárások (Kurdi R et al., 2012) között említik. A komposztálás végezhető 6-12 m széles és 2,5-3 m mag) prizmákban, vagy silófolyosókban is. A membrántakarót prizmás komposztálásnál általában manuálisan, silóknál pedig speciális csévélő berendezéssel lehet a prizmákra, silókra teríteni, vagy feltekerni. A szemipermeabilis membrántakaró biztosítja a gázcserét, de a nedvességet, a hőt és a szaganyagokat visszatartja. A rendszer része a számítógépes irányítástechnika, amely a komposztban elhelyezett szondák adatai alapján vezérli a levegőztetést. A komposzt érési ideje 4 hét.

Zárt rendszerek

Ezeknél az eljárásoknál a komposztálás zárt térben történik. Az intenzív érlelés rövid ideig 2-4 hétig tart, de léteznek ennél rövidebb, néhány naptól 1 hétig tartó módszerek is. Zárt eljárás a (1) dobkomposztálás (függőleges/torony, vagy vízszintes tengelyű), és a (2) kamrás (kevert, levegőztetett) komposztálás.

Függőleges (torony) komposztálásnál az anyag a torony tetején kerül beadagolásra és folyamatos levegőztetés mellett a torony alja felé halad. Vannak olyan megoldások, ahol az anyagot haladás közben keverik. Vízszintes tengelyű dobreaktoroknál a tengely a haladás irányában lejt. A beadagolt anyag a forgás következtében folyamatosan keveredik, homogénizálódik és halad előre a dobban. Ez az eljárás jól használható települési szilárd hulladékok komposztálására.

Kevert kamrás komposztálási eljárásoknál a kamrában csigás keverő berendezéssel mozgatják előre és keverik a hulladékot. Mire az anyag a kamra beadagolással ellentétes oldalára ér az érlelési folyamat lezajlik. A levegőztetett kamrás komposztálásnál a zárt, hőszigetelt kamrába rakott anyagot alulról levegőztetik. A levegőztetést a hőmérséklet, vagy a keletkező gázok összetétele alapján vezérlik.

5.1.5 Komposzt minősítése, forgalomba helyezése

A komposztot a felhasználás előtt minősíteni kell, illetve meg kell szerezni a forgalomba hozatali engedélyt. A komposzt felhasználása a forgalomba hozatali engedélyben leírtak szerint történhet. A mezőgazdasági területekre való kihelyezés mennyiségét a kihelyezési engedélyben írják elő.

5.2 Anaerob kezelés

Az anaerob környezetben zajló szerves anyag lebontás során biogáz keletkezik. A biogáz alapesetben széndioxidot és metánt tartalmaz, de az alapanyag nitrogén és kén szennyezettsége miatt kén-hidrogént és ammóniát is tartalmaz. A gázképződés több szakaszra bontható: (1) hidrolízis, (2) savképzés, (3) acetogenezis, (4) metánképzés. Az első két fázis gyorsan zajlik, ekkor a nagy molekulájú szerves anyagok lebontása történik. Az acetogenezis már hosszabb folyamat, itt a hidrogénben gazdag vegyületek ecetsavvá és hidrogénné alakulnak. A metánképzés során pedig az ecetsav és a hidrogén reakcióba lépésével széndioxid és metán keletkezik.

A biogáz mennyisége és összetétele a kezelt anyag fajtája szerint változik. A legmagasabb metán tartalma a szennyvíziszapnak van 70%, ezt követik a mezőgazdasági melléktermékek 60-65%, majd a települési szilárd hulladéknak 50%. (Bai et al., 2002, Vermes L, 2005)

5.2.1 A fermentációt befolyásoló tényezők

A hogy a komposztálási folyamatban itt is a lebontást végző mikroorganizmusok optimális életfeltételeinek biztosításával lehet a gázképződés mennyiségét és ütemét befolyásolni. A

fermentációt tehát több tényező befolyásolja (1) alapanyag, (2) hőmérséklet, (3) pH, (4) nedvesség, (5) nehézfémek, és a (6) szulfid.

Alapanyag

A folyamat indítása során fontos a megfelelő C/N arány (30:1), mert a nitrogénhiány akadályozza a szén feldolgozását, a nitrogén felesleg pedig ammónia felhalmozódáshoz vezet.

Hőmérséklet

A fermentáció során fontos tényező a hőmérséklet állandó szinten való tartása, mivel már kicsi, néhány fokos hőmérsékletváltozás is a gázképződés csökkenésével járhat. Ennek magyarázata, hogy minden mikroorganizmusnak meg van az a szűk hőmérsékleti tartománya, ahol a szaporodása és a lebontás sebessége optimális. Ettől való eltérés esetén a mikroorganizmusok károsodhatnak.

pH hatása

A folyamatnak két pH optimuma van, az acetogenezis savas, pH 5,5 körüli tartományban, míg a metánképződés pH 7 közeli tartományban zajlik. Különösen a metánképződés tartománya szűk, pH 6 alatt, illetve pH 8 felett a metánképződés lelassul, majd leáll. Ez az eltérő pH optimum az indoka a gyakran alkalmazott kétlépcsős eljárásoknak.

Nedvesség

A nedvesség fontos a biokémiai folyamatok közege, illetve szükséges a mikroorganizmusok anyagcsere folyamataihoz is. A nedvességtartalom tág határok között változik. Optimális mértéke függ az alkalmazott fermentálási technológiától.

Nehézfémek

Már kis koncentrációban is mérgezőek a mikroorganizmusok számára.

Szulfidok

A szulfidok nagyobb koncentrációban a metánképző mikroorganizmusok tevékenységét lassítják, és a folyamat le is állhat.

5.2.2 Biogáz előállítás technológiai fázisai

Számos biogáz termelő technológia ismeretes, amelyek legfontosabb fázisai:

- Alapanyag tárolás
- Anyag előkészítés: A homogenizálás és a megfelelő összetétel az állandó mikrobapopulációt és az állandó nedvességtartalmat segíti elő, az aprítás az intenzifikálást és az anyagmozgatást szolgálja, a kondicionálás a megfelelő hőmérséklet beállítását jelenti.

- Erjesztés: Történhet egy vagy két lépcsőben, folyamatosan, félfolyamatosan vagy szakaszosan, nedves, száraz vagy félszáraz eljárással.
- Gázkezelés: Ingadozások kiegyenlítése, szén-dioxid, kén-hidrogén eltávolítása mérsztes gázmosóval, a keletkezett gáz hasznosítása.
- Kirohasztott anyag hasznosítása a mezőgazdaságban.

5.2.3 A biogáz előállítás technológiai lehetőségei

A biogáz előállítására több technológiai eljárást dolgoztak ki. Alapvetően egy és két lépcsős eljárásokat különböztetünk meg. Egylépcsős eljárásnál a fermentációs folyamat egy tartályban, míg a többlépcsős eljárásnál az acetogenezis és a metanogenezis eltérő pH igénye miatt, külön-külön tartályban játszódik le. A fermentálandó alapanyag nedvességtartalma alapján választható eljárások a nedves, a szuszpenziós és a száraz eljárások. A reaktor kialakítása szerint pedig megkülönböztethetünk álló, vagy fekvő helyzetű reaktorokat.

Alkalmazható technológiai eljárások:

- Batch eljárás
- Váltótartályos
- Átfolyó tartályos
- Tárolótartályos
- Kombinált átfolyó-tároló tartályos
- Perkolátumos, kamrás

Batch eljárás

A rohasztó tartályt megtöltik és az anyag a meghatározott időtartamig a tartályban marad, majd a folyamat végén a tartályt ürítik.

Váltótartályos eljárás

A technológia egy előtartályból és két rohasztó tartályból áll. Az előtartályban 1-2 napig tárolják az anyagot, majd az egyik (üres) rohasztó tartályt elkezdik feltölteni, ezalatt a másik (tele) tartályban erjesztik az anyagot. Mire a szakaszos töltéssel a rohasztó tartály feltelik, addigra a másikban az erjesztés lezajlik és a tartály kiüríthető. A feltöltés az üres tartályban folytatódik.

Átfolyó tartályos eljárás

Az alapanyag egy előtartályból kerül a rohasztó tartályba, amely mindig tele van, a kierjesztett anyag pedig automatikusan áramlik egy tárolótartályba.

Tárolótartályos eljárás

A rendszer egy tartályból, esetleg előtartályból áll. Az erjesztő tartály egyben a gáz tárolására is szolgál. Feltöltése közvetlenül, vagy az előtartályból történik.

Kombinált átfolyó-tároló tartályos eljárás

Az átfolyótartályos eljárás továbbfejlesztett változata. Lényege, hogy a tárolótartályt lefedik (pl. fólia, szilárd földm) és a keletkező biogázt felfogják és tárolják.

5.2.4 Települési szilárd hulladék anaerob kezelése

A települési szilárd hulladékok kezelésére a száraz fermentációs eljárások alkalmazhatók. Az eljárás előnye, hogy nem kell a hulladékot nagy energia bevitellel aprítani (szemcseméret <5 mm) és a szárazanyag tartalmát jelentősen 15 % alá csökkenteni, így a későbbiekben nincs szükség a maradék anyag víztelenítésére és a kinyert víz kezelésére sem.

A száraz fermentációs eljárásnál a hulladékot előaprítják, vagy a mechanikai kezelés folyamatában leválasztott magas szerves anyag tartalmú hulladékot légmentesen zárt kamrákban helyezik el. A kamrákban a hulladékot telepített forgató berendezéssel forgatják, vagy perkolátummal átmosják. A keletkező gázokat a kamrából elszivattyúzzák, átmosás esetén a perkolátum tartályból is, gyűjtik össze.

A száraz fermentációs technológia folyamatos fejlesztés alatt áll. Az egyes, kismértékben eltérő, de gyakorlatilag azonos technológiákat a gyártók, vagy az először alkalmazók után nevezik el.

Az egyik továbbfejlesztett változat az úgynevezett 3A eljárás.

1. *Fázis*: a folyamat indítása levegőztetéssel (**A**erob)
2. *Fázis*: erjesztés **A**naerob körülmények között – a levegő kiszivattyúzása, a biomassza locsolása (átmosás) perkolátummal, a biogáz összegyűjtése – tartózkodási idő 3 hét
3. *Fázis*: Utóérlelés **A**erob körülmények között

5.2.5 Biogáz hasznosítás

A biogázt hasznosítás előtt kezelni kell. A kezelés lehet (1) kéntelenítés, (2) CO₂ mentesítés, (3) sűrítés vagy palackozás. Az előkészített gázt felhasználható (1) áram és hőtermelésre, (2) betáplálható földgáz hálózatba, vagy (3) motorok üzemanyaga lehet.

Áram- és hőtermelés

A leggyakrabban alkalmazott megoldás. A biogázt gázmotorral elégetik és elsősorban villamos, másodsorban hőenergiát nyernek. A gázmotorok villamos hatásfoka 30-40%. Az előállított villamos energia mellett 45-55% hőenergiát is termelnek. A megtermelt hő 90-95 °C hőmérsékletű.

Már a biogáz üzemek telepítéskor figyelembe kell venni az áram és hő hasznosítási lehetőségeket. Az áram felhasználható a saját szükségletek (fermentorok, illetve egyéb üzemi berendezések, irodák, szociális épületek) villamos energia igényének biztosítására, vagy az áramszolgáltatóval kötött megállapodás és engedélyek birtokában a hálózatba táplálhatók.

A hőenergia hasznosítása szintén fordítható a saját szükségletek fűtés és meleg víz igényének kielégítésére, illetve más tevékenységek pl. mezőgazdaság, kertészetek, hőenergiával való ellátására.

Sajnos előfordulnak olyan rendszerek, ahol a biogáz üzem elhelyezkedése miatt (távol a hőenergia felhasználási lehetőségektől) csak a villamos energia hasznosítása megoldott.

Betáplálás a földgázhálózatba

A biogáz földgázhálózatba való táplálásának szigorú minőségi követelményei vannak, amelyek be nem tartása kártérítési kötelezettséggel jár a biogáz előállító számára. A betáplálás előtt a biogázból el kell távolítani a gázfelhasználásra káros összetevőket:

- széndioxid – a metán után a legnagyobb mennyiségben van jelen, csökkenti a fűtőértéket és növeli az energiafogyasztást
- kénhidrogének - korróziós problémát okoznak
- vízgőz – csökkenti a fűtőértéket és korróziós problémát okoz

A betápláláshoz olyan kompresszor alkalmazása szükséges, amely a hálózati nyomáshoz alkalmazkodik, illetve az átadási ponton mennyiségmérés is szükséges.

Motor üzemanyag

A biogáz motorüzemanyagként való hasznosítására Európában már kiterjedt tapasztalatok vannak. Az Európai Unió a biogázt a bioüzemanyagok sorolja. A CNG (Compressed Natural Gas) motorok hajtására alkalmas biogázt önállóan, vagy földgázzal keverve használják. Elterjedését gátolja, hogy a járművek motorjait a CNG felhasználásra át kell alakítani, és az ilyen motorok élettartama is rövidebb. Ilyen gátló tényezők még a magas beruházási költségek, a költséges tisztító berendezések, illetve a tankoláshoz szükséges kúthálózat létrehozása.

6 Mechanikai biológiai kezelés

A hulladékok mechanikai kezelése mintegy fél évszázados múltra tekint vissza. A mechanikai kezelés technológiájának kifejlesztése az 1970-es években Németországból indult. A vegyesen gyűjtött hulladék nagy része lerakásra került, ugyanakkor a lerakott anyag sok hasznosítható összetevőt (pl. fémeket) és égethető hulladékot tartalmazott. A vegyes hulladéknak, főként a benne lévő biológiailag lebomló hulladéknak köszönhetően, magas volt a nedvességtartalma, illetve sok égetést gátló, zavaró anyagot (inert hulladék, fém) tartalmazott, ezért direkt égetése gazdaságossági szempontból nem volt előnyös. A feldolgozó, előkészítő technológiai fejlődése lehetővé tette, hogy a hulladékfeldolgozás számára is elérhetővé váltak megfelelő technológiai megoldások. Ezek az eljárások elsősorban a hulladékban lévő szerves anyagok és a zavaróanyagok leválasztására irányultak, amelyeket kezelés nélkül lerakóban helyeztek el. A lerakott hulladék aránya még így is magas volt.

A 90-es években a biológiailag lebomló hulladékok lerakásának csökkentésére irányuló kezdeményezések hatására előtérbe került az ilyen típusú hulladékok kezelésének kérdése is. Elkezdődött a mechanikai kezelési technológiák kiegészítése, a leválasztott szerves anyagok kezelésével. Tehát a mai értelemben vett mechanikai biológiai kezeléssel a 90-es évek óta beszélhetünk. Az eljárás Magyarországi elnevezése Mechanikai Biológiai Hulladékkezelés (MBH), angol elnevezéssel Mechanical Biological Treatment (MBT).

6.1 Mechanikai kezelés

Mechanikai kezelés során a vegyes gyűjtött települési szilárd hulladékot gépi feldolgozással osztályozzák és eltérő tulajdonságú (méret, fajsúly, anyag) frakciókat választanak le további kezelés, hasznosítás, vagy ártalmatlanítás céljából.

6.1.1 Kezelési folyamatok

A mechanikai kezelés alatt több, egymásra épülő kezelési folyamat kombinációját értjük. Ez a kombináció függ a kezelés céljától, a beérkezett anyag összetételétől és a fő termék minőségi követelményeitől.

A mechanikai kezelés során alkalmazható kezelési folyamatok:

- Aprítás
- Méret szerinti szétválasztás
- Alak szerinti szétválasztás
- Fajsúly szerinti szétválogatás
- Fémleválasztás
- Anyag szerinti szétválasztás
- Utóaprítás
- Szállításra való előkészítés

Aprítás

A beszállított hulladék szemcsemérete tág határok között változik, ami a mechanikai feldolgozás egyes fázisaiban lehetetlenné teszi a szétválasztást. Aprítással a feladott hulladék szemcseméretét homogenizálják. Általában az előaprításnál beállított szemcseméret felső határa 250-350 mm. Ennél kisebb méretre is lehet aprítani, de minél kisebb a méret, annál nagyobb az energia igénye, így jelentősen növeli a feldolgozási költségeket. Ráadásul a kapott kisebb szemcseméret csak csekély mértékben javítja a későbbi leválasztási műveletek hatékonyságát. Az előaprítás után a vágószerszám kialakításából adódóan lehetnek a beállított méretnél nagyobb hulladékdarabok, főleg keskeny, hosszú tárgyak esetében. A települési hulladék nagy része zsákokban kerül a gyűjtőedénybe, így azt a további feldolgozás előtt fel kell tární. Az aprítás a homogenizálással együtt ezt a feladatot is ellátja.

Méret szerinti szétválasztás

A méret szerinti szétválasztás az aprítás utáni anyaghalmozat legalább két eltérő szemcseméretű anyagáramra választja szét. A szitán áthulló, kisebb méretű részt szita alsó, míg a fennmaradó, nagyobb méretűt szita felső frakciónak nevezik. Az MBH technológiában a méret szerinti szétválasztás az egyes szemcseméret kategóriák jellemző anyagtartalmán alapul. Ezzel a módszerrel jól elkülöníthető a magas biológiailag lebomló hulladék tartalmú frakció és a további feldolgozásra kerülő tüzelőanyag alapanyag. Gyakorlati tapasztalatok alapján a biológiailag lebomló hulladék mintegy 80-85%-a a 40-60 mm közötti kategóriában található. A szétválasztási méret növelésével (pl. 80 mm) a leválasztott anyagáramban a biológiai hulladék aránya növelhető, de azzal együtt nő a leválasztott idegenanyagok (pl. műanyag) aránya is.

Alak szerinti szétválasztás

Alak szerinti szétválasztást a lapos (2D) és gördülő frakciók (3D) osztályozására használják. Ezzel a módszerrel különíthetők el például a műanyag fóliák és a PET palackok. Az alakszerinti szétválasztásnak az MBH folyamatban akkor van jelentősége, ha az anyagáramból hasznosítható hulladékot (pl. PET palack, italos dobozok) kívánunk kiválasztani.

Fajsúly szerinti szétválogatás

A feladott hulladék súly szerinti szétválasztása. A folyamat hatékonyságának előfeltétele a szemcseméret homogenitása. Ezzel a módszerrel két, vagy több anyagáramra lehet bontani a hulladékot. Általában két frakciót – nehéz és könnyű frakció választanak szét. A nehéz frakciót főként inert anyagok alkotják (kő, tégl, üveg, stb.), de itt választódik le a pelenkák, cipők nagy része és a nagyobb darabos nehéz (HDPE) műanyagok is. A könnyű frakcióban nagyrészt műanyagok, papír, textil és egyéb éghető hulladék található.

A végtermék minőségének javítására, eltérő minőségű tüzelőanyagok előállítására háromfrakciós leválasztó berendezések is alkalmazhatók. Ebben az esetben keletkezik egy közepes frakció is, amely nedves papír, cipő, nehéz műanyag (HDPE), fa, italos dobozok,

pelenkák keverékéből áll. Ha háromfrakciós leválasztást alkalmaznak, akkor a fennmaradó két anyagáramot (könnyű, közepes) a továbbiakban elkülönítve kell kezelni, azaz a további feldolgozás párhuzamosan (két soron) folyik, vagy az egyik áramot a fajsúly szerinti szétválasztást követően leveszik a rendszerből, majd a fennmaradó hulladékáram feldolgozása után – ezzel elkülönítve a két anyagáramot – visszatáplálják a technológiai sorra és befejezik a feldolgozását.

Fémleválasztás

A hulladékban lévő egyrészt értékes másodnyersanyag, másrészt az égetés szempontjából nem kívánatos összetevő. A hulladékban a fémek aránya 3-4% körül alakul. Ennek nagyobb része mágnesezhető (Fe), a kisebb része pedig nem mágnesezhető fém (NFe). Ezen a tulajdonságon alapul a szétválasztásuk is. A folyamat során leválasztott fémek – a berendezés, vagy a berendezések technológiai sorban elfoglalt helyének függvényében - sok zavaró anyagot tartalmazhatnak. A folyamat elején, általában az aprítást követően kerül sor az első fémleválasztásra. Ekkor még a berendezéseken az anyagáram 100%-a megtalálható, ezért az a szalagokon több rétegben, vastagon helyezkedik el. A mágnes az alul lévő fémet fölrántja, ami magával viszi a fölötte lévő műanyagot, vagy papírt is. A technológia későbbi szakaszában, különösen a folyamat befejezését megelőző fázisokban a fennmaradó anyagáram mennyisége a különböző kiválasztásoknak köszönhetően folyamatosan csökken, ezzel párhuzamosan a feldolgozottsága, feltártsága viszont nő, így a leválasztás tisztasága jelentősen javul.

Anyag szerinti szétválasztás

A hulladék anyag szerinti szétválasztásával vagy az értékes, hasznosítható hulladékokat, vagy a feldolgozási folyamatban zavaró, esetleg a végtermékben káros anyagokat lehet kiválasztani. Az elkülönítés az egyes anyagfajták optikai tulajdonságai (szín, fényvisszaverés, fényáteresztő képesség) segítségével történik. Ezzel a módszerrel választhatók ki a hasznosítható műanyagok, fémek, vagy a zavaró üveg és inert hulladékok, illetve a tüzelőanyag minősége szempontjából káros klór tartalmú anyagok.

Utóaprítás

A feldolgozás egyik utolsó lépéseként az előaprított, durva szemcseméretű, tüzelőanyagnak alkalmas frakció szemcseméretét a felhasználói igényeknek megfelelően be kell állítani. Ez a méret cementgyári hasznosítás esetén főlegőre való feladáshoz 20-30 mm, előkalcinátorra 50 mm, míg erőműi hasznosításra 50-100 mm.

Szállításra való előkészítés

A tüzelőanyagot a szállításra a felhasználó (cementgyár, erőmű, égetőmű) igényeinek megfelelően kell előkészíteni. A felhasználók a tüzelőanyagot a tüzelőberendezéseikre való feladási lehetőség szerint ömlesztett, vagy bálázott formában fogadják. A gyakorlatban az ömlesztett szállítás és fogadás az elterjedtebb.

Ömlesztett szállításra speciális, nagytérfogatú szállítójárműveket használnak, amelyekbe a tüzelőanyagot vagy előzetes tömörítés után, a technológiai folyamat részeként adagolják, vagy rakodógéppel rakják.

A tüzelőanyag sűrűsége (fajsúlya) kicsi, az ömlesztett tárolásának helyigénye nagy, ezért csak rövid, egy-két hetes időszakra elegendő tárolóhelyet tudnak a feldolgozók – és a felhasználók is – kialakítani. Cementgyári hasznosítás esetén a cementgyárak téli 2-3 hónapos leállása következtében jelentős mennyiség tárolását kell megoldani. Ennek egyik lehetősége a bálázás, amellyel az ömlesztett térfogat 1/10 részére csökkenthető a bálázott anyag térfogata.

A bálázott tüzelőanyagot a szállítás előtt célszerű szétbontani, mert a legtöbb felhasználó a bálázott anyagot nem tudja fogadni, ha mégis fogadják, felárat kérnek a bálák szétbontásáért.

6.1.2 Alkalmazott gépek

A mechanikai feldolgozás során a technológiai folyamatokat telepített gépészeti berendezésekkel, a rendszer kiszolgálását mobil célgépekkel biztosítják. A technológiai sorba a kezelés céljának, az előállítandó végtermékeknek és a végtermékkel szemben támasztott követelményeknek megfelelő kezelési folyamatokhoz tartozó gépeket kell alkalmazni. A mechanikai feldolgozás technológiája a korábban bemutatott technológiai folyamatok változatos összeállításával, az alkalmazott gépek eltérő számával és sorrendjével számtalan eltérő technológiai variációt eredményez. A mechanikai kezelésnél alkalmazott telepített technológiai berendezések:

- Előaprító gép
- Szita
- Mágnesezhető fém (Fe) leválasztó, Nem mágnesezhető fém (NFe) leválasztó
- Fajsúlyszerinti leválasztó
- Alak szerinti osztályozó
- Optikai leválogató
- Röntgensugaras leválasztó
- Utóaprító gép
- Bálázó gép,
- Bálacsomagoló berendezés
- Előkamrás prés
- Feladó, átadó, gyűjtő, töltő és szállító szalagok
- mobil gépek
 - homlokrakodó
 - kitológémes homlokrakodó
 - emelhető fülkés ipari gémes rakodó gép
 - targonca bálafogó adapterrel

Telepített gépek

Előaprító

Az előaprító gépek teljesítménye tág határok között változik. A kisebb gépek 20-30 tonna/óra, a nagyobbak 40-60 tonna/óra kapacitásúak. Ennek oka a hulladék változó anyagösszetétele, sűrűsége és nedvességtartalma. A gyakorlati tapasztalatok szerint a települési szilárd hulladéknál a gyártók által megadott alsó teljesítményhatár körül alakul az aprítógép tényleges teljesítménye.

A települési szilárd hulladék aprítására többféle kialakítású aprítógép használatos:

- kalapácsos törő
- forgótárcsás nyíró aprítógép
- marórotoros aprítógép

A kalapácsos törők gyors járásúak. A különböző kialakítású rotorokon elhelyezett fix, vagy flexibilis kalapácsokkal aprítanak. A szemcseméret a kalapácsok számával, vagy rostával szabályozható. Utóbbi esetben a lejövő maximális szemcseméret nagy pontossággal beállítható, megegyezik a rosta lyukméretével.

A forgótárcsás nyíró aprítógépek lassú járatú (20-60 1/min) kettő, vagy négy rotoros berendezések. A szemben forgó rotorokon vágó és távtartó tárcsák helyezkednek el. Az aprítás az egymásba nyúló vágótárcsák között történik.

A marórotoros aprítógép lassú járatú, egy rotoros berendezés. Az aprítás a rotoron lévő kések és a rögzített ellenkések között történik. A közöttük lévő távolsággal szabályozható a kilépő szemcseméret. Az aprítékban minimális arányban a beállított maximális méretnél nagyobb – főleg keskeny - darabok is előfordulhatnak. A rotor kialakítását a 43. ábra mutatja be. A mechanikai biológiai kezelésnél az utóbbi időben a lassú járatú marórotoros aprítógépek alkalmazása került előtérbe.



43. ábra: Marórotoros aprítógép rotorja
(Lindner GmbH)

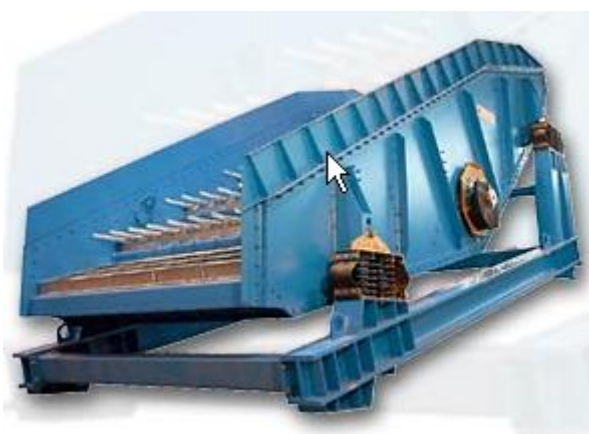
Az előaprító gépeket az aprítási teljesítmény javítására hidraulikus leszorító berendezéssel lehet ellátni. A települési szilárd hulladék inhomogén, a lakosságtól származó ellenőrizetlen összetétele következtében sok olyan anyagot (pl. betondarabok, tömör acélrudak, csövek, stb.) tartalmazhat, amelyek kárt tehetnek az aprító berendezésben, ezért ezeket a gépeket általában idegenanyag védelemmel (pl. csúszó kuplung, hidraulikus erőtárolóval felszerelt ellenkés feszítő rendszer) látják el, illetve kialakítják az idegen anyag egyszerű eltávolítási lehetőségét is.

Szita

A települési szilárd hulladék méret szerinti osztályozására (1) dobszitát vagy (2) pálcás rezgőszitát használnak.

A dobszita a hulladékok szemcseméret szerinti szétválasztására leginkább elterjedt berendezés. Ennek oka egyszerű kialakítása, alacsony meghibásodása és kevés karbantartási igénye. Az általában henger, néha kúpos kialakítású szitadob tengelye kis hajlásszögű, mely körül lassú forgó mozgást végez. A hulladék előrehaladása és a dobban való tartózkodási idő a tengely dőlésszögével, illetve a forgás sebességével szabályozható. A szita lyukai általában kör keresztmetszetűek, de előfordul négyzet keresztmetszet is. Gyártanak több frakciós szitákat, ahol a szitadobot két részre osztják és az egyes részeken eltérő lyukméretet alakítanak ki. Például a dob első felében leválasztják a finomabb (<20 mm), a második részében a közepes méretű (20 -60 mm) szemcséket, míg a szitán fennmarad a durvább frakció (>60 mm).

A pálcás rezgőszita lépcsőzetes elrendezésű szitaelemekből épül fel, amelyek végén, a legalsó panel kivételével, enyhén felfelé irányuló pálcák helyezkednek el. (lásd 44. ábra) A pálcák a hulladékot fellazítják, és a betapadás, eltömődés megakadályozásával a szitálási hatásfokot javítják. A lyukméret az egyes paneleken eltérő, a felső panelen a legkisebb, attól lefelé fokozatosan növekszik, ezért a szitával többféle méretű frakció választható le.



44. ábra: Pálcás rezgőszita
(IFE GmbH)

Mágneses szeparátor

A mágnesezhető fémek (Fe) leválasztására leghatékonyabban használható berendezés a mágnes. A mágnes lehet (1) állandó (permanens) mágnes, vagy (2) elektromágnes.

Örvényáramú szeparátor

A nem mágnesezhető fémek (NFe) kiválasztására örvényáramú szeparátort (45. ábra) használnak. A mágneses indukciójú térben a vezető részek (pl. Al, Cu) körpályára kényszerülnek (Lorentz-erő) ahonnan a berendezésben létrehozott örvényáram ellenkező hatású mágneses tere kilöki őket.



45. ábra: Örvényáramú szeparátor

Légosztályozó

Az osztályozás áramló levegőközegben a feladott anyag szemcséinek eltérő süllyedési sebességén alapul. A légosztályozó berendezések a levegőáramlás szerint lehetnek:

- ellenáramú
- keresztáramú,
- elszívó rendszerűek.

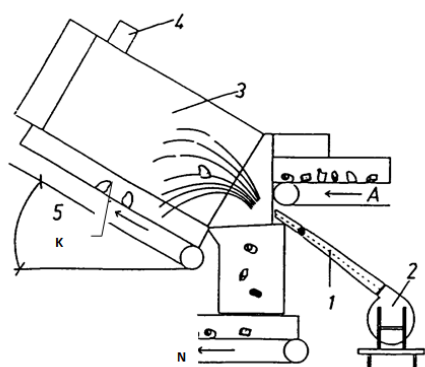
Az ellenáramú készülékekben a szemcsék a levegőárammal szemben mozognak. A levegőáram azokat a szemcséket, amelyeknek a süllyedési sebessége kisebb, mint a légáram sebessége magával viszi, míg azokat, amelyeknek a süllyedési sebessége nagyobb, a légárammal szemben kihullnak.

Keresztáramú készülékeknél a légáram valamilyen szöget zár be a szemcseárammal. Ebben az esetben a légáram a kisebb süllyedési sebességű, tehát kisebb sűrűségű (könnyebb) szemcséket távolabbra, míg a nagyobb sűrűségű (nehezebb) szemcséket közelebbre sodorja.

Elszívó rendszerű áramkészülékben a kissűrűségű anyagokat a légáram felszívja, és magával viszi.

A mechanikai biológiai kezelés folyamatában a leggyakrabban keresztáramú készülékeket (46. ábra és 47. ábra) használnak. A készülékek főbb részei:

- befúvó ventilátor
- elszívó ventilátor
- porszűrő
- bevezető szalag,
- gyorsító szalag,
- szekrény (elválasztó tér)
- könnyűfrakció kihordószalag,
- nehéz frakció kihordó szalag



Jelölések:

1. Fúvóka
2. Befúvó ventilátor
3. Elválasztó tér
4. Elszívás
5. Könnyű frakció kihordó szalag

Termékek:

A feladott anyag

K Könnyű termék

N Nehéz termék

46. ábra: Keresztáramú készülék kialakítása
Környezetmérnöki Tudástár Hulladékgazdálkodás 12. kötet Csőke Barnabás (szerk), 2011



47. ábra: Légosztályozó

Ballisztikus szeparátor

Ballisztikus szeparátorral a feladott hulladékáramot három frakcióra: (1) háromdimenziós (gördülő), (2) kétdimenziós (lapos), illetve (3) finom bonthatjuk szét. A ballisztikus szeparátor tulajdonképpen egy ferde felületű rázóasztal. A ferde felület több lyuggatott, mozgó, hosszanti padlóelemből áll. A padlóelemek mozgása révén a 3D-s gördülő frakció a lejtő alá gurul, a lapos frakció pedig a lejtő tetejére vándorol. A kis szemcseméretű anyagok, pedig a lyukakon keresztül hullanak ki. A leválasztás hatékonysága a dőlésszög változtatásával állítható be. A ballisztikus szeparátort légosztályozóval is ki lehet egészíteni.



48. ábra: Ballisztikus szeparátor
(Forrás: Best Machinery Kft.)

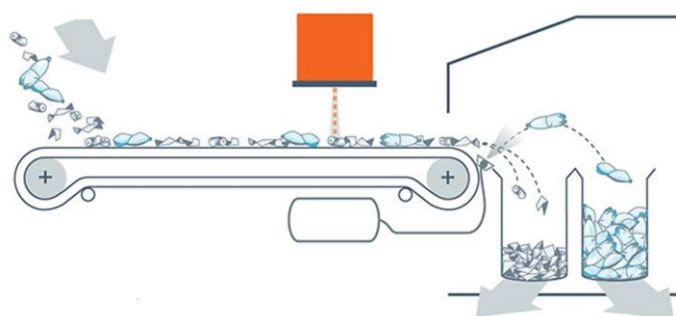
Optikai leválogató

Az optikai elven működő válogató berendezések a kibocsátott, majd visszaverődött fény elemzése után felismerik az anyagokat és a beállított anyagot a feladott anyagáramból kiválasztják. Az anyagfelismerés az infravörös-közeli (Near Infrared NIR) spektroszkópia segítségével történik. A berendezés a fényvisszaverődés adatainak elemzési eredményeinek, és a beprogramozott anyagfajta katalógus adatainak összehasonlításával határozza meg az anyagfajtát. A berendezés a beazonosított anyagok szalagon lévő pozícióját rögzíti és a szalag végén elhelyezett fúvókasorral a kiválasztandó anyagot a hulladékáramból sűrített levegővel kifújja. (49. ábra)

Egy időben több anyagfajta is leválasztható. A gép programozásával beállíthatók a leválasztandó anyagok. Mivel a leválasztás egy helyre történik, ezért ha többféle anyagot (pl. műanyagok) választunk le, akkor a leválasztott anyagáram további osztályozást igényelhet. Optikai leválogatóval elkülöníthetők egyes műanyagok (pl. PVC, vagy PET, vagy PP stb.), de ezeket egyszerre is leválaszthatjuk. A berendezéssel elkülöníthetők a papír, a karton, a műanyagok, az üveg, a kombinált csomagoló eszközök, de a kő és fém hulladékok is.

A fénytörés mérésével ezek a berendezések alkalmasak színszerinti válogatásra is. Így jól alkalmazhatók az üvegek, a PET palackok, illetve fóliák szín szerinti válogatására.

Az optikai berendezések alkalmazásánál fontos, hogy a vizsgált hulladékáram a berendezés alatt egy rétegben terüljön szét, mivel a fény behatolása minimális, ezért csak a felső rétegben elhelyezkedő anyagot képes vizsgálni, illetve a kifújásnál az egymáson lévő anyagokat együttesen leválasztja. Ezért a gépek előtt az anyagot terítőszalagra kell átadni, ahol az egy rétegre történő szétterítés megvalósul. A terítő szalag, illetve a berendezés szélessége egyben a gép kapacitását is meghatározza. Ezek a szélességi méretek általában 2-2,8 m között változnak. A berendezés kiválasztásakor a kapacitásadatok mellett a feladott anyagáramra is figyelni kell, tehát a mechanikai biológiai kezelés folyamatában vegyes települési szilárd hulladék válogatására alkalmas berendezést kell alkalmazni.

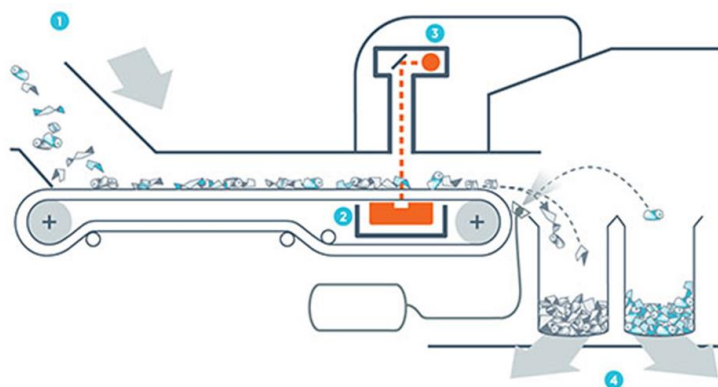


49. ábra: Optikai válogató működési sémája
(Forrás: TOMRA)

Röntgensugaras leválasztó

A röntgensugarak a különböző típusú hulladékokat a sűrűségük alapján különböztetik meg. Amikor a hulladék áthalad a röntgensugáron a szoftver a beállított adatok alapján felismeri annak anyagát. A berendezés a beazonosított anyagok szalagon lévő pozícióját rögzíti és a szalag végén elhelyezett fúvókasorral a kiválasztandó anyagot a hulladékáramból sűrített levegővel kifújja. (50. ábra) Röntgent általában az inert jellegű (pl. kő téglá, beton, üveg), nehezebb anyagok kiválogatására használnak.

A röntgensugaras berendezések alkalmazásánál szintén fontos, hogy a vizsgált hulladékáram a berendezés alatt egy rétegben terüljön szét



50. ábra: Röntgensugaras válogató működési sémája
(Forrás: TOMRA)

Utóaprító

Az utóaprító gépeket a mechanikai kezelés folyamatának végén a tüzelőanyag szemcseméretének beállítására használják. Ezek a berendezések az előaprítóknál gyorsabb járatúak, a rotor fordulatszáma 200-300 1/perc. A maximális szemcsenagyság alapkövetelmény, ezért ezeknél a berendezéseknél a kilépő szemcsék 100%-a a beállított maximális szemcseméretű, vagy az alatti. A maximális méret a gépben elhelyezett rosta lyukméretével azonos. Amennyiben kisebb, vagy nagyobb szemcseméret szükséges, akkor a rostafelületet a kívánt lyukméretűre kell cserélni. (26. ábra)

Az utóaprító gép teljesítményét a kilépő szemcseméret jelentősen befolyásolja. Minél kisebb méretre aprít, annál kisebb lesz a gép óránkénti teljesítménye. Nagyobb szemcsemérettel pedig a teljesítmény növelhető. A gép energia igénye nagy, általában az előaprító energiaigényével megegyező, de teljesítménye csupán (a szemcsenagyság függvényében) annak 10-20%-a.

Az utóaprító gépre kerülő anyag könnyű, nagy térfogatú, laza szerkezetű, ezért az aprítás hatékonyságának fokozására az anyag leszorítása szükséges. A gépben lévő súrlódás hatására a rotor felmelegedhet, ami a feladott könnyű, jól éghető anyag miatt tűzveszélyes. Ezért a mechanikai kezelés folyamatában használt utóaprító gépet hidraulikus anyagleszorítóval és rotor hűtéssel is felszerelhetik.



51. ábra: Utóaprító-gép rotorja és rostafelülete
(Forrás: Lindner GmbH)

Bálázó és bálacsomagoló gépek

A bálázó gépek a feladott laza anyagokat hidraulikus működésű préssel tömörítik, majd a tömör, rendszerint téglatest alakú bálákat automatikusan összekötözik. A mechanikai kezelésnél a bálázás csak zsinóros kötözésű bálázógéppel végezhető. Csomagolás nélkül bálázni csak a nagyobb (>50 mm) szemcseméretű tüzelőanyagot lehet (52. ábra), de a rakodás, mozgatás ekkor is csak 2-3 (4) alkalommal lehetséges a bála szétesése nélkül. A kisebb szemcseméretű anyagot bálázás után csomagolni kell, mert a bála szétesik. Hosszabb idejű tárolás, vagy távolsági szállítás esetén a nagyobb szemcseméretű tüzelőanyag csomagolása is indokolt.



52. ábra: Bálázott 50 mm szemcseméretű tüzelőanyag

A bálacsomagoló gépek (53. ábra) zsugor (stretch) fóliával tekerik be a tüzelőanyag bálákat. A csomagoló gépek 3-5 rétegben csomagolják a bálákat. A csomagolás rendeltetése és a várható tárolás időtartama alapján eltérő minőségű fóliák rendelhetők.



53. ábra: Bálacsomagolás
(Cross Wrap Oy)

Előkamrás prés

A tüzelőanyag szállítás gyakoribb módja az ömlesztett szállítás. Ezt általában mozgó aljú (WF) pótkocsikkal végzik. Az SRF viszonylag kis sűrűsége miatt a gazdaságos szállításához szükség van tömörítésre. Az előkamrás prések (54. ábra) saját tömörítő kamrával rendelkeznek. A kamrában az SRF-t tömörítik (tömbösítik), de nem kötözik. A tömörített SRF-t a prés dugattyúja a prése csatlakoztatott WF pótkocsiba tölti. A prés és így a tömbösített SRF keresztmetszete általában 2000x2000 (2100) mm, ami a WF pótkocsiban a nyomás megszűnése következtében oldal és magassági irányban is tágulhat.

Az előkamrás préseket felszerelhetik ultrahangos távolságmérővel, illetve súlyautomatikával is. A távolságmérő a WF pótkocsiban rendelkezésre álló helyet méri, így pontosan beállítható az utolsó tömb mérete. A súlyautomatika az átadott anyag súlyát méri, hogy a pótkocsiba a megengedettnél nagyobb súlyt ne pakoljanak.



54. ábra Előkamrás prés

Mobil gépek

A mechanikai kezelésnél a hulladék feladására és mozgására több fajta mobil gépet használnak:

- homlokrakodó
- kitológémes homlokrakodó
- emelhető fülkés ipari gémes rakodó gép
- targonca bála fogó adapterrel

A homlokrakodót a beérkező hulladék rendezésére, illetve a süllyesztett szalagokra és feladó bunkerekbe való adagolására használják. A kitológémes homlokrakodók ezen feladatokon túl a kész tüzelőanyag rendezésére, 6-8 magas felrakására és a szállítójárművek rakodására is alkalmasak.

Emelhető fülkés ipari gémes rakodókat az előaprító gép közvetlen etetésére vagy a feladó szalagra való adagolásra használják. A gép fülkéje a kezelő beszállása után 4-5 m magasra emelhető, így a kezelő belelát az aprítógép garatába, ami a közvetlen etetésnél a garattorlódás elkerülését segíti. A gép a 12-14 m hosszú gémjének köszönhetően egy helyre letalpalva tudja a hulladékot mintegy 4-500 m²-es területről az aprítógépre adagolni. A gép a markoló kanálával a hulladék előválogatását is elvégezheti, azaz a feladásra nem alkalmas anyagokat a hulladékból kiemelve külön (pl. konténerbe) tudja rakni.



55. ábra: Emelhető fülkés ipari gémes rakodógép

A bálafogó targonca a kész tüzelőanyag bálák szállítására, pakolására alkalmas. A bálák mozgatását a targoncára szerelt bálafogó adapterrel végzi. A bálát az adapter hidraulikusan mozgatható pofalemezei közé szorítva tudja megemelni és szállítani.

6.2 *Biológiai kezelés*

A biológiai kezelés a vegyes hulladék, vagy a vegyes hulladékból mechanikai kezeléssel elkülönített magas szerves anyag tartalmú frakció bomló képességének csökkentése ellenőrzött és irányított körülmények között. Leggyakrabban alkalmazott módszer a stabilizálás. Az így nyert anyagot stabilizált biohulladéknak nevezzük. A stabilizált biohulladék: légzésintenzitása - a kezelt biohulladékban jelen lévő biológiailag lebomló szerves anyag oxigénfogyasztása – jogszabályban (23/2003 (XII.29.) KvVM rendelet) előírtak alapján, akkor tekinthető megfelelőnek, ha a folyamat befejezését követően a stabilát 4 nap utáni (AT4) légzési intenzitás értéke 10 mg O₂/g érték alá, a dinamikus légzési intenzitás értéke pedig 1000 mg O₂/kg VS/h érték alá csökken.

A stabilizálás technológiáját tekintve komposztálási eljárás, csak a bemenő alapanyag miatt – nem elkülönítve gyűjtött szerves hulladék – nem lehet komposztálásnak nevezni. A stabilizálási eljárás ennek megfelelően lehet bármely komposztálási technológia:

- nyílttéri prizmás, forgatásos
- takart, levegőztetett
- zárt, kamrás komposztálás



56. ábra: Magas szerves anyag tartalmú hulladék nyílttéri utósztabilizálása

A magas biológiailag lebomló anyag tartalmú frakció anaerob eljárással is kezelhető. Ebben az esetben a szárazfermentációs eljárások jöhetnek számításba. A megtermelt biogáz energetikai hasznosításával nyerhető elektromos áram az MBT energiaigényének részbeni, vagy egészen fedezetét adja, míg a hulladék hővel a telep létesítményeinek fűtése és meleg víz ellátása biztosítható.

6.3 *Tervezési feladatok*

A mechanikai biológiai hulladékkezelés tervezése összetett, többlépcsős folyamat. A tervezés során minden szempontot mérlegelve, a hulladékkezelési trendeket figyelembe véve 15-20

éves időtávban kell gondolkodni. Az MBH létesítmények tervezése, engedélyeztetése és kivitelezése általában 2-3 évet vesz igénybe.

6.3.1 A tervezés általános szempontjai

Hulladékmennyiség

A tervezésnél alapvető adat a rendelkezésre álló hulladék mennyisége. Mivel a létesítmények műszaki élettartama akár 15-20 év is lehet a hulladékmennyiséget is erre az időszakra kell meghatározni. Modellezni kell a keletkező hulladék mennyiségének várható változásait, figyelemmel az aktuális hulladékkeletkezési trendekre pl. a keletkező hulladék mennyisége az előző évi mennyiségekhez képest hogyan és milyen mértékben változik, például nő vagy csökken, a változás mértéke +- 1, 2, 3...%.

A hulladékgazdálkodási rendszer várható változásai, mint a szelektívgyűjtés bevezetése, vagy kiterjesztése, a zöldhulladékok, biológiailag lebomló hulladékok elkülönített gyűjtésének bevezetése, fejlesztése jelentős mértékben befolyásolják az MBH kezelésre kerülő hulladék mennyiségét. Az elkülönített gyűjtések néhány év felfutást követően akár 30%-al is csökkenthetik a vegyes maradék hulladék mennyiségét.

Másik fontos tényező, hogy a létesítmény méretgazdaságosságához – elfogadható fajlagos (Ft/t) kezelési költséget jelentő mennyiség – elegendő hulladék álljon rendelkezésre. Ez a mennyiség a kezelési cél, az alkalmazandó technológiai összetettségének függvényében változik, azaz minél összetettebb a rendszer, a beruházás és üzemeltetés költségei is annál magasabbak. Tehát az elfogadható fajlagos kezelési költség eléréséhez is egyre több hulladékra van szükség. Gyakorlati tapasztalatok alapján elmondható, hogy RDF előállítására alkalmas kezelési célú MBH-nál minimum 50-70 ezer tonna/év hulladék rendelkezésre állása szükséges. Mivel a beruházási és üzemeltetési költségek a kapacitással nem lineárisan változnak, ezért minél kisebb egy létesítmény kapacitása az 1 tonnára eső kezelési költség egyre magasabb.

Logisztikai szempontok

A létesítmény helyének kiválasztásakor fontosak a logisztikai szempontok. Ezek közül a legfontosabbak:

- a begyűjtési körzethez és a hulladékkeletkezés súlypontjához viszonyított elhelyezkedése,
- megközelíthetőség,
- úthálózat minősége,
- hasznosító mű távolsága.

A létesítményt a tervezett gyűjtőkörzeten belül kell elhelyezni. Fel kell mérni az egyes településeken keletkező hulladék mennyiségét, meg kell határozni azt, vagy azokat a településeket, ahonnan a hulladék döntő hányada származik és lehetőség szerint annak mentén kell a létesítmény helyét kijelölni.

Ugyancsak fontos a létesítmény megközelíthetősége. A gyűjtőkörzet minden településéről jelentősebb kitérő nélkül megközelíthető legyen. Az úthálózat minőségénél fontos a megfelelő teherbírás, mivel ezekbe a létesítményekben általában a direkt beszállítás mellett átrakóállomásokról is történhet beszállítás. A teherbírás egyrészt az út pályaszerkezetének, másrészt a megközelítési útvonalakon előforduló hidak, átereszek teherbírását jelenti. Az átrakóállomásról érkező járműszerelvények miatt legalább 40 tonna összgerdülő tömegre alkalmas utakra van szükség. A beszállítási útvonalakon, különösen az átrakóállomásokról történő beszállításoknál, figyelembe kell venni az esetleges magassági és súlykorlátozásokat is.

Az előállított tüzelőanyag hasznosítóba való szállítása nagyon költséges ezért lehetőség szerint a létesítmény elhelyezésekor vegyük figyelembe a várható hasznosítási lehetőséget, és ennek megfelelően alakítsuk ki az RDF szállításának technológiáját.

Gazdasági és jogi szempontok

A gazdasági szempontok egy része a méretgazdaságosság és a logisztika tervezése során már figyelembe kellett venni. További szempont az egyéb hulladékkezelési technológiákhoz viszonyított költség, a tüzelőanyag értékesíthetősége és az államilag szabályozott piacbefolyásolási tényezők hatásai. Jelen műszaki körülmények között a mechanikai biológiai kezelés költsége a vegyes hulladékok gyakorlatban alkalmazott kezelés nélküli lerakáshoz képest költségesebb folyamat. A tüzelőanyag értékesíthetősége egyrészt korlátozott, Magyarországon 2014-ben csak két cementgyár és egy erőmű tudja fogadni, másrészt a befogadásaért – a magas minőségi követelményeknek való megfeleléstől eltekintve - fizetni kell a hasznosító részére, azaz a termék piaci ára negatív. Ezeket a magas költségeket ellensúlyozhatja a lerakási adó, amikor a hulladék lerakását az Állam mesterségesen megdrágítja, ezzel ösztönözve a hulladék hasznosítására, feldolgozására. Ennél az állami beavatkozásnál fontos, hogy a lerakási adó, vagy járulék mértéke valóban ellensúlyozni tudja a kezelés többletköltségeit.

A helykiválasztásnál figyelembe kell venni az országos és a helyi jogszabályokat, rendeleteket, az adott település rendezési tervét és a helyi építésügyi előírásokat. Meg kell felelni a létesítésre és üzemeltetésre vonatkozó jogszabályi előírásoknak, be kell szerezni a szükséges környezetvédelmi, építési engedélyeket majd a beruházás megvalósítása után a használatbavételi és üzemeltetési engedélyeket.

6.3.2 Előkészítési feladatok

A tervezést megelőzően össze kell gyűjteni azokat az alapadatokat, amelyek a létesítmény kapacitását, az alkalmazandó technológia és kezelési cél műszaki meghatározását elősegítik. Ezek a következők:

- Hulladék mennyiségének felmérése,
- Hulladékkeletkezési és összetétel változási trendek modellezése,
- Hulladék összetétel és szemcseméret-analízis,
- Energetikai hasznosítási lehetőségek felmérése,

- Hasznosítói igények azonosítása.

Hulladék mennyiségének felmérése

Az MBH létesítmény beszállítói körzetében fel kell térképezni a keletkező és begyűjtött hulladék mennyiségét. Az adatok forrása lehet:

- a területen dolgozó szolgáltató/szolgáltatók adatszolgáltatása
- az éves hatósági hulladékos adatszolgáltatások (HIR) adatainak elemzése
- önkormányzati, hatósági és statisztikai adatok bekérése

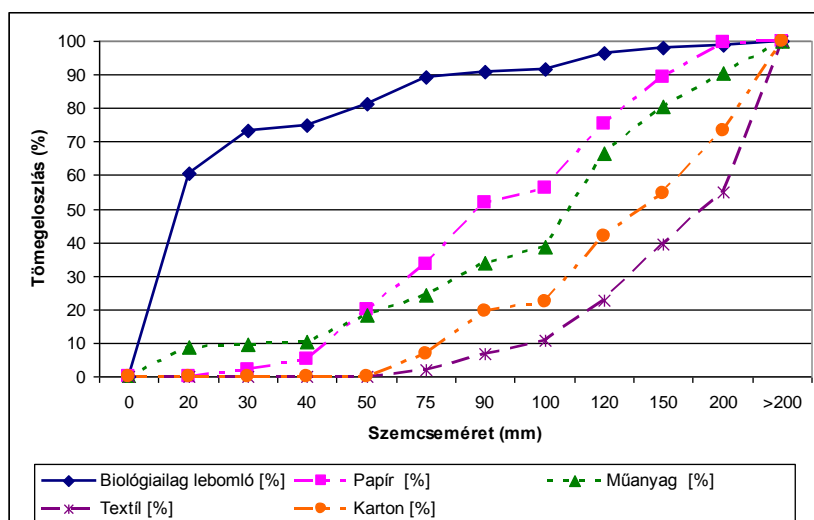
Az adatok megbízhatóságát növeli, ha több forrásból tudjuk beszerezni azokat és összehasonlításukkal az esetleges ellentmondások kiszűrhetővé válnak. Mindenképpen szükséges az adatok elfogadhatóságának, valószínűségének szakmai értékelése is. Az adatokat célszerű legalább a tervezést megelőző 4-5 évre visszamenőleg összegyűjteni.

Hulladék összetétel és szemcseméret-analízis

A hulladék mennyisége mellett tervezési alapadat a hulladék összetétele. Az adatgyűjtés során be kell kérni a területen végzett hulladékanalízisek jegyzőkönyveit. Felhasználni csak a szabvány szerint végzett (MSZ 21420-28 és 29) vizsgálatok eredményeit lehet.

Hulladék összetétel vizsgálatot a pontos tervezés elősegítésére célszerű évszakonként, a terület minden jellemző lakóterületre: város, ezen belül lakótelep, belváros, kertváros és vidéki kis települések készíteni. Az éves adatok összesítéséből és a lakóterületek súlyozott adataiból modellezhető a terület egészére jellemző összetételi adat.

A technológia tervezéshez a szabvány szerinti hulladékanalízis adatok sok esetben nem elegendők, ha nem meg kell vizsgálni az egyes szemcseméret tartományokon belüli összetételi adatokat is. Ezek eredményei alapján olyan határértéket lehetett meghatározni, ahol a biológiailag lebomló anyagok maximális leválasztása mellett minimális a leválasztott éghető, főleg műanyag hulladékok aránya. Az 57. ábra a Pécs-Kökényi MBH tervezése során a Miskolci Egyetem által végzett szemcseanalízis adatai láthatók. Leolvasható, hogy a papír és műanyag mennyiségének mintegy 10%-a a 40 mm alatti, 20-22%-a pedig a 60 mm alatti szemcsetartományba esik, míg a korábbi gyakorlatban általánosan alkalmazott 80 mm-es tartományban már a papír 50%-a, a műanyag 30%-a a biológiai frakcióval együtt leválasztásra kerülne. A tervezők ezen adatok alapján döntöttek a 60 mm-es leválasztási határ mellett.



57. ábra: Hulladék összetétel szemcseméret szerinti megoszlása
Miskolci Egyetem jelentése a BIOKOM Kft számára 2007. március

Hulladékkeletkezési és összetétel változási trendek modellezése

A korábbi évekből rendelkezésre álló hulladék keletkezési és összetételei adatok elemzésével leírhatók a területen lejajlott változások. Ezen a trendekből egyrészt következtetni lehet a jövőbeli változások irányára, másrészt modellezhető a hulladékmennyiség és összetétel középtávú változása.

Az így kapott adatokat korrigálni kell a Területi hulladékgazdálkodási tervekben és a Közszolgáltatói hulladékgazdálkodási tervekben megfogalmazott fejlesztések és szelektívgyűjtési célkitűzések várható hatásaival, illetve az Országos Hulladékgazdálkodási Terv és az Országos Megelőzési Program előírt visszagyűjtési arányok területre eső értékeivel.

Energetikai hasznosítási lehetőségek felmérése, hasznosítói igények azonosítása

A technológiai sor kialakítását befolyásolhatja a hasznosítási cél. A cementgyári hasznosítás általában összetettebb technológiai követelményeket fogalmaz meg, mit az erőműi. A tervezésnél ezért fontos szempont, hogy elfogadható szállítási távolságon belül milyen hasznosítási lehetőségek vannak.

A hasznosítói igények egyrészt a hasznosítási engedélyükben előírt paramétereken, határértékeken, valamint a technológiai lehetőségeiken alapulnak. Az engedélyek előírják például a tüzelőanyag kémiai összetételét, Cl, higany, összes halogén, és nehézfém tartalom vonatkozásában, de meghatározzák a hasznosítható tüzelőanyag mennyiségét, fogadási, tárolási és a felhasználás dokumentálási feltételeit.

A hasznosítók technológiai igényeik alapján adják meg az elfogadható fűtőértéket, nedvességtartalmat, hamutartalmat, a szállított tüzelőanyag szemcseméretét, a napi fogadott mennyiséget, illetve az üzemszünetek, leállások alatti puffer tárolási lehetőségeket. Egyes hasznosítók csak ömlesztve fogadják a tüzelőanyagot, másokhoz a bálázott szállítás is

lehetséges. A cementgyárak normál üzemmenet esetén november – február között leállnak, karbantartásokat végeznek, tüzelőanyagot nem fogadnak, az erőművekben viszont folyamatos szállítás lehetséges.

6.3.3 Technológia tervezés szempontjai

A technológiai tervezés első lépése az eljárás-technológiai (kezelési) cél kiválasztása, ugyanis ez határozza meg az alkalmazható technológiát és a szükséges gépeket. A kezelési cél lehet:

- lerakás előtti előkezelés
- tüzelőanyag előállítás
- tüzelőanyag előállítás és biológiai kezelés.

A tervezéskor figyelembe kell venni az egyes technológiai elemekre kerülő hulladékmennyiségét és az ott leválasztásra kerülő mennyiségeket. Az egyes berendezések terhelése az előző gépen leválasztott hulladékáram mennyiségével csökken. Ez azt jelenti, hogy ha a rendszer elején feladott 100%-ból egy berendezésen 30%-t leválasztanak a következő elemre már csak a teljes hulladékáram 70%-a jut. A gépsor egyes elemeinek kapacitását a technológia tervezett teljes kapacitásából kiindulva az előző berendezéseken leválasztott hulladék arányával csökkentve kell meghatározni. Például az 1. gépre feladott mennyiség 100%, leválasztás nincs, a 2. gépre feladott mennyiség 100%, a leválasztott mennyiség minimum 40 %, a 3. gépre feladott mennyiség 60% a leválasztott mennyiség minimum 15 %. Tehát a 4. gépre feladott mennyiség már csak az eredeti hulladékáram 45%-a. A kapacitás tervezésénél ezeknek az adatoknak (bemenet - leválasztás – kimenet) meghatározása fontos tényező, mert a technológiai sor szűk keresztmetszetét az a berendezés fogja adni, amelyik az így számítható, rájutó anyagmennyiséghez képest a legkisebb teljesítményű. Másképp fogalmazva ez azt jelenti, hogy a legkisebb kapacitású berendezés határozza meg a teljes technológiai sor teljesítményét.

A technológiai sor összetételét befolyásolhatják a tüzelőanyaggal szembeni követelmények. Egyes összetevők arányának csökkentése újabb gépek (pl. optikai leválogatók a CI tartalom csökkentésére) telepítését igényelhetik. A szemcseméret nagymértékben változtatja az utóaprítók teljesítményét, így előfordulhat, hogy a kisebb szemcseméret igény miatt több utóaprító beépítése válik szükségessé. A tüzelőanyag fogadásával kapcsolatos hasznosítói elvárások határozzák meg a végtermék kitározásának lehetséges módjait: walking floor (WF) pótkocsiba, prés konténerbe, bálázásra, vagy az ömlesztett puffer tárolóba.

A hulladékok mechanikai kezelése tűzveszélyes tevékenység, ezért a technológiai közben leválasztott anyagokat a feldolgozási térből (csarnokból) lehetőség szerint automatikusan, a folyamat részeként el kell távolítani. Célszerű a technológia rugalmassága érdekében a folyamat közben több anyagfeladási és levételi lehetőség kialakítása. Ezekkel egyrészt a piaci igények változására, másrészt a havária helyzetekre lehet reagálni.

6.3.4 Csarnok méretezésének szempontjai

A csarnok fő dimenzióit a technológia határozza meg, ezért a technológia tervezésnek meg kell előznie az építészeti tervezést.

A csarnok alapterületének tervezésekor több szempontot kell figyelembe venni:

- technológia helyigényét,
- közlekedési útvonalakat,
- berendezésekhez munka-, és emelőgéppel való hozzáférés (karbantartás, javítás, csere) biztosítását,
- a leválasztott anyagok és az egyes berendezések öntisztítása során keletkező anyagok tároló konténereinek szállítását

A belmagasság meghatározáskor figyelembe kell venni a gépsor beépítéséhez, karbantartásához, egyes elemeinek cseréjéhez szükséges emelési helyigényt, illetve az ezek végrehajtásához nélkülözhetetlen mobil berendezések, emelőgépek daruk mozgásához munkavégzéséhez kellő helyet. Ebbe a szelvénybe semmilyen belógó épületgépészeti elem: lámpatest, tűzoltó berendezés, csövek, stb. nem lehet.

A kapuk elhelyezése illeszkedjen a technológiai folyamatokhoz, kapcsolódjon a ki és beszállítási igényekhez, biztosítottak legyenek a megfelelő ráfordulási sugarak. A magasság és a szélesség méretezésénél figyelembe kell venni kapukon áthaladó járművek és munkagépek szélességi és magassági méreteit, munkavégzés közbeni méretváltozásait, pl. konténeremelés, gémkinyúlás. Ügyelni kell arra, hogy a kapuk használhatóságát a technológiai elemek ne akadályozzák, azaz a kapu szelvényébe ne legyenek belógó gépelemek, gépek, vagy kiegészítő berendezések, épületgépészeti elemek.

A csarnokban elhelyezett, vagy ahhoz kapcsolódó az ürítő-, feladó-, és előkészítőhely méretezése kiemelkedő fontosságú. Elegendő helyet kell kialakítani:

- a gépjárművek ürítésére
- átrakóállomásról történő beszállítás esetén tervezni kell a járműszerelvények, WF pótkocsik ürítésének extra helyigényét is
- az ürítés folyamatosságára, több gépjármű egy időben történő ürítésére (a hulladék 80-90 %-a két időszámban, rövid intervallumon belül érkezik)
- a hulladék feladását végző gépek munkavégzéséhez
- puffer tárolókapacitás biztosítására

A csarnok méretezésénél figyelembe kell venni a készanyag tárolás (ömlesztett) biztosítását. Az SRF kicsi sűrűsége miatt az ömlesztett tárolás helyigénye nagy, ezért 5-10 napi mennyiségnél nagyobb tárolókapacitást nem célszerű kialakítani. Bálázott tárolás esetén tűzvédelmi okokból a bálátárolót a csarnoktól minimum 20 méterre javasolt elhelyezni. Csomagolt bálák esetén fedett bálátároló nem szükséges.

6.3.5 Kiegészítő és tűzvédelmi rendszerek

A mechanikai kezelés tűzveszélyessége miatt célszerű a csarnok tűzszakaszokra osztása. Az egyes tűzszakaszokat, vasbeton tűzgátló falakkal kell elválasztani. Külön tűzszakasz lehet:

- az ürítő-, feladó-, és előkészítőhely
- a feldolgozó tér
- ömlesztett SRF tároló

Emellett aktív tűzvédelmi rendszereket: tűzjelző berendezés, automata oltóberendezés (spinkler) is telepíteni kell. Ezek tervezésekor a technológiai sajátosságokat, mint a jelentős mennyiségű porképződés, a hirtelen feláramló hő is figyelembe kell venni.

A porképződés csökkentésére a feldolgozó térben az egyes berendezések közötti átadási pontokon porelszívást kell kiépíteni. Ennek tervezésekor ügyelni kell, hogy a csövek a szabad belmagasságot a technológiai sor fölött ne korlátozzák. A porleválasztót a csarnokon kívül helyezzük el.

A csurgalékvíz gyűjtése és elvezetése a feladó és ürítő helyen, a bálázó gépnél, valamint a feldolgozó térben szükséges

6.3.6 Biológiai kezelés tervezése

A biológiai kezelés tervezése az alkalmazandó eljárás kiválasztásával kezdődik.

Az eljárás függ a:

- biológiai kezelés céljától
 - lerakás előtti biológiai kezelés
 - stabilát hasznosítása
 - biogáz előállítás és hasznosítás
 - az anyagáramban lévő energetikailag hasznosítható frakciók kinyerése
- rendelkezésre álló terület nagyságától
- rendelkezésre beruházási (finanszírozási) forrás mértékétől
- Környezetvédelmi Hatóság előírásaitól

Az eljárás kiválasztása után a tervezést meghatározó tényező a kezelendő anyag mennyisége, azaz a biológiai kezelőmű kapacitása. A kapacitás adatok és az eljárás függvényében meghatározhatók a technológia elemei és a helyszükséglet. Figyelembe kell venni az:

- előérlelés,
- utóérlelés,
- kezelés (forgatás, prizmaépítés)
- esetleges szétválogatás (a nem bomló, de éghető frakciók kiválasztása, fém leválasztás stb.)
- logisztikai terek, rakodás, szállítás helyigényét.

A komposztálás tervezésétől eltérően a biológiai kezelésnél:

- az alapanyag érkezése folyamatos, nincs téli kiesés, így egyenletes terheléssel lehet számolni
- nem kell a C/N arány beállításával foglalkozni
- az anyaghoz nincs szükség további struktúra anyagok bekeverésére
- stabilizálás után nem szükséges az utókezelés, rostálás – kivéve, ha stabilátból további égethető anyagokat (pl. műanyag), vagy fémet szeretnénk kiválasztani.

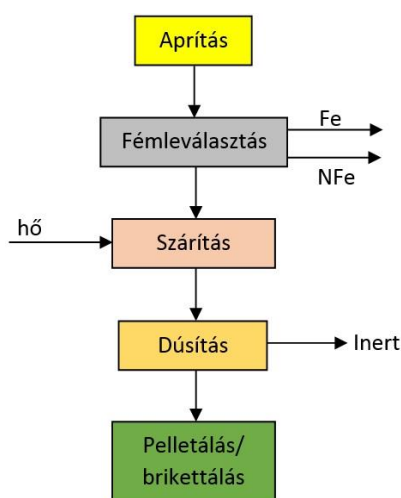
6.4 Technológiák

Az égethető anyagok kinyerésére három összefoglaló technológiai eljárás alakult ki:

- mechanikai-fizikai stabilizálás
- szárazstabilizációs eljárás
- mechanikai biológiai kezelés

6.4.1 Mechanikai-fizikai stabilizálás

A mechanikai-fizikai stabilizálási eljárás (58. ábra) lényege az égethető anyagok, beleértve a szerves hulladékokat is, kinyerése a szilárd hulladékból és a tüzelőanyag nedvességtartalmának szárítással való csökkentése



58. ábra: Mechanikai fizikai stabilizálás sémája

A technológiai fő folyamatai:

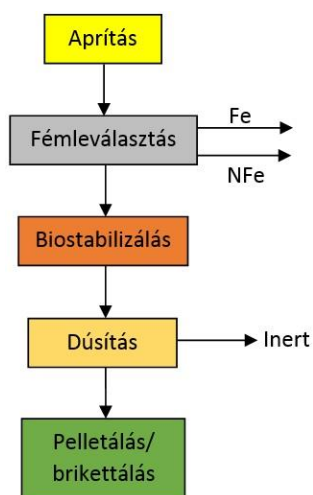
- aprítás
- fém leválasztás (Fe, NFe)
- szárítás – nedvességtartalom < 10%
- idegenanyag leválasztás (inert)
- pelletálás, brikettálás

Az eljárás előnye a bemenő hulladék nagyarányú hasznosítása, a szerves hulladékban lévő szénttartalom megőrzése és energetikai hasznosulása. Hátránya a magas beruházási és üzemeltetési költségek, a szárítás megoldásának technológiai problémái, illetve a keletkező gázok és vizek kezelése. A mechanikai-fizikai stabilizálási eljárás – főleg magas költségei miatt - nem terjedt el széles körben.

6.4.2 Szárazstabilizációs eljárás

A száraz stabilizálási eljárás célja a szilárd települési hulladékból a lehető legtöbb éghető anyag (szerves is) kinyerése és nedvességtartalmának csökkentése stabilizálással. A fizikai stabilizálással szemben ennél az eljárásnál biológiai szárítással, stabilizálással csökkentik a nedvességtartalmat. A technológiai fő folyamatai (59. ábra):

- aprítás
- fém leválasztás (Fe, NFe)
- biológiai stabilizálás
- idegenanyag leválasztás (inert)
- pelletálás, brikettálás



59. ábra: Szárazstabilizációs eljárás sémája

Az eljárás előnye a bemenő hulladék nagyarányú energetikai hasznosítása, a lerakásra kerülő mennyiség minimalizálása. Hátránya a kinyert tüzelőanyag (RDF) gyengébb minősége és alacsonyabb fűtőértéke.

6.4.3 Mechanikai biológiai kezelés

A mechanikai biológiai kezelés a maradék, vegyes települési szilárd hulladék feldolgozásának összetettebb technológiája. Célja jó minőségű tüzelőanyag (SRF) előállítása, a lerakásra kerülő hulladék mennyiségének és környezeti hatásainak csökkentése. A mechanikai biológiai kezelési technológiák az egyes gépgyártók, mérnöki irodák, hulladék-feldolgozók által kidolgozott eljárások következtében sokféle, eltérő elnevezéssel illetett módszert takarnak, de a valós eltérések közöttük minimálisak, általában csak az alaptechnológiák variációit, eltérő gépsorrendet, vagy gyártót takarnak.

A mechanikai biológiai kezelési eljárások alapvetően két koncepció szerint sorolhatók be (Csőke et al., 2004):

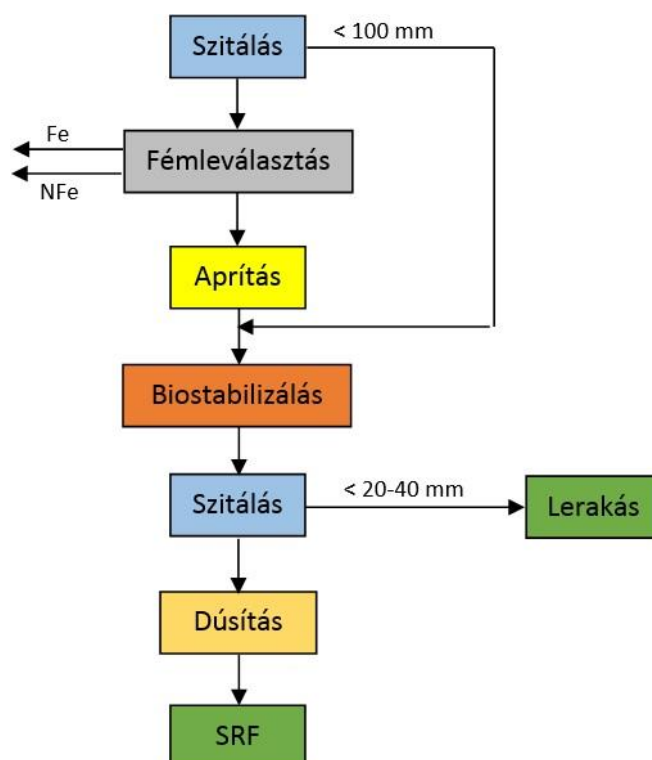
1. A kezelendő hulladékáram egészének, vagy közel egészének biológiai stabilizálást követő feldolgozása
2. Az éghető komponensek minél nagyobb arányú leválasztása és csak a maradék anyagáram stabilizálása

A kezelendő hulladékáram egészének, vagy közel egészének biológiai stabilizálást követő feldolgozása

Fémleválasztást követően a teljes hulladékáram biológiai stabilizálása

Ennél az eljárásnál cél a beérkező hulladékáram biológiai szárítását követően a magas fűtőértékű frakciók leválasztása, tüzelőanyag előállítás, a maradék anyagok lerakása. A technológia fő folyamatai (60. ábra):

- szitálás (szemcseméret >100 mm)
- fémleválasztás
- szita felső frakció aprítása
- a két frakció összevezetése és stabilizálása
- szitálás (szemcseméret >20-40 mm)
- >20-40 mm szemcseméretű frakció további feldolgozása, tüzelőanyag előállítás
- <20-40 mm szemcseméretű frakció lerakása

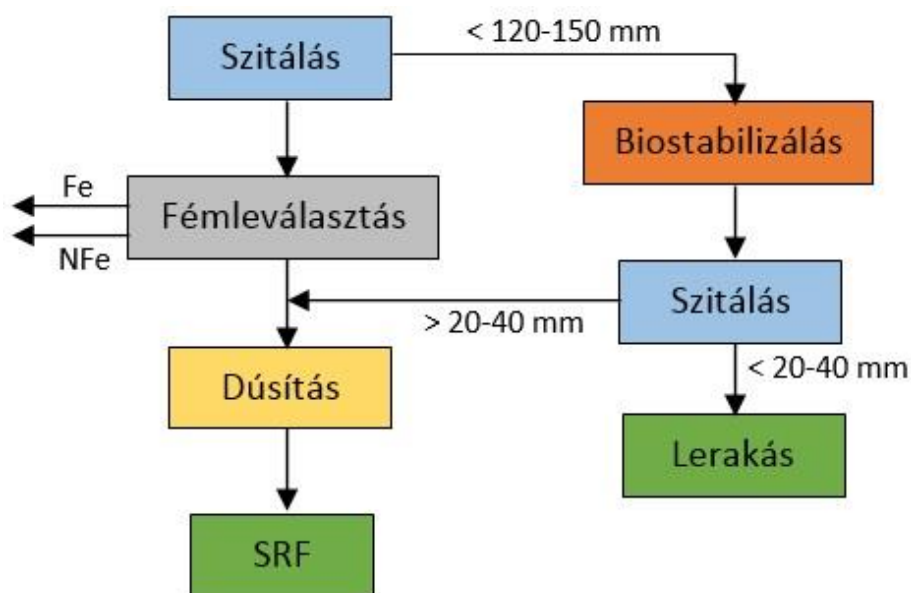


60. ábra: Mechanikai-biológiai kezelés a teljes hulladékáram biológiai stabilizálása

Szita felső frakcióból tüzelőanyag előállítása

A technológia tovább fejlesztett változatánál a szita felső frakciót nem stabilizálják, hanem tüzelőanyag előkészítésre viszik tovább, ezáltal a stabilizálandó hulladék mennyisége csökken. A technológia fő folyamatai (61. ábra):

- szitálás (szemcseméret 120 -150 mm)
- fémleválasztás
- szita felső frakció további feldolgozása, tüzelőanyag előállítás
- szita alsó frakció stabilizálása
- stabilizált anyag szitálása (szemcseméret > 20-40 mm)
- <20-40 mm szemcseméretű frakció lerakása
- >20-40 mm szemcseméretű frakció további feldolgozása, tüzelőanyag előállítás



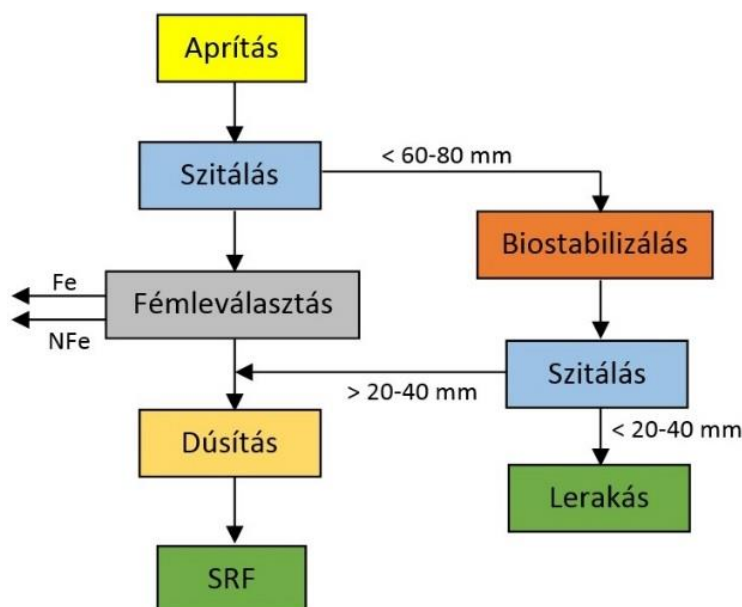
61. ábra: Mechanikai-biológiai kezelés szitafelső frakcióból tüzelőanyag előállítása

Az égethető komponensek minél nagyobb arányú leválasztása és csak a maradék anyagáram stabilizálása

Ezeknél az eljárásoknál a kezelési cél az égethető frakciók minél nagyobb arányú leválasztása, ezáltal a stabilizálásra kerülő anyag mennyiségének csökkentése. A hulladékáram eltérő kezelési igény szerinti két részre osztásával csökkenthető a további feldolgozó egységek helyigénye, és a gépek kapacitása. A stabilizálásra történő szétválasztást kisebb lyukméretű (60-80 mm) szitával végzik, így a korábban ismertetett eljárásokhoz viszonyítva jelentősen nő a szita felső frakció aránya. A technológia fő folyamatai (62. ábra):

- aprítás
- szitálás (szemcseméret 60 -80 mm)
- fémleválasztás
- szita felső frakció további feldolgozása, tüzelőanyag előállítás

- szita alsó frakció stabilizálása
- stabilizált anyag szitálása (szemcseméret >20-40 mm)
- <20-40 mm szemcseméretű frakció lerakása
- >20-40 mm szemcseméretű frakció további feldolgozása, tüzelőanyag előállítás



62. ábra: Mechanikai-biológiai kezelés az égethető frakciók leválasztásával

6.4.4 Alkalmazott technológiák

Magyarországon a 2000-es évek elején kezdődött a Mechanikai-biológiai kezelőművek telepítése. Közöttük mindkét eljárástípusra találunk gyakorlati példákat. A következőkben bemutatjuk a Magyarországon működő üzemek technológiai megoldásait.

Biológiai stabilizálást követő tüzelőanyag előállítás

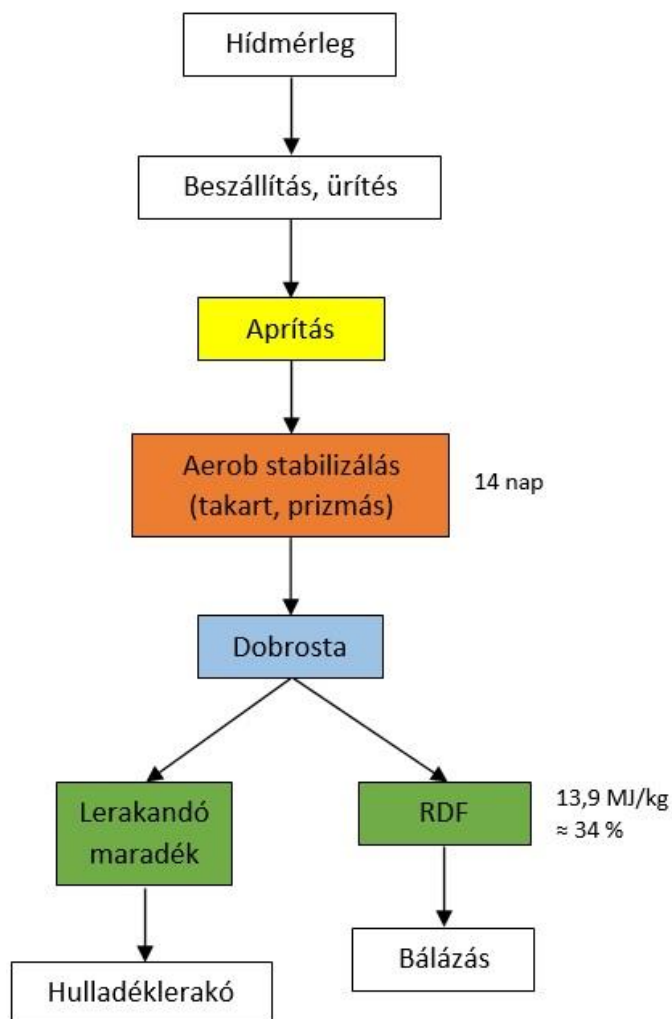
Győr- Sashegyi Hulladékkezelő Központ

A hulladékkezelő központba beérkező, vegyesen gyűjtött települési szilárd hulladékot az automatikus mérlegelést követően közvetlenül a mechanikai-biológiai kezelőtérre szállítják. A feldolgozás folyamata a következő:

1. A vegyes hulladék 250-300 mm méret alá történő durva aprítása.
2. Az aprított hulladékot silókba rakják, szemipermeábilis membrántakaróval takarják és mesterségesen levegőztetik. A 14 napos stabilizálási folyamat végén a silókat bontják.
3. A stabilizált hulladékot dobszitával méret szerint osztályozzák. A szita felső frakció a tüzelőanyag, a szita alsó frakció pedig a lerakásra kerülő maradékanyag.
4. A dobszita kihordószalagján lévő mágnessel a tüzelőanyagból kiválasztják a mágnesezhető fémeket.
5. A tüzelőanyagot bálázzák, majd többrétegű fóliába csomagolják.

6. A szita alsó frakció, mint további hasznosításra nem alkalmas maradékanyag a lerakóba kerül.

A technológiai folyamatot a 63. ábra mutatja be:



63. ábra: Győr-Sashegyi MBH technológiai folyamata

Az eljárás során visszanyert stabilizált és bálázott – másodlagos tüzelőanyag felhasználható energetikai hasznosításra cement vagy fűtőműben. A beszállított vegyes hulladékból átlagosan 34% RDF, 2% fém, és 42% stabilát keletkezik. (Bezeczky-Bagi B, 2010)

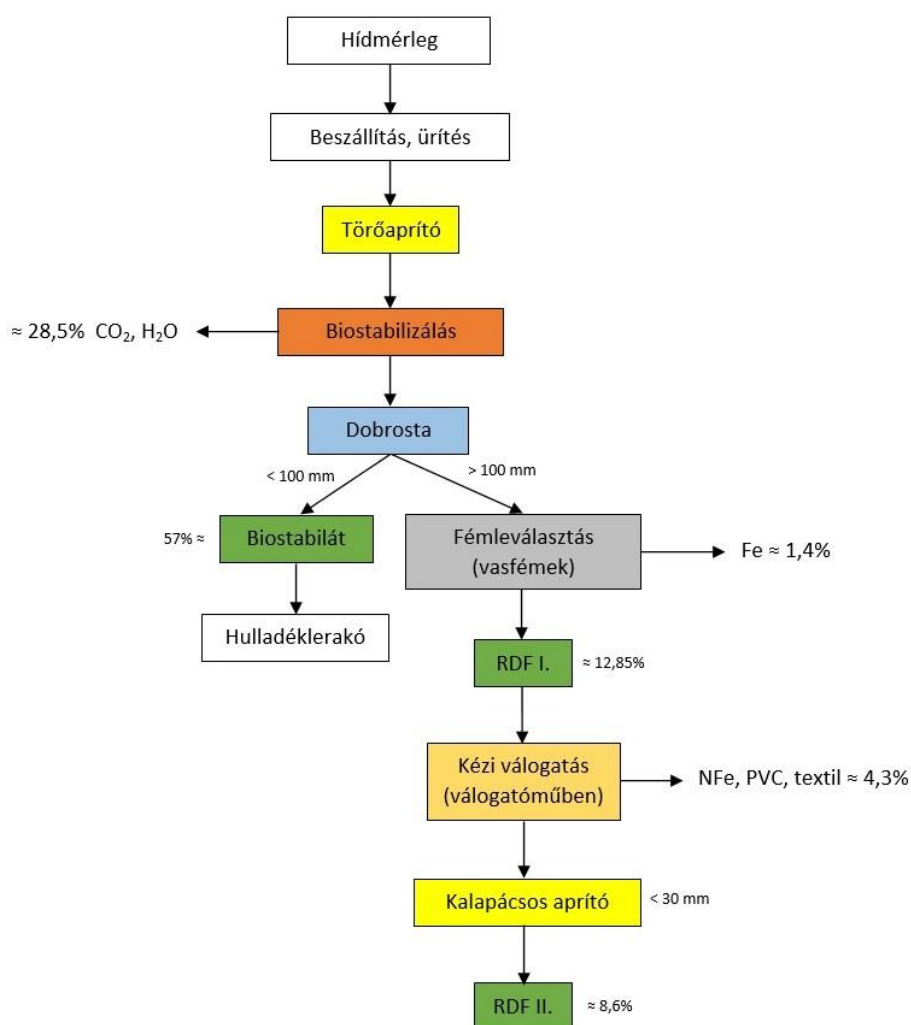
Felső-bácskai (Vaskúti) MBH

A hulladékkezelő központba beérkező, vegyesen gyűjtött települési szilárd hulladék feldolgozás folyamata a következő (Prof. Dr. Csőke Barnabás et al., 2011; Prof. Dr. Csőke Barnabás et al., 2012):

1. A vegyes hulladékot előaprítják.
2. Az aprított hulladékot biostabilizálják.

3. A biostabilizálási folyamat végén a stabilizált hulladékot 100 mm-es szemcsenagyságnál dobszítával szétválasztják. A szita felső frakció a tüzelőanyag-áram, a szita alsó frakció pedig a lerakásra kerülő maradékanyag.
4. A dobszita kihordószalagján lévő mágnessel a tüzelőanyag-áramból kiválasztják a mágnesezhető fémeket.
5. A tüzelőanyag-áramból kézi válogatással eltávolítják a zavaró anyagokat (PVC, nem vasfémek, ásványi (inert) anyagok).
6. A fennmaradó tüzelőanyag-áramot 30 mm-es szemcsenagyságra utóaprítják.

A technológiai folyamatot a 64. ábra mutatja be:



64. ábra: Vaskúti MBH technológiai folyamata

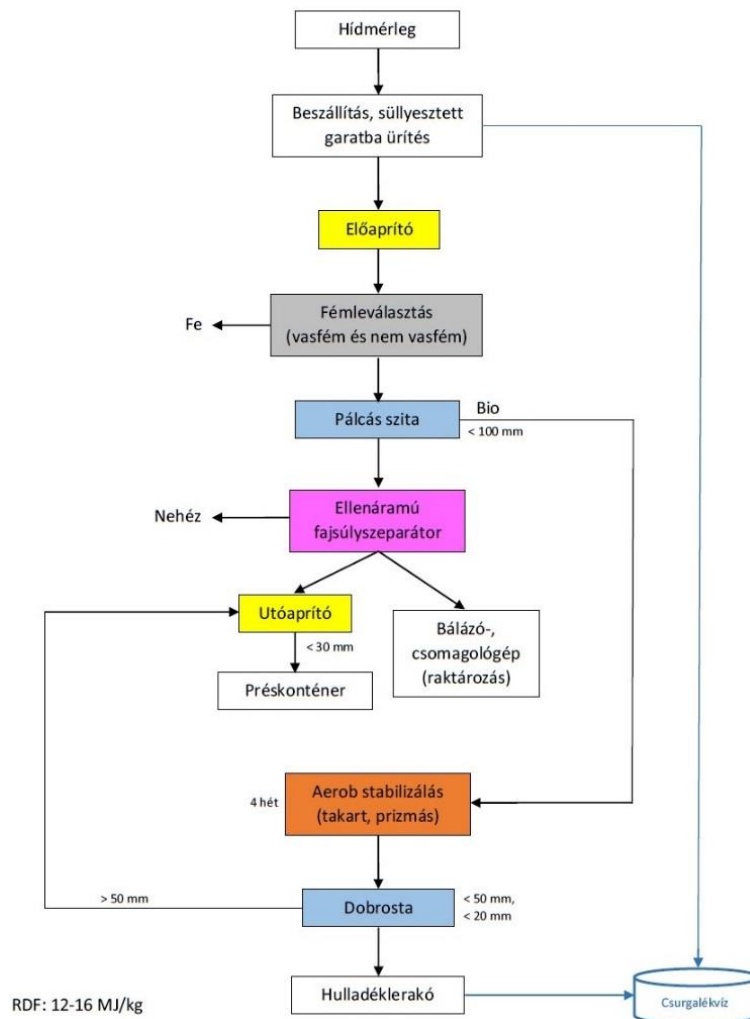
Az égethető komponensek leválasztása

Kerepes, Ökörtelek-völgyi Hulladékkezelő központ

A Gödöllő melletti Kerepes, Ökörtelek-völgyi Hulladékkezelő központban 2010-ben adták át a mechanikai-biológiai kezelő művet. A hulladékkezelő központba beérkező, vegyesen gyűjtött települési szilárd hulladék feldolgozás folyamata a következő. (Bezeczký-Bagi B, 2011):

1. A vegyes hulladékot süllyesztett garatba ürítik, ahonnan láncos feladószalag
2. Az aprított hulladékból kiválasztják a mágnesezhető és a nem mágnesezhető fémetek.
3. A hulladékáramot 100 mm lyukméretű pálcás szítával két részre osztják. A szita felső frakció a tüzelőanyag-áram, a szita alsó frakció pedig a stabilizásra kerülő, magas szerves anyag tartalmú frakció.
4. A tüzelőanyag-áramat fajsúlyszerinti osztályozóval nehéz és könnyű anyagra választják. A nehézanyag további kezelés nélkül a lerakóba kerül.
5. A könnyűfrakciót utóaprítóval 30 mm-es szemcse nagyságra aprítják. A rendszer lehetőséget biztosít a könnyűfrakció aprítás nélküli bálázására is.
6. A magas szerves anyag tartalmú frakciót silókba rakják, szemipermeábilis membrántakaróval takarják és mesterségesen levegőztetik.
7. A stabilizált hulladékot 50 mm lyukméretű dobszítával átrostálják, a szita alsó frakciót hulladéklerakóba helyezik el.
8. Az 50 mm feletti frakciót visszavezetik az utóaprító gépre és 30 mm-re aprítják

A technológiai folyamatot a 65. ábra mutatja be:



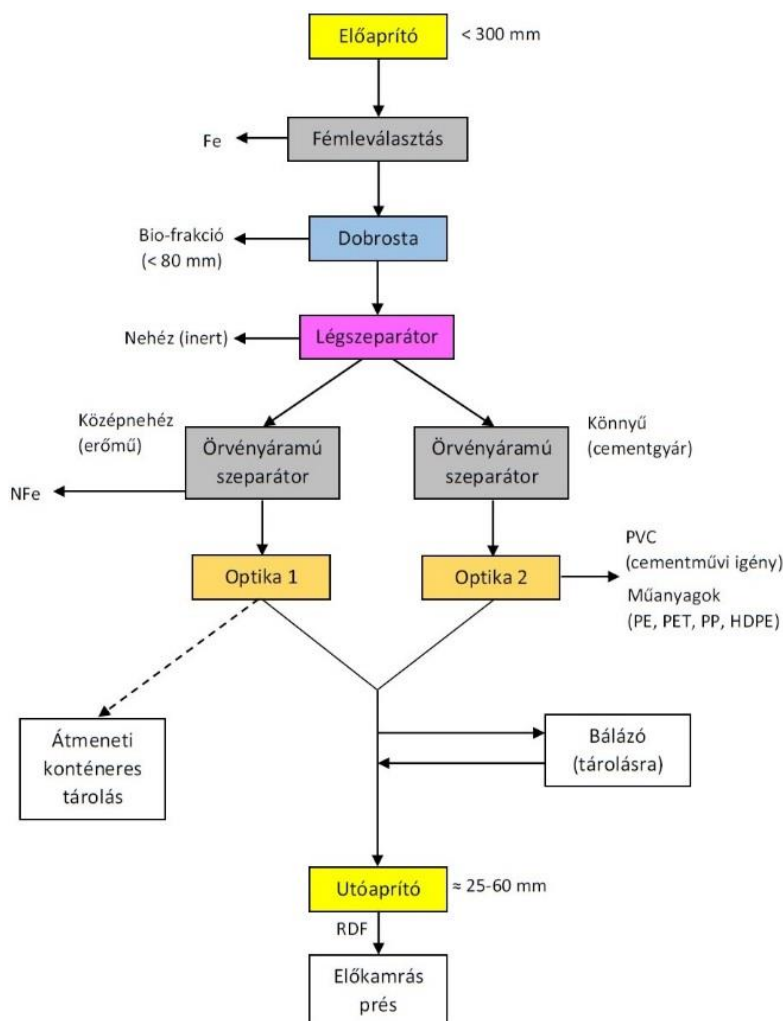
65. ábra: Kerepes, Ökörtelek-völgyi MBH technológiai folyamata

Királyszentistváni Hulladékkezelő központ

Királyszentistváni Hulladékkezelő központban Veszprém megye hulladékát kezelik. Az évi 120 ezer tonna vegyes hulladék feldolgozására alkalmas üzemet egy tűzeset után 2013-ban állították helyre. A hulladékkezelő központba beérkező, vegyesen gyűjtött települési szilárd hulladék feldolgozás folyamata a következő (Sarkady A, 2014):

1. A beérkező települési szilárd hulladékot első lépésben aprítják
2. Ezt követően állandó mágnessel a mágnesezhető fémekeket leválasztják.
3. A hulladékáramot egy 80 mm-es lyukméretű dobszítára vezetik, ahol a magas biológiai anyagtartalmú frakciót leválasztják és biológiai kezelésre viszik.
4. A 80 mm-nél nagyobb szemcseméretű fennmaradó anyagáramot ezt követően fajsúly szerinti osztályozással három frakcióra (1) nehéz, (2) közepes, (3) könnyű bontják. A nehéz frakció további kezelés nélkül a lerakóba kerül.
5. A közepes és a könnyű frakciókból a nem mágnesezhető fémekeket leválasztása.
6. Optikai válogató berendezésekkel a PVC tartalmú anyagok elkülönítése.
7. A fennmaradó anyagáramokat utóaprítással a hasznosítóknak megfelelő szemcseméretre (50 mm) aprítják.
8. A tüzelőanyag kitarazása (1) ömlesztve előkamrás présen keresztül mozgó aljúpótkocsiba, vagy (2) bálázva lehetséges.
9. A biológiai kezelést zárt, kamrákban, levegő befúvással végzik, az utóérlelésre a lerakó felületén kialakított téren kerül sor.
10. A stabilátot hulladéklerakóban helyezik el.

A technológiai folyamatot a 66. ábra mutatja be:



66. ábra: Királyszentistváni MBH technológiai folyamata

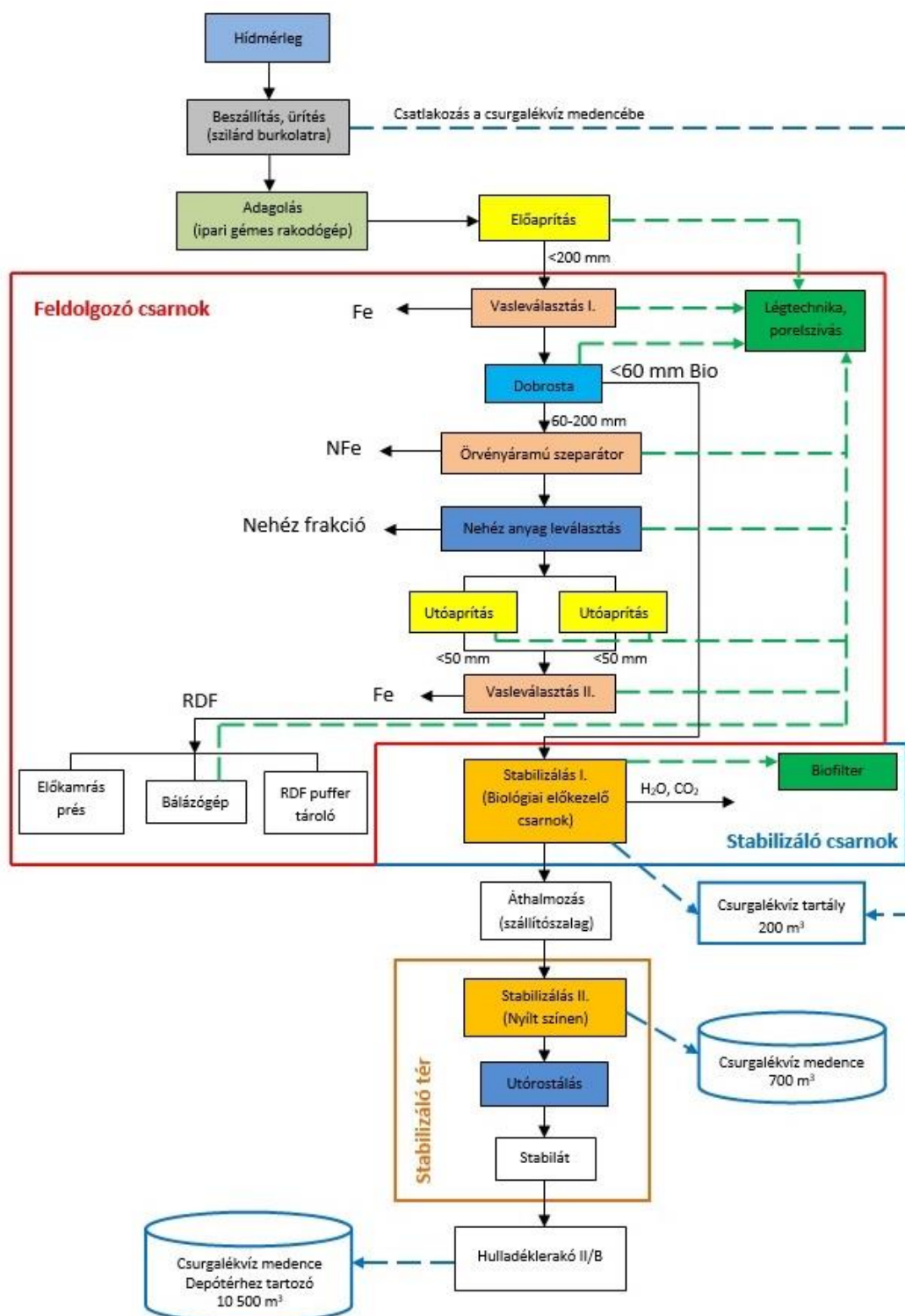
Pécs-Kökényi Hulladékkezelő központ

A Mecsek-Dráva Regionális Hulladékgazdálkodási Program keretében épült MBH üzem 2014-ben kezdett dolgozni. Az MBH-ba mintegy 330 ezer lakos maradék hulladéka kerül, mintegy 100 ezer tonna/év mennyiségben. A hulladékkezelő központba beérkező, vegyesen gyűjtött települési szilárd hulladékfeldolgozás folyamata (67. ábra) a következő:

1. A beérkező települési szilárd hulladékot első lépésben aprítják
2. A mágnesezhető fémeket elektromágnessel leválasztják.
3. A hulladékáramot egy 60 mm-es lyukméretű dobszítára vezetik, ahol a magas biológiai anyagtartalmú frakciót leválasztják és biológiai kezelésre viszik.
4. A fennmaradó anyagáramból örvényáramú szeparátorral leválasztják a nem mágnesezhető fémeket.
5. A következő lépésben az anyagot fajsúly szerinti osztályozással két frakcióra (1) nehéz, (2) könnyű bontják. A nehéz frakció további kezelés nélkül a lerakóba kerül.
6. A könnyű frakciót két utóaprító gépre vezetik és 50 mm-es szemcseméretre utóaprítják.

7. Az aprított tüzelőanyagból újbóli fémleválasztással kiveszik a maradék mágnesezhető fémet.
8. Az SRF kitárazása (1) ömlesztve előkamrás présen keresztül mozgó aljú- pótkocsiba, (2) bálázva, vagy (3) puffer térbe adagolva lehetséges.
9. A puffer térből az SRF-t egy maró rotoros adagoló berendezéssel lehet visszaadni az előkamrás prést, vagy a bálázó gépet töltő rendszerre.
10. A biológiai frakció előérlelése zárt csarnokban, utóérlelése szilárd burkolattal ellátott utóstabilizáló téren történik.
11. A stabilátot hulladéklerakóban helyezik el.

A technológiai folyamatot a 67. ábra mutatja be:



67. ábra: Pécs-Kökenyi MBH technológiai folyamata

6.5 Tüzelőanyag

A mechanikai kezelés végterméke a hulladékból származtatott tüzelőanyag, amelyet angol elnevezéseiből Residual Derived Fuel – RDF, Solid Recovered Fuel - SRF alkotott betűszavakkal RDF-nek, vagy SRF-nek neveznek.

A tüzelőanyagok osztályba sorolási rendszerét és a tulajdonságaik jellemzésére szolgáló adatlapot az MSZ EN 15359:2012 szabvány írja elő. A szabvány definíciója szerint az SRF nem veszélyes hulladékból előállított szilárd tüzelőanyag, amely alkalmas égetőművekben, vagy együttégető létesítményekben energetikai hasznosításra és kielégíti az EN 15359 megadott besorolási és osztályozási követelményeket.

A tüzelőanyagok osztályba sorolása három kiemelt tulajdonságának határértékein alapul. Ezek a következők:

- fűtőérték (NCV – Net Calorific Value) átlag
- klórtartalom (Cl) átlag
- higanytartalom (Hg) medián és 80. percentilis érték

A fűtőértéket és a higanytartalmat eredeti (nedves) állapotra (ar) a klórtartalmat száraz állapotra (d) kell megállapítani. Az osztályokat és a határértékeket a *1. táblázat* tartalmazza. A higany esetében az osztályba sorolásnál a nagyobb értéket kell figyelembe venni.

Osztályba sorolási tulajdonság:	Megadott érték számításának statisztikai módszere:	Mértékegység	1. osztály	2. osztály	3. osztály	4. osztály	5. osztály
Fűtőérték (NCV)	számtani átlag	MJ/kg (ar)	≥25	≥20	≥15	≥10	≥3
Klór (Cl)	számtani átlag	% (d)	≤0,2	≤0,6	≤1	≤1,5	≤3
Higany (Hg)	medián	mg/MJ (ar)	≤0,02	≤0,03	≤0,08	≤0,15	≤0,5
	80 %-os érték	mg/MJ (ar)	≤0,04	≤0,06	≤0,16	≤0,30	≤1,00

1. táblázat: A szilárd újrahasznosítható tüzelőanyagok osztályba sorolási rendszere (MSZ EN 15359:2012)

Az osztályba sorolást a következő példa mutatja be: SRF fűtőértéke 16 MJ/kg (ar), klórtartalma 0,5% (d) és higanytartalma 0,022 mg/MJ (ar) és a 80. percentilise 0,1 mg/MJ (ar). Az SRF kódja: NCV 3; Cl 2; Hg 3;

A tüzelőanyag tulajdonságainak jellemzésére szolgáló adatlapot a szabvány megadja, de a jellemzőkhöz tartozó határértékeket jogszabályban kell meghatározni. A határértékek megállapítására vonatkozó hazai jogszabály még nem készült el. A hasznosító művek által fogadható SRF tulajdonságainak határértékeit az együttégetésre kiadott környezetvédelmi engedélyekben egyedileg határozzák meg.

A települési szilárdhulladékból előállítható tüzelőanyag átlagos fűtőértéke 14-16 MJ/kg (ar), nedvességtartalma 15-25%, klórtartalma 0,5-0,8 % (d) között változik. A tüzelőanyaggal szemben támasztott felhasználói igények alapján elkülöníthetők a cementgyári és az erőműi hasznosításra szánt SRF főbb jellemzői. A különbség elsősorban a fűtőérték, a szemcseméret, és a hamutartalom értékeiben van (*2. táblázat*). A kémiai tulajdonságok eltérése nem a hasznosító típusától, hanem az egyes létesítmények eltérő füstgáztisztítási rendszerei miatt fordul elő. Ezeket az értékeket a környezetvédelmi engedélyek tartalmazzák és a hasznosító és az SRF előállítója közötti szerződésben rögzítik.

	Cementgyár		Erőmű
	Főégő	Előkalcinátor	
Fűtőérték MJ/kg (ar)	>20	>12	>8
	átlag 22	átlag 16	átlag 12
Szemcseméret mm	20-30	40-70	50-100
Cl % (d)	0,2-0,4	0,8 - 1	<1
Hamutartalom	-	-	<30

2. táblázat: A tüzelőanyaggal szembeni hasznosítói követelmények

Települési szilárd hulladékból – összetétele és nedvességtartalma miatt - csak erőműi és cementgyári előkalcinátoron való feladásra alkalmas tüzelőanyag állítható elő.

7 Energetikai hasznosítás

A hulladékok energetikai hasznosítása a hulladékhierarchiában a lerakást megelőző pozíciót foglalja el. A települési szilárd hulladék anyagösszetétele alapján nagyobb részben égethető anyagokat tartalmaz. A hulladékok energetikai hasznosítására több technológiai megoldás létezik:

- égetés hagyományos hulladékégető műben
- együttégetés (cementgyári, erőműi)
- pirolízis
- elgázosítás
- plazmatechnika

A hulladékégető mű fogalma: bármely helyhez kötött vagy mobil műszaki egység és berendezés, amelyet a hulladék hőkezelése érdekében építettek, függetlenül attól, hogy a keletkezett égéshőt hasznosítják-e vagy sem. Ez magában foglalja a hulladék oxidálását és más hőkezelési eljárásokat, például a pirolízist, a gázosítást vagy a plazmaeljárásokat, amennyiben a kezelés eredményeként keletkező anyagokat a kezelést követően elégetik. (2000/76/EK irányelv)

Az égetés exoterm folyamat, amelynek során a hulladék éghető összetevői a levegő oxigénjével reagálva gázokká, vízgőzzé alakulnak és füstgázként távoznak, míg az éghetetlen összetevők salak vagy pernye formájában visszamaradnak. A hulladékégetést minimálisan 850°C hőmérsékleten, 1,5-2 szerez légfelesleg, megfelelő áramlási viszonyok és tartózkodási idő biztosításával lehet végezni. A hulladékégetők szokásos tüztéri hőmérséklete általában 1050–1100 °C.

A hulladékégetés előnyei (Köztisztasági Egyesülés, Szakmai Füzet 5. 2003):

- jelentős mértékű térfogat (85-90%) - és tömegcsökkentés (70-75%),
- a hulladékok mineralizálódása és inertté válása,
- higiénizáció, a kórokozók elpusztulnak, az éghető karcinogének, toxikus vagy biológiailag aktív szerves anyagok pedig méregtelenednek,
- a keletkező elektromos és hőenergia hasznosítható és értékesítése nincs kitéve a piaci bizonytalanságoknak,

Hulladékégetés hátrányai:

- magas beruházási és üzemeltetési költségek,
- a bonyolult berendezésekben számos hibalehetőséggel kell számolni, különösen a belső korróziós jelenségek ronthatják az üzembiztosságot,
- a hulladék heterogén jellemzői miatt a megfelelő tüzeléstechnikai és energia hasznosítási paraméterek eléréséhez különféle hulladék előkészítési műveletek beiktatására lehet szükség,

- az égetés káros környezeti hatásai: légszennyezés, vízszennyezés, pernye és salak elhelyezése,
- lakosság negatív hozzáállása,

7.1 Hulladékégetés általános technológiája

A hulladékégetés részfolyamatai a következők: (1) hulladék átvétel és tárolás, (2) előkészítés, (3) adagolás, (4) égetés, (5) hasznosítás, (6) füstgázkezelés, valamint (7) salak és pernyekezelés.

A hulladék mennyiségi átvételét, minőségének szemrevételezéssel, illetve mintavételezéssel való megállapítását követően a tárolóba kerül. A folyamatos tüzelőanyag ellátás biztosítása érdekében az égetőmű területén kb. 4-5 napos tartalékot kell tárolni. A tárolókban (bunkerekben) a hulladék keverését és adagolását általában polipmarkolós híddaruval végzik.

Az előkezelt hulladékot a polipmarkoló az adagológaratba helyezi. A garatból a hulladék gravitációs úton az adagolóberendezésbe csúszik, ahonnan az égető tűzterébe kerül. Az égetőtérben a hulladék kigázosodik és elég. Az elégett anyagok hamu, egy részük pedig salakként kerül ki a rendszerből. Az égetés során felszabaduló gázok nagy részét az utóégető térben elégetik. A nem éghető gázok és a gázok égéséből származó részek, valamint egyéb maradékanyagok füstgázként távoznak.

A füstgázban lévő nehezebb szilárd anyagok (por, pernye) jó része gravitációsan kiüledik, és leválasztható. A füstgáz magas hőmérséklete miatt hűteni kell, amelynek során nagy szerepe van a kazán utolsó huzamának, ahol a tényleges hő hasznosítás végbemegy. A kazánfalban elhelyezett járatokban áramló előmelegített víz, gőzzé alakul. A túlhevített gőzzel meghajtott gőzturbina a kapcsolt generátoron keresztül villamos áramot termel. A kivezetett gőzt tovább hasznosíthatják, majd hőcsere után a kondenzátumot visszavezetik a körfolyamatba.

A kazánban továbbáramló, lehűtött füstgázt füstgáztisztító berendezésbe vezetik, amely a savas gázok, a nehézfémek és dioxinok, valamint a szilárd maradékok leválasztását biztosítja. A kéményen távozó füstgáz szennyezőanyagainak koncentrációja nem haladhatja meg az előírt határértéket.

Az égetés szilárd maradványait, a salakot, a pernyét és a füstgáztisztításból származó maradványokat hasznosítani, vagy ártalmatlanítani kell. A hasznosítás a salak esetén jöhet szóba elsősorban útalapokban történő felhasználással, illetve hulladéklerakók rekultivációs rétegrendjében. A pernye és egyéb füstgáztisztítási maradványok veszélyes hulladéknak minősülnek, ártalmatlanításuk általában stabilizálást követően, engedéllyel rendelkező veszélyes hulladéklerakóban történik.

7.2 Tüzelőberendezések

A tüzelőberendezés a hulladékégetők központi eleme. Kialakításuk szerint lehetnek (1) rostélyostüzelésű és (2) rostély nélküli tüzelőberendezések.

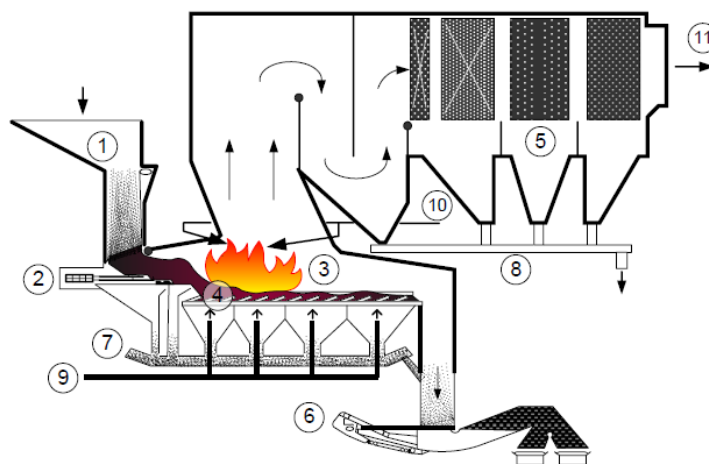


7.2.1 Rostélyostüzelésű berendezések

A települési szilárd hulladékok égetését általában rostélyostüzelésű berendezésekben végzik. A rostélyok biztosítják a hulladék homogenizálását, mozgatását és az égéshez szükséges levegőmennyiség bejutását. A rostélyok kialakítása többféle lehet, megkülönböztetünk:

- ellenáramú előtoló rostély
- előtoló lengőrostély
- visszatoló rostély
- fölétoló rostély,
- hengerrostély

A rostélytüzelés elvi vázlatát a 68. ábra mutatja be:



68. ábra: Rostélytüzelés elvi vázlat
(Környezetmérnöki Tudástár Hulladékgazdálkodás 12. kötet Csőke Barnabás (szerk), 2011)

A hulladék a (1) tölcserén és aknán keresztül az (3) égető térbe jut, ahol egy szabályozható (2) adagoló berendezés a (4) rostélyra adja. A levegővel keveredő égésgázok a tüztérben kiégnek. Az égés az utóégető kamrában fejeződik be. Az utóégetőhöz csatlakozó (5) hőhasznosító kazánban gőzt termelnek. A gőz által meghajtott gőzturbinával generátoron keresztül villamos áram állítható elő. Az égetés során keletkező szilárd maradékok a (6) leszalakoló rendszeren, illetve a rostélyon áthulló (7) rostélyhulladék elvezető, valamint a hőhasznosító kazánban leülepedő (8) pernyeszállító rendszeren keresztül kerülnek ki a tüzelő berendezésből. Az égéshez szükséges légfelesleget befúvással kell biztosítani. A rostélyon keresztül befúvott levegő a (9) primer légáram, amely egyben a rostély hűtéséről is gondoskodik. A rostély fölé a tüztérbe vezetett levegő a (10) szekunder légáram. A tüztérket a füstgáz és a levegő áramlási iránya szerint osztályozhatjuk egyenáramú, ellenáramú és kombinált áramú berendezésekre.

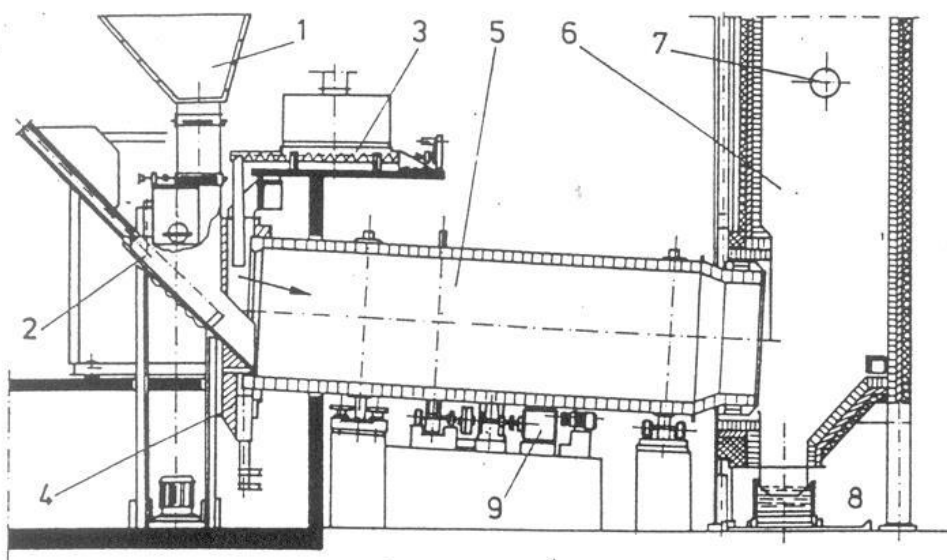
7.2.2 Rostély nélküli tüzelésű berendezések

A rostély nélküli hulladék égetők főként a tüztér kialakításában különböznek a rostélyos berendezésektől. A rostély nélküli berendezések tüztere általában hengeres, ezáltal majdnem

kétszeresére növeli a hőszugárzás intenzitását. Ilyen berendezések a (1) forgódobos kemencék, (2) emeletes kemencék, (3) fluidizációs kemencék, (4) egyéb speciális tüzterek.

Forgódobos kemence

A települési szilárd hulladékok égetésére leginkább a forgódobos kemencét alkalmazzák. A kemence tűzálló falazattal kibélelt hengeres tüztér, amely a vízszinteshez képest enyhén lejt és lassan forog. Ennek köszönhetően a hulladék fellazul és a tüztérben folyamatos mozgásban van, ami gyorsabb és egyenletesebb égést eredményez. A tartózkodási idő a forgás sebességével és a kemence dőlésszögével szabályozható. A hulladék mozgási iránya a beadagolt levegő és a füstgázok áramlási irány megegyező, így azok egyre magasabb hőmérsékleti zónába kerülnek és a kiégetés hatásfokát javítják. A kemence elvi vázlatát a 69. ábra mutatja be. A kemencei részei: (1) szilárd anyag beadagolása; (2) hidraulikus adagoló; (3) csigás adagoló iszap beadagolásához; (4) kemence fejrésze; (5) falazott forgódobos kemence; (6) utóégető; (7) folyékony hulladék égetése; (8) salak kihordó; (9) hajtómű



69. ábra: Forgó csőkemence elvi vázlata
(Környezetmérnöki Tudástár Hulladékgazdálkodás 12. kötet Csőke Barnabás (szerk), 2011)

Fluidizációs kemence

A fluidizációs kemencében való égetés a hulladék előkezelést, aprítását igényli, ezért az ilyen kemencék kiválóan alkalmasak RDF/SRF égetésére is. A fluidizációs kemence tüztér egyszerű, álló henger kialakítású, nincsenek benne mozgó alkatrészek. A kemence alján speciális kiképzésű tartórostélyra finomszemcsés anyagot helyeznek el. A rostély alatti fúvókákból bejuttatott levegő az anyagot megemeli és lebegő, örvénylő mozgásban tartja. A beadagolt hulladék az örvényrétegbe esik, rövid idő alatt elgázosodik és a befúvott levegővel elkeveredik. Az égetési zóna fölötti égéstérben valósul meg az égésgázok tökéletes kiégetése, amit sok esetben szekunder levegő lefűvésével fokoznak.

7.3 Füstgáztisztító rendszerek

A települési szilárd hulladékégetőkben keletkező füstgázok jelentős mennyiségű légszennyező anyagot tartalmaznak. A szennyezőanyagok lehetnek szilárd anyagok, gázállapotú klór-, fluor-, kén-, nitrogén, vegyületek, nehézfémek (pl. higany, kadmium, ólom), szén-monoxid, dioxinok, furánok és egyéb vegyületek.

A települési szilárd hulladékégetők kibocsátási határértékeit a jogszabályok, illetve az égetőmű egységes környezethasználati engedélye tartalmazza. A kibocsátás mérésekor külön meghatározásra kerültek a félórás határértékek, amelyeket legalább 6 órás és legfeljebb 8 órás mintavételi időszakban kell mérni, illetve a napi átlagértékek. A jogszabályban megadott határértékeket a 3. táblázat mutatja be. Az egyes égetőművekre kiadott engedélyek ezeknél szigorúbb előírásokat is tartalmazhatnak.

	Napi átlagérték	Félórás átlagérték	
		(100%) A	(97%) B
Összes szilárd anyag	10 mg/m ³	30 mg/m ³	10 mg/m ³
Gáz- és gőznemű szerves anyagok az összes szerves szén mennyiségében kifejezve	10 mg/m ³	20 mg/m ³	10 mg/m ³
Sósav (HCl)	10 mg/m ³	60 mg/m ³	10 mg/m ³
Hidrogén-fluorid (HF)	1 mg/m ³	4 mg/m ³	2 mg/m ³
Kén-dioxid (SO ₂)	50 mg/m ³	200 mg/m ³	50 mg/m ³
Nitrogén-dioxidban kifejezett összes nitrogén-monoxid (NO) és nitrogén-dioxid (NO ₂) meglévő égetőművekre, amelyek névleges kapacitása az óránként hat tonnát meghaladja vagy új égetőművekre	200 mg/m ³	400 mg/m ³	200 mg/m ³
Nitrogén-dioxidban kifejezett összes nitrogén-monoxid (NO) és nitrogén-dioxid (NO ₂) meglévő égetőművekre, amelyek névleges kapacitása az óránként legfeljebb hat tonna	400 mg/m ³		

3. táblázat: Légszennyező anyagok kibocsátási határértékei
(2000/76/EK irányelv)

A hulladékégetők füstgázait kezelni kell és a légszennyező anyagok mennyiségét tisztítással az engedélyükben lévő határértékek alá kell leszorítani.

A füstgázok tisztítására alkalmazott legegyszerűbb eljárás a száraz szorpciós eljárás. A tisztítási eljárás során a füstgáz áramba száraz bázikus adalékanyagot, leggyakrabban méshidrátot porlasztanak, amellyel a savas kémhatású komponensek reakcióba lépnek és szilárd sók keletkeznek. A szilárd maradékokat elektrofilterrel, vagy zsákos porszűrővel választják le, majd ártalmatlanítják. A hagyományos száraz rendszerek már nem felelnek meg a szigorú emissziós előírásainak, ezért alkalmazásuk háttérbe szorult. A száraz szorpciós eljárás azonban a legegyszerűbb és legolcsóbb technológia ezért, továbbfejlesztésével napjainkban is kísérleteznek. Ilyen újabb fejlesztés a vízpárával kondicionált cirkofluid rendszer, ahol a reakció a lebegtetett és recirkulált száraz mézpor és a savas gázok között jön létre. Erről azonban még kevés gyakorlati tapasztalat áll rendelkezésre.

A hulladékégetőkben a mai emissziós határértkeknek is megfelelő füstgáztisztítási módszerek a (1) fűlszáráz és a (2) nedves tisztítási eljárások.

A fűlszáráz eljárásnál a folyékony bázikus adalékanyagot (pl. mésztej) szuszpenzió formájában fecskendezik, vagy porlasztják be a fűstgáz áramba. A fűstgázokat nem hűtik le a harmatpont alá, az átlaghőmérséklet 140 °C. Az elpárolgó adalékanyagból kiváló bázikus abszorbens a savas szennyezőanyagokkal reakcióba lép és szilárd sók keletkeznek, amelyek leválasztására zsákos porszűrőt, vagy elektrofiltert használnak. A leválasztás hatékonyságát a beadagolt abszorbens mennyiségének növelésével lehet fokozni.

A nedves eljárásoknál első lépésben a pernye leválasztása történik, általában elektrofilter alkalmazásával, majd a fűstgázokat harmatpont alá hűtik. Az ezt követő nedves eljárás lehet egy, két, vagy több lépcsős mosás. Eglépcsős mosókat kifejezetten a savas gázkomponensek leválasztására használták, de a mai emissziós előírások mellett már nem megfelelőek. Az általánosan alkalmazott eljárás a kétlépcsős mosás a sósav (HCl) és a kéndioxid (SO₂) közömbösítésére. A mosás után keletkező szennyvizet vagy a folyamat részeként kezelik, ekkor szennyvízkeletkezés nélküli, vagy külön kezelve szennyvízkeletkezéssel járó eljárásról beszélünk. A szennyvíz keletkezés elkerülésének általános eljárása a bepárlás, amikor a szennyvizet a bepárló toronyban a fűstgáz hőtartalmával elpárologtatják, és az így kapott száráz sókat elektrofilteren leválasztják.

Egyes esetekben szükség lehet a tisztított fűstgázokban maradó nehéz fémek (higany), dioxin, furán és nitrogén-oxidok még hatékonyabb kiválasztására. A higany, dioxin és furán vegyületek megkötésére adszorbensként aktív szenet, kokszt, alumínium-oxidot, vagy zeolitot alkalmaznak. A nitrogén-oxidokat ammóniával kezelik, ahol nitrogén gáz (N₂) és víz (H₂O) keletkezik.

7.4 Szilárd maradékok és szennyvizek kezelése

A hulladék égetőművekben az alábbi maradékanyagok keletkeznek:

- szilárd hulladékok
 - rostélysalak
 - kazánpernye
 - fűstgáztisztítási pernye
 - egyéb fűstgáztisztítási maradék (reakció sók, maradék pernye, többlet abszorbens, adszorbens)
- folyékony hulladékok
 - fűstgáztisztító rendszerekből származó szennyvíz
 - salakhűtőből származó szennyvíz
 - kazántápvíz előkészítés maradéka
 - fűtőfelületek tisztításából származó szennyvíz

7.4.1 Szilárd maradékok

Az égetés szilárd maradékai a feladott hulladék tömegének 25-30%-át teszik ki. A legnagyobb hányada, mintegy 80 % a salak, és a maradék 20 % a pernye és a füstgáztisztítási maradékok.

A salakot tüztérből a nedves rendszerű lesalakoló rendszeren keresztül távolítják el és hűtik le. A salakhűtő rendszernek több technológiai megoldása van: lengőlapátos, acéllemez hevederes és kaparóláncos. A salak hűtését átfolyó, vagy elpárologtató módszerekkel biztosítják. A lehűtött salakot salakbunkerekbe tárolják, ahol a vízelvezetés kialakításával a salak víztartalma csökkenthető. A rostélysalak nem veszélyes hulladék. Legegyszerűbb elhelyezési módja a lerakás kommunális hulladéklerakón, ahol napi takarásra hasznosítható. Útépítésnél való hasznosítás esetén általában a salakot 3 hónapig pihentetik, majd a vashulladékok leválasztását követően aprítással és rostálással kinyerik a leginkább megfelelő szemcseméretű frakciót.

A kazánpernye, a füstgáztisztítási eljárásnál leválasztott pernye és egyéb maradékok veszélyes hulladéknak minősülnek, ezért azokat közösen kezelve veszélyes hulladéklerakón helyezik el. Mivel a pernye és korom sűrűsége kicsi, ezért lerakás előtt sok esetben stabilizálják (tömbösítik).

7.4.2 Szennyvizek kezelése

A hulladékégetés során keletkező szennyvizeket összevezetik és együttesen kezelik. A szennyvízkezelés tekintve főként a füstgáztisztítás során kimosott anyagokat több eljárásból épül fel: semlegesítés, flokkulálás, kicsapatás, ülepités esetleg ioncserélés, illetve iszapkezelés. A szennyvíztisztítás iszapmaradéka veszélyes hulladék.

7.5 Egyéb termikus eljárások

7.5.1 Pirolízis

A pirolízis (hőbontás) redukív lebontás a sztöchiometrikus aránynál kisebb oxigén biztosításával, vagy annak teljes kizárása mellett végbemenő folyamat. A hőbontás elve régóta közismert és más területen (pl. kokszelőállítás) alkalmazott módszer.

A hőbontás előnye:

- az értékesíthető termékek (aromás és alifás szénhidrogének) keletkezése
- a hulladékégetéshez viszonyított kisebb légszennyezés

Hátránya:

- a magasabb anyag-előkészítési igény,
- összetettebb és bonyolultabb füstgáztisztítás,
- nagyobb a lehetősége a nehezen bomló, nem tökéletes égéstermékek keletkezésének

A hőbontást elsősorban egynemű, homogén hulladékok (műanyag, gumi, savgyanta) esetében alkalmazzák. A települési szilárd hulladékok kezelésére is alkalmazható eljárások kifejlesztése az utóbbi időben kapott nagyobb lendületet.

A pirolízis eljárás során a szerves hulladékokból három különböző halmazállapotú termék keletkezik: (1) pirolízis gáz, (2) folyékony anyagok: a pirolízis olaj, kátrány és egyéb savas kondenzátumok és (3) szilárd anyag: pirolízis koks. A keletkező anyagok aránya a betáplált hulladék összetételétől és az alkalmazott berendezés műszaki paramétereitől függ.

A pirolízis eljárás során az első kamrában oxigénmentes körülmények között, 450-700 °C-on a szilárd hulladékot alkotó szénvegyületek éghető gázokká alakulnak át. A folyamatban szilárd maradékanyag, salak is keletkezik. A füstgázok tovább áramlanak a második kamrába, ahol a gázt technológiai levegővel keverik, és 850-1200 °C hőmérsékleten elégetik. A hőhasznosító kazánban előállított túlhevített gőzzel meghajtott gőzturbina a kapcsolt generátoron keresztül villamos áramot termel. A kivezetett gőzt tovább hasznosíthatják, majd hőcsere után a kondenzátumot visszavezetik a körfolyamatba.

A füstgázokat lehűtik (200-250 °C) és a hulladékégetőknél bemutatott módszerekkel tisztítják. A szilárd maradékokat leválasztják, vízfürdős hűtést követően kezelik, amely során a fémeket leválasztják, a szerves maradványokat eltávolítják, és éghető maradványokat elégetik, vagy aktív szenet állítanak elő belőle.

7.5.2 Elgázosítás

Az elgázosítás a hőbontás egyik speciális formája. A szerves anyagok közvetlen elgázosítása oxigénnel, vagy vízgőzzel magas hőmérsékleten, minimum 800-850 °C-on maximum 2000 °C-on megy végbe. A folyamat eredménye a szintézis gáz és a kiüvegesedett szerves olvadék. A szintézis gáz fő összetevői N_2 , CO, H_2 és CO_2 .

Az egyik legismertebb elgázosítási eljárás a Thermostelect eljárás, amely települési hulladékok kezelésére is alkalmas. Az eljárás során a feladott előkezeletlen hulladékot tömörítik, 450-500 °C-on kigázosítják, majd folyamatosan tiszta oxigénnel 1200 °C feletti hőmérsékleten elgázosítják. A keletkező szintézisgáz hidrogénből, szén-monoxidból és vízgőzből áll. A gázt lehűtik, majd mosással tisztítják, illetve speciális eljárással – elemi kén előállításal - kéntelenítik. Az előtisztított gázt szárítják, majd aktív szerves szűrővel tisztítják. A tisztított gáz éghető és energetikailag hasznosítható a folyamat fenntartására, vagy villamos és hőenergiát előállítására. A keletkező szilárd olvadékok inertizálódtak, hasznosításra (útépítési alapok, kohászati anyagok) alkalmasak.

7.5.3 Plazmasugaras égetés

A plazma ionizált atomokat és elektronokat tartalmazó gáz. A plazmasugaras égetéshez elektromos energiát használnak. A plazma két elektród közötti villamos íven átvezetett gáz magas hőmérsékletre (3000-10000 °C) hevítésével hozható létre. A folyamat során először a gázmolekulák atomokra esnek szét (disszociáció), majd magasabb hőmérsékleten a gáztatomok egy része elektront veszít és ionizálódik.

A plazmasugaras hőbontás lehet pirolitikus, vagy oxidációs. A nehezen bomló, stabil klórozott vegyületek (pl. PCB) bontására 5000-8000 °C hőmérsékletű, a könnyen lebomló hulladékok pirolizálására 3000-5000 °C-os plazmát használnak. (Lábody J, 2005).

Vegyes települési szilárd hulladékok plazmasugaras égetésére még nincs megfelelő tapasztalat.

7.6 Együttégetés

Egyes hulladékok alkalmasak arra, hogy energia tartalmukat ne csak hulladékégető műben, hanem eredetileg más célra létrehozott létesítményben is felhasználják. Ilyen hulladékok pl. a használt gumiabroncs, a hús-, és csontliszt, textil maradványok, használt olaj, előkezelt szennyvíziszap, illetve ipari, vagy települési szilárd hulladékból előállított RDF/SRF. A hulladékok ilyen típusú felhasználását együttégetésnek nevezzük.

Az együttégető mű: bármely helyhez kötött vagy mobil berendezés, amelynek elsődleges célja az energiatermelés vagy anyagi termékek előállítása, és amely:

1. hulladékot alap- vagy kiegészítő tüzelőanyagként használ; vagy
2. amelyben a hulladékot ártalmatlanítás céljából hőkezelésnek vetik alá. (2000/76/EK irányelv)

Az együttégetésre alkalmas létesítmények elsősorban a (1) cementgyárak és az (2) erőművek. Az együttégetés során az eredeti tüzelőanyaghoz adagolják a hulladékokat. Az égethető hulladék mennyiségi és minőségi paramétereit a hatóságok az égetésre kiadott egységes környezethasználati engedélyben írják elő. Az együttégetésre vonatkozóan, a hulladékégetéshez hasonlóan, jogszabályok meghatározzák a kibocsátási határértékeket, amelyeknél az együttégetésre kiadott engedély szigorúbb előírásokat is tartalmazhat.

7.6.1 Cementgyári együttégetés

A hulladékok cementgyári együttégetése Európában az elmúlt 35-40 évben folyamatosan fejlődött. A cementgyárakban leggyakrabban használt hulladékfajták az alábbiak:

- Elhasznált gumiabroncsok
- Fáradt olajok
- Fahulladékok
- Papírhulladékok
- Műanyag hulladékok
- SRF/RDF
- Víztelenített és szárított szennyvíziszapok
- Papírgyártási iszapok

Az együttégetésre vonatkozó kezdeti szabályozást az együttégetés elterjedésével párhuzamosan országonként határozták meg. Elsőként Svájcban az engedélyezési eljárások egyszerűsítése érdekében „pozitív listát” állítottak össze azon hulladék anyagokról, amelyek

cementgyári energetikai hasznosításának környezetvédelmi megfelelősége igazolható volt. Németország a korábban alkalmazott tartományi engedélyezési eljárások tapasztalatára alapozva 1998-ban alakította ki az egységes előírásokat, többek között az égethető hulladékok minőségére, illetve az illékony nehézfémek, a klór és egyéb káros anyag tartalom határértékei vonatkozásában (Bánhidly et al., 2007). 2000-ben az Európai Unió is megalkotta a másodlagos tüzelőanyagok felhasználásának egységes szabályozását, amelyet a 2000/76 EC direktíva tartalmaz.

Magyarországon az 1980-as évek második felében használt gumiabroncsok és egyéb hulladékok együttégetésével kísérleteztek a Beremendi Cementgyárban. Majd néhány év szünet után 1998-tól egyre növekvő mértékben használnak másodlagos tüzelőanyagokat. Jelenleg cementgyári együttégetés folyik a Duna-Dráva Cement váci és Beremendi, illetve a Lafarge királyegyházai cementgyárában.

A cementgyári együttégetés előnyei:

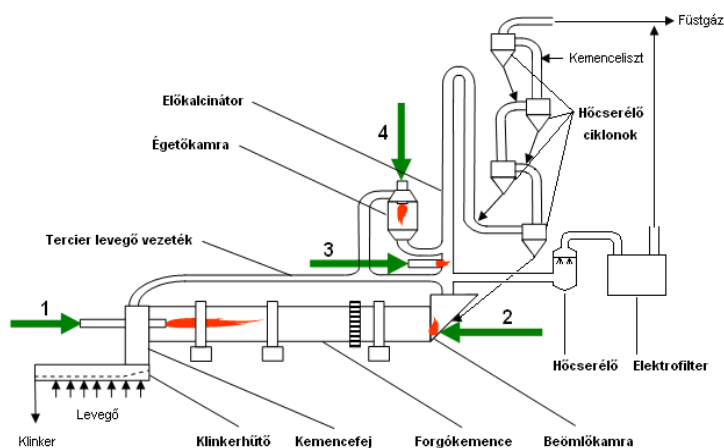
- A beruházási költségek kedvezőek, mert a cementgyárak meglévő létesítmények, csak a hulladékok együttégetéséhez szükséges technológiai kiegészítő berendezéseket kell pótlólagosan beruházni.
- A cementgyári együttégetés környezetvédelmi körülményei elfogadottak, megfelelnek a 2000/76/EK Irányelv előírásainak.
- A cementgyári együttégetésnél az égéstermék az égetőtérben sokkal hosszabb ideig és magasabb hőmérsékleten tartózkodik, mint a hulladékégető művekben, ezáltal hatékonyabban biztosítható a legstabilabb szerves vegyületek lebontása is, illetve az égés közben keletkező anyagok jobban megkötik a mérgező füstgázokat.
- Csökkenthető a fosszilis tüzelőanyagok (szén, olaj, földgáz) felhasználása.
- A magas energia költségek miatt a cementgyárak számára a másodlagos tüzelőanyagok felhasználása költségmegtakarítást, ezáltal versenyelőnyt biztosít.
- A felhasznált másodlagos tüzelőanyagok aránya meghaladhatja a felhasznált tüzelőanyagok 50%-t.
- Az égetési maradékok beépülnek a termékbe, ezért a cementgyári együttégetés hamu-, salak- és pernyementes eljárás.
- A települési hulladékok biomassza tartalma miatt együttégetésük figyelembe vehető a CO₂ kibocsátási kvótánál.

A cementgyári együttégetés üzemeltetési problémái:

- A hulladékból származtatott tüzelőanyagok magasabb nedvességtartalma (kb. 15–30%) miatt fajlagosan több füstgáz képződik, mint a hagyományos tüzelőanyagokból.
- A hulladékból származtatott tüzelőanyagok egyes tulajdonágai nem ideálisak a cementgyári technológia számára. Az alkalmazásukkor keletkező lerakódások eltávolítása miatti leállások és a hőmérsékleti profilok eltolódása üzemeltetési kieséseket, többletköltségeket okoz.

- A hulladékok együttégetése esetén szigorúbb kibocsátási határértékeknek való megfelelést kell biztosítani.
- A hulladékok együttégetése során a minőségkontrollból eredően fokozottabb mintavételezés és vizsgálatok szükségesek.

A másod-tüzelőanyagok feladása leggyakrabban a főégőre, illetve az előkalcinátor égőre történik. A feladási lehetőségeket a 70. ábra mutatja be.



70. ábra: Száraz eljárású klinkergyártási technológia főelemei, hulladékbeadagolás lehetőségei (Átfogó tanulmány készítése települési hulladék energetikai hasznosításának alternatíváiról, feltételeiről, MKM Consulting Zrt 2007.)

A hulladékbeadagolás lehetőségeit a 70. ábra az 1-4-ig számozott nyilak jelölik:

1. beadagolás a főégőre
2. beadagolás a beömlőkamrába
3. beadagolás a kalcinátor égőn
4. beadagolás az égetőkamra égőn

A 70. ábra szerinti technológiai kialakítás a cementgyárak egy részében nem áll rendelkezésre, általában az előkalcinátor és az ahhoz kiegészítésként építhető égetőkamra, ill. a beömlőkamrai tüzelés lehetősége nincs kiépítve. A gáz-bypass, ami a tüzelőanyagok klór tartalma miatt lényeges, sok esetben szintén hiányzik, vagy utólagosan kerül beépítésre.

A települési hulladékok szempontjából a beadagolás helye, illetve technológiája a tüzelőanyaggal szemben támasztott minőségi követelmények miatt fontos tényező. Ugyanis ezek határozzák meg a tüzelőanyag fűtőértékével és szemcseméretével kapcsolatos követelményeket, ezért főégőre, illetve az előkalcinátor égőre feladott SRF/RDF jellemzőivel szemben támasztott követelmények is eltérőek. A hulladék-összetétel alapján települési szilárd hulladékból csak alacsonyabb minőségű SRF állítható elő, ezért feladása csak az előkalcinátor égőre lehetséges. Ilyen tulajdonságok a települési szilárd hulladékból előállított SRF alacsonyabb fűtőértéke (12-16 MJ/kg), magasabb nedvességtartalma (általában >20%) és klórtartalma (0,2-1%). A főégőre csak egynemű, ipari, termelési hulladékból előállított

minimum 20 MJ/kg fűtőértékű. A feladható szemcseméret is eltérő, az előkalcinátoron 40-50 mm, míg a főégőn <30 mm.

7.6.2 Erőműi együttégetés

Az erőművekben történő együttégetés (főként széntüzelésű erőművek) alkalmazása folyamatosan emelkedik. A leggyakrabban égetett hulladékok az előkezelt szennyvíziszapok, illetve az előkezelt települési és ipari szilárd hulladékok.

Az erőműi együttégetés előnyei:

- A beruházási költségek kedvezőek, csak a hulladékok együttégetéséhez szükséges technológiai kiegészítő berendezéseket kell pótlólagosan beruházni.
- Az erőműi együttégetés környezetvédelmi körülményei elfogadottak, megfelelnek a 2000/76/EK Irányelv előírásainak.
- Csökkenthető a fosszilis tüzelőanyagok (szén, olaj, földgáz) felhasználása.
- A magas energia költségek miatt az erőművek számára a másodlagos tüzelőanyagok felhasználása költségmegtakarítást biztosít.
- A települési hulladékok biomassza tartalma miatt együttégetésük figyelembe vehető a CO₂ kibocsátási kvótánál.

Az erőműi együttégetés üzemeltetési problémái:

- A másod-tüzelőanyagok halogéntartalma és a savas füstgázok fokozzák a kazánok belső korrózióját
- A füstgáz kéntelenítéssel és megfelelő porleválasztással nem rendelkező szilárd tüzelésű erőműveknél az égethető másod-tüzelőanyagok mennyisége erősen korlátozott.
- A másod-tüzelőanyagok energiatartalma a korróziós és füstgáztisztítási problémák miatt az erőmű hőenergia bevitelének 5-10%-át nem haladhatja meg.
- A hulladékok együttégetése esetén szigorúbb kibocsátási határértékeknek való megfelelést kell biztosítani.
- A cementgyári együttégetéssel ellentétben a bevitt másod-tüzelőanyagokból keletkező hamu és salak befolyásolhatja a salak minőségét és kezelését, ami különösen biomassza erőműveknél okozhat hamu elhelyezési problémákat.

Magyarországon a Mátra a Vértes és a Bakonyi Erőműben foglalkoztak az együttégetés lehetőségeinek vizsgálatával. A Vértes és a Bakonyi Erőművekben kísérleti jelleggel végeztek együttégetést, de üzemszerű működésre még nem került sor (Bánhidya et al., 2007). A Mátra Erőműben viszont az együttégetés évtizedes múlttra tekint vissza. A másod-tüzelőanyagok előkészítésre és feladására az erőmű mellett kialakították ki a szükséges műszaki feltételeket. Az üzemben lehetőség van szennyvíziszapok, települési és termelési szilárd hulladékok és biomassza (faapríték) előkezelésére és feladására. A Mátrai Erőmű korszerű elektrosztatikus porleválasztással rendelkezik, valamint felszerelték kéntelenítő berendezéssel is, ezáltal biztosítható a savas füstgázok kezelése.

Az erőművek hulladékból származtatott tüzelőanyagokkal szemben támasztott minőségi követelményei közelítik a cementipari hasznosításnál előírt jellemzőket. Az erőművek esetében is legfontosabb minőségi paraméterek az anyag fűtőértéke, halogén-, nehézfém-, nedvesség-, és hamutartalma, valamint szemcsenagysága.

A megkívánt fűtőérték az erőmű tüzelőberendezésének kialakításához, illetve az alapvetően használt tüzelőanyag fűtőértékéhez alkalmazkodik. Rostélyos tüzelőberendezéseknél általában kisebb fűtőértékű másodtüzelő anyag is megfelelő. 12,5 MJ/kg fűtőérték felett hűtött rostély alkalmazása szükséges.

A fluid ágyas kemencéknél nagy fajlagos égési teljesítmény érhető el. Az ilyen berendezésekben folyadékok, paszták, iszapok, valamint jól előkészített aprított, granulált szilárd hulladékok égethetők. A fluid ágy előnye a nagy homogenitás, valamint a káros emisszió csökkentéshez szükséges reagensek bekeverhetősége. Hátránya az optimális égésvezetés biztosításának nehézsége, illetve a tüzelőanyagból származó salak megolvadhat, ami az ágy anyagának ragadásával, összeállásával járhat.

8 Hulladékok lerakása

8.1 Hulladéklerakás helyzete Magyarországon

Magyarországon egészen az 1980-as évek végéig az „*egy falu – egy szemétdomb*” elv működött, azaz szinte minden településen létezett legalább egy szemétklerakó. Ezek helyét általában a helyi Tanács jelölte ki. Hulladéklerakásra használtak korábban felhagyott agyag-, és homokbányákat, illetve egyéb anyagnyerő helyeket, feltöltendő területeket, valamint értéktelen mezőgazdasági területeket, sokszor vízmosásokat, mocsaras, vizenyős részeket is. Szerencsés esetben a hulladéklerakót olyan területen létesítették, ahol rendelkezésre állt a természetes szigetelő réteg. Sajnos azonban a legtöbb lerakó semmiféle műszaki védelemmel nem rendelkezett, így potenciális szennyező forrást jelentettek a felszín alatti és felszíni vizekre, a környező talajokra, valamint a levegőre.

A hulladéklerakó létesítésével kapcsolatosan az 1990-es évektől jelentek meg ún. Miniszteri irányelvek, amelyek rögzítették az aljzatszigetelés kialakítására vonatkozó ajánlásokat. Ezek az ajánlások az akkori Nyugat-európai gyakorlatnak megfelelő szigetelési rétegrendet tartalmazták. Magyarországon a hulladéklerakással kapcsolatos jogi és műszaki szabályozás csak nagyon rövid, alig több mint egy évtizedes múltra tekint vissza.

Ezek az előzmények vezettek oda, hogy a 2002-ben Phare projekt keretében a Royal Haskoning cég koordinálásával végrehajtott Országos Hulladéklerakó felmérés eredményeként 2667 hulladéklerakót azonosítottak, amelyek döntő többségét, 2540 lerakót azonnali bezárásra javasoltak. A felmérés alapján 2002-ben 72 hulladéklerakó rendelkezett mesterségesen kialakított műszaki védelemmel. (Royal Haskoning 2003)

A hulladéklerakók kialakítására vonatkozó első magyar jogszabály a 31/1999 EK direktíva előírásainak átvételével 2002-ben jelent meg. Ezt a jogszabályt váltotta a 2006-ban kiadott KvVM rendelet, amely már a 33/2003 EK direktíva előírásainak is megfelel.

A jogi szabályozás hatására, illetve az átvett Európai Unió kötelezettségek teljesítése miatt a nem megfelelően kialakított hulladéklerakók folyamatosan zártak be. 2009. július 15.-ig az összes a hatályos jogszabályban előírt aljzatszigetelési rétegrenddel nem rendelkező hulladéklerakó bezárásra került.

Ezzel párhuzamosan az Európai Unió társfinanszírozásával az ISPA, KA és KEOP programokban megvalósuló regionális hulladékgazdálkodási programokban kiépült az új regionális hulladéklerakók hálózata. 2013. július 01.-én Magyarországon 70 db regionális hulladéklerakó üzemelt. (OHT 2014-2020)

A hulladéklerakás aránya Magyarországon az utóbbi években lassan csökkent, de még mindig jóval a fejlett Európai országok átlaga felett van. A 4. táblázat adatai szerint a lerakással ártalmatlanított hulladék aránya 2012-ben 65,4% volt. Az OHT II. kitűzött fejlesztési céljai között szerepel a lerakási arány 40% alá csökkentése.

	2010		2011		2012	
összes képződött hulladék (t)	4 033 106	100,0%	3 808 878	100,0%	3 987 496	100,0%
anyagában hasznosított (t)	788 786	19,6%	837 312	22,0%	1 015 067	25,5%
energetikai hasznosítás (t)	406 426	10,1%	408 104	10,7%	364 047	9,1%
lerakás (t)	2 837 894	70,4%	2 563 462	67,3%	2 608 382	65,4%

4. táblázat: Hulladékkezelés 2010-2012
(Országos Hulladékgazdálkodási Terv 2014-2020)

8.2 Fogalom meghatározások

A hulladéklerakókkal kapcsolatos legfontosabb fogalmak a 20/2006 (IV.5.) KvVM rendelet szerint a következők:

- a) *alapjellemezés*: a hulladék alapvető jellemzőinek meghatározása, azon adatok, információk összegyűjtése, amelyek a hulladék biztonságos lerakásához szükségesek;
- b) *bezárás*: a hulladék-átvételi és -lerakási tevékenységek megszüntetése;
- c) *csurgalékvíz*: a lerakott hulladéktesten átszivárgó, illetve az ott keletkező minden olyan folyadék, amely a hulladéklerakóban marad, vagy amelyet a hulladéklerakó kibocsát;
- d) *eluátum*: a laboratóriumi kioldási vizsgálatok során keletkező oldat;
- e) *földalatti hulladéklerakó*: olyan állandó hulladéktároló létesítmény, amely földtani közegben lévő üregben, különösen sóbányában vagy káliumbányában helyezkedik el;
- f) *hulladéklerakó*: olyan hulladékártalmatlanító létesítmény, amely a hulladéknak a földtani közeg felszínén vagy a földtani közegben történő lerakására szolgál, ideértve
- g) *hulladéklerakó-gáz*: a lerakott hulladék biológiai, kémiai bomlása során a hulladéklerakóban képződő gázkeverék;
- h) *lerakás*: a hulladék ártalmatlanítása a földtani közeg felszínén vagy a földtani közegben kialakított hulladéklerakóban;
- i) *lezárás*: felső zárórétteg rendszer megvalósítása;
- j) *megfelelőségi vizsgálat*: azonos termelési, hulladékkezelési technológiából származó, rendszeresen képződő hulladék ellenőrzése az alapjellemezésben meghatározott kritikus paraméterek mért értékeinek összevetésével és értékelésével;
- k) *rekultiváció*: a bezárt hulladéklerakó vagy a hulladéklerakó egy része környezeti veszélyességének csökkentése új területhasználat előkészítése érdekében lezárással, műszaki védelem és monitoringrendszer kiépítésével vagy a hulladék felszedésével, továbbá tájba illesztéssel;
- l) *utógondozás*: a hulladéklerakó teljes rekultivációját követő olyan összetett tevékenység, amely magában foglalja a monitoringrendszer üzemeltetését, a csurgalékvíz és a hulladéklerakó-gáz kezelését, valamint a szükségessé váló karbantartási munkákat;
- m) *üzemeltető*: az a természetes vagy jogi személy, illetve jogi személyiséggel nem rendelkező szervezet, aki (amely) a hulladéklerakó üzemeltetéséért, rekultivációjáért, utógondozásáért felelős;
- n) *tájbaillesztés*: a létesítmény funkcionális és esztétikai szempontok szerinti környezetalakítása a táji adottságok figyelembevételével.

8.3 Hulladéklerakó létesítése

8.3.1 Hulladéklerakó helykiválasztása

A hulladéklerakó helykiválasztása összetett folyamat. Figyelembe kell venni a jogszabályokban meghatározott előírások teljesülését, a hulladékgazdálkodási szempontokat, a gazdasági elvárásokat és nem utolsósorban a lakossági elfogadást. A hulladéklerakó helykiválasztásának legfontosabb szempontjai (Köztisztasági Egyesülés, Szakmai füzet 8. 2003):

- Hulladékgazdálkodási szempontok:
 - Begyűjtési terület (nagysága, lakosság, ipar, topográfiai és éghajlati jellemzők),
 - Hulladék (mennyiség, összetétel, ingadozás stb.),
 - Hulladékgyűjtési rendszer (járművek, edényzet, távolság, úthálózat, logisztika),
- Gazdasági szempontok
 - Területi adottságok (nagyság, bővíthetőség, ne legyenek „extra” költségek),
 - Megközelíthetőség, optimalizálható szállítási költségek,
 - Közmű ellátottság (áram, telefon, víz), csatlakozási lehetőségek,
- Természeti adottságok:
 - Topográfiai és morfológiai viszonyok,
 - Földtani adottságok,
 - Geotechnikai jellemzők,
 - Meteorológiai jellemzők,
 - Földrengésveszély, alábányászottság,
- Jogi helyzet
 - Hatályos jogszabályoknak való megfelelés,
 - Tulajdonviszonyok,
- Területgazdálkodási szempontok
 - Illeszkedés a településfejlesztési koncepcióhoz,
 - Megfelelés a helyi rendezési tervnek,
- Talajvédelmi szempontok,
 - A földtani közeg, különösen a termőföld védelme,
- Vízvédelmi szempontok
 - Hidrogeológiai és vízföldtani jellemzők,
 - felszíni vizektől való távolság,
 - Ne zavarja a vízkészlet-gazdálkodást,
- Természet-, és tájvédelmi szempontok,
 - Ne érintsen üdülő, táj és természetvédelmi területet,
 - Natura 2000 alá eső területet
- Levegőtisztaság-védelmi szempontok
 - lakó- és az üdülőterületről való távolság,
 - mezőgazdaságilag művelt területektől való távolság,

- szállítás és lerakó művelés légszennyező hatásai
- depógáz keletkezés
- szaghatás
- Kulturális örökségvédelmi szempontok,
- Lakossági és politikai fogadókészség

A jogszabály előírásai alapján hulladéklerakó nem létesíthető:

- erózió-veszélyes területen,
- a földtani közeg mozgása által veszélyeztetett területen,
- a külön jogszabály szerint kiemelten érzékeny felszín alatti vízminőség-védelmi területen,
- a külön jogszabályban rögzített előírás alapján a mezőgazdasági művelésre alkalmas közepes vagy annál jobb minőségű területen,
- árvíz- és belvízveszélyes, továbbá ármentesítéssel nem rendelkező területen,
- a külön jogszabály szerinti természeti területen, védett és fokozottan védett természeti területen, valamint az Európai Közösségi jelentőségű területen,
- védetté nyilvánított régészeti lelőhelyen, műemléki ingatlanon, műemléki környezetben és műemléki jelentőségű területen,
- energiaszállító vezetékek védősávjában,
- működő, illetve felhagyott mélyművelésű bánya felszakadási területén, ha a földtani közeg mozgása még nem konszolidálódott, továbbá bányaművelésre, távlati művelés céljából kijelölt területen,
- 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 $1,5 \text{ m/sec}^2$,
- olyan területen, ahol nem teljesül az a feltétel, hogy a felszín alatti víz maximális nyugalmi, illetve nyomás szintje legalább 1,0 m-rel mélyebben van, mint a lerakó szigetelőrendszerének fenékszintje,
- külön jogszabályban megállapított területen,
- földtani közegben lévő üregben.

8.3.2 Hulladéklerakó engedélyeztetése

A lerakók engedélyeztetése hosszadalmas több lépésből álló folyamat. A potenciális helyszínek kiválasztása után legfontosabb feladat a lakosság fogadókészségének felmérése. A költséges feltáró vizsgálatokat csak olyan helyszínekre érdemes elvégeztetni, ahol a lakosság a lerakó megépítését nagy valószínűséggel nem fogja ellenezni. Az engedélyeztetési folyamat a következő:

1. Előzetes Vizsgálati Dokumentáció (EVD) készítése
2. Környezeti hatásvizsgálat
3. Egységes környezethasználati engedélyezés. (IPPC)
4. (2+3) Összevont hatásvizsgálati és egységes környezethasználati engedélyezés

5. Vízjogi létesítési engedélyezés
6. Építési engedélyezés

Hulladéklerakó létesítése esetén Előzetes Vizsgálati dokumentációt kell készíteni, ha a tervezett kapacitás a napi 10 t lerakást és a 25 ezer tonna összes kapacitást meghaladja. Ezek az értékek a korszerű regionális hulladéklerakók kapacitásadataihoz viszonyítva rendkívül alacsonyak, ezért az EVD készítése kötelező. A dokumentációt a környezetvédelmi hatósághoz kell benyújtani. Az eljárás során sor kerülhet a nyilvánosság bevonására, közmeghallgatás tartására. Az EVD-re kiadott határozatában a Hatóság előírja a hatásvizsgálatra, illetve az egységes környezethasználati engedélyezésre vonatkozó tartalmi követelményeket, illetve a környezethasználó kérelmére dönthet az összevont eljárás lefolytatásáról.

Az egységes környezethasználati engedélyezési eljárás során a nyilvánosság bevonásáról gondoskodni kell, ezért a kérelemmel együtt be kell nyújtani egy „Közérthető összefoglaló” dokumentumot is, amely tartalmazza:

- a) a tevékenység ismertetését, különös tekintettel az elérhető legjobb technika alkalmazására;
- b) a hatásterület bemutatását;
- c) a tevékenység várható kibocsátásait és ezek környezetre, emberi egészségre gyakorolt hatásait;
- d) a szennyezés megelőzésére, illetve a terhelés csökkentésére alkalmas tervezett vagy megtett intézkedéseket;
- e) a kibocsátások ellenőrzésének módszereit;
- f) a környezeti hatással járó balesetek megelőzésére, ezek bekövetkezése esetén a környezeti következményeinek csökkentésére irányuló intézkedéseket; valamint
- g) a lakosság tájékoztatása érdekében megtett, illetve tervezett intézkedéseket.

A hatóság tájékoztatja a nyilvánosságot az eljárás megindításáról, illetve az érintett települések jegyzőit, akik a helyben szokásos módon szintén tájékoztatják a lakosságot és legalább 21 napos határidővel lehetővé teszik a dokumentumokba való betekintést. Az eljárás közmeghallgatással is kiegészülhet. A sikeres engedélyezési eljárás eredménye az egységes környezethasználati engedély.

Az egységes környezetvédelmi engedélyezéssel párhuzamosan végezhető a vízjogi létesítési engedélyek és az építési engedélyek beszerzése. Az építési tevékenység csak az összes szükséges engedély jogerőre emelkedése után kezdhető meg.

8.3.3 Hulladéklerakók típusai, kategóriái, elhelyezhető hulladékok

A hulladéklerakók építési módja szerint két alaptípus különböztethető meg:

- völgy (gödör) feltöltés
- dombépítés

Természetesen a két típus között több átmeneti megoldás előfordul. Gazdasági szempontból, amennyiben a tájképi hatások miatt elfogadható, a völgyfeltöltéssel induló depónia felszín feletti továbbépítése dombépítéssel az egyik legkedvezőbb megoldás lehet. Alkalmazásukat alapvetően az adott terület morfológiai adottságai határozzák meg. Hegyes, dombos területen, ahol természetes völgyek találhatóak, szinte kivétel nélkül völgyfeltöltéses depóniákat építenek. A völgyfeltöltéses hulladéklerakó kialakítása a 71. ábra látható.



71. ábra: Völgyfeltöltéses hulladéklerakó medencekialakítása

Síkvidéki területeken ezzel ellentétben a dombépítéses lerakók alkalmazása terjedt el. Az ilyen lerakók induló medencéjét ki lehet alakítani a terep felszínén gátak (töltések) között, illetve ha a talajvíz viszonyok lehetővé teszik a medence részben, vagy egészben a terepszint alá is süllyeszthető. A gyakorlatban általában ez utóbbi megoldást választják. A medence alsó síkja mintegy 2-4 méterrel az eredeti felszín alá kerül és a felszínen a medence körül 2-3 m magas töltést építenek.



72. ábra: Dombépítéses hulladéklerakó kialakítása

A hulladéklerakók kategóriába való besorolása a bennük elhelyezhető hulladékok tulajdonságain, összetételén alapul. E szerint kialakítható:

- Inert hulladéklerakó – A kategória

- Nem veszélyes hulladéklerakó – B kategória
 - Szervetlen lerakó– B1b kategória
 - Vegyes összetételű (jelentős szerves tartalommal rendelkező) lerakó– B3 kategória
- Veszélyes hulladéklerakó– C kategória

Az egyes hulladéklerakó kategóriákban az alábbi hulladékok helyezhetők el:

- A kategóriájú lerakóban
 - inert hulladék
- B1b alkategóriája lerakóban
 - szervetlen, nem veszélyes hulladék,
 - előkezelt, stabil, nem reakcióképes és nem veszélyes hulladékként kezelhető, eredetileg veszélyes hulladék,
 - A kategóriájú hulladéklerakóban lerakható hulladékok
- B3 alkategóriájú lerakóban
 - vegyesen gyűjtött települési hulladék,
 - előkezelt szennyvíziszap,
 - egyéb nem veszélyes hulladék,
 - B1b kategóriájú hulladéklerakóban lerakható hulladékok
- C kategóriájú lerakóban
 - veszélyes hulladék

Az elhelyezhető hulladékokkal kapcsolatban fontos előírás a lerakott hulladék bomló szerves anyag tartalmának csökkentése. A lerakásra vonatkozó csökkentés báziséve 1995. A hulladéklerakóban lerakható bomló szerves hulladék mennyiségét, az 1995-ben képződött, a települési hulladék részét képező biológiailag lebomló szervesanyag-mennyiséghez képest 2016. július 1-jéig 35%-ra kell lecsökkenteni.

A jogszabályok előírásai alapján hulladéklerakóban tilos elhelyezni:

- folyékony hulladékot;
- nyomás alatt lévő gázt;
- robbanásveszélyes hulladékot,
- oxidáló hulladékot,
- tűzveszélyes hulladékot,
- maró, korrozív hulladékot,
- kórházi vagy más humán-egészségügyi, illetve állat-egészségügyi intézményből származó fertőző hulladékot;
- hulladékká vált gumiabroncsot, kivéve a kerékpár-gumiabroncsot és az 1400 mm külső átmérőnél nagyobb gumiabroncsot, továbbá 2006. július 1-je után tilos lerakni az aprított hulladék gumiabroncsot;²⁴
- előkezelés nélküli szennyvíziszapot;

- bármely hulladékot, amely nem felel meg az e rendelet 2. számú mellékletében meghatározott átvételi követelményeknek;
- 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).

8.3.4 Hulladéklerakók építőanyagai

A hulladéklerakó építése során célszerű a helyszínen, vagy a helyszín közelében található természetes anyagok minél szélesebb körű felhasználása. Bizonyos esetekben, illetve a szigetelési rétegtrend egyes elemeinél meglévő előírások mesterséges anyagok alkalmazását teszik kötelezővé. A következőkben ezeket az építőanyagokat ismertetjük.

Természetes anyagok

A lerakó építés természetes anyagai a szigetelő (vízzáró réteg) kialakításához szükséges (1) agyag, a lerakóban képződő vizek (csurgalékvíz) elvezetését biztosító (2) kavics, illetve a (3) helyi talajok.

Agyag

Feladata hogy természetes állapotban, vagy beépítés után az előírt vízzáróságot biztosítsa. Erre legjobban a kis és közepes plaszticitású, megfelelő agyagásvány tartalmú és adszorpciós kapacitású iszap-agyag talajok felelnek meg.

Kavics

A szivárgó rétegben a keletkező csurgalékvíz elvezetésére használják. Erre a funkcióra a legmegfelelőbb a $k \geq 10^{-3}$ m/s szivárgási tényező értékkel bíró, 16/32 szemcseméretű, maximum 20 tömegszázalék mésztartalmú és 0,5 tömegszázalék iszaptartalmú, gömbölyded (koptatott) szemcsealakú kavics. A szigetelő réteg védelme érdekében kőzúzalék nem alkalmazható, mert az éles, hegyes törések a fóliaszigetelést, vagy a geoszintetikus-agyagot átszűrhatják.

Helyi talajok

A szorítótöltések, gátak építése során használhatók fel.

Mesterséges anyagok

A korszerű, műszaki védelemmel ellátott hulladéklerakók építése során többféle mesterséges anyagot használnak fel. A leggyakoribb mesterséges építőanyagok:

- geomembránok (műanyag fóliák)
- geoszintetikus-agyag (bentonit paplan)
- geotextília,
- geodrén (geodrain),
- georács,

Geomembránok

Hulladéklerakók szigetelésére már közel ötven éve használnak különböző műanyag membránokat (fóliákat és lemezeket). A legelterjedtebbek a nagy sűrűségű polietilén (HDPE) fóliák. A lerakó szigetelésére használható fóliák minimális vastagsága 2,5 mm.

A fóliákat tekercsbe (6-10 m széles) árusítják. A tökéletes vízzárás biztosítására a fóliákat össze kell hegeszteni. A geomembránok helyszíni hegesztését többnyire a következő hegesztési eljárásokkal végzik:

- forróékes-,
- extrúziós- és
- forrólevegős hegesztéssel.

Forróékes hegesztésnél a varratok hegesztőanyag felhordása nélkül készülnek. Az illesztőfelületeket a fűtőekkel való közvetlen kapcsolattal teszik képlékennyé. A varrat kialakulását préseléssel biztosítják

Extrúziós hegesztés során a fóliával megegyező alapanyagú hegesztőanyagot (extrudátumot) használnak. A hegesztőanyagot egy extruderben teszik képlékennyé. Az illesztőfelületeket meleg gázzal (pl. levegővel) termoplasztikus állapotba hozzák. A varratok kialakítása összepréseléssel történik

Forrólevegős hegesztésnél a fűvott forró levegő a szigetelőlemezt termoplasztikus állapotba juttatja, a varratot préseléssel alakítják ki

A hegesztési varratok lehetnek egyes, vagy kettős varratok. A varratokat a megfelelő záródás miatt ellenőrizni kell. Az egyes varratokat nagyfeszültségű, vagy vákuumharangos módszerrel ellenőrzik. A lerakók szigetelésénél a kettős varratok az elterjedtebbek. Ezek ellenőrzése nyomáspróbával történik. A varratok között kialakuló „tömlőt” 3-4 bar nyomású levegővel feltöltik, majd 5 perc után egy minimum 10 perces időszakban mérik a nyomásértéket. A varrat megfelelő minőségű, ha a vizsgálati idő alatt a nyomás 10%-nál kevesebbet esik vissza.

Geoszintetikus-agyag (bentonit paplan)

A bentonit természetes agyagásvány, amely nedvesség hatására nagy térfogat növekedésre képes és nagy a nedvszívó képessége. A bentonit paplan két hordozó elem (geotextília vagy geomembrán) közötti bentonitrétegből áll, amelyeket tűzéssel fognak össze. A bentonitréteg vastagsága általában 3-10 mm, a töltési mennyiség $\sim 3000-5000 \text{ g/m}^2$. Az előállítás során a bentonitot por alakban helyezik a geotextíliák közé. (73. ábra) Ezek a geotextília rétegek védik, erősítik, és növelik a termék szilárdságát a különböző igénybevételekkel szemben. A szivárgási tényezője $10^{-10} - 5 \times 10^{-12} \text{ m/s}$ között változik. A bentonitos szigetelő lemez elviseli az egyenlőtlen süllyedést, nyíróerők felvételére alkalmas. A bentonit paplant úgy kell teríteni, hogy a két réteg között átlapolás (átfedés) legyen, amelynek mértéke 15-20 cm legyen. A biztonságosabb vízzárás érdekében az átlapolási felületen a két szigetelőlemez között nátrium-bentonit szórását lehet alkalmazni.



73. ábra: Bentonit paplan

Geotextília

A geotextíliák szövött, hurkolt, vagy nemezelt (az elemi szálak elrendeződése véletlenszerű) kialakítású textíliák. Anyaguk lehet:

- poliamid,
- poliakrilnitril,
- poliészter,
- polipropilén,
- polietilén,
- nagy sűrűségű polietilén.

A lerakó építésnél kettős feladatot látnak el egyrészt a műanyag szigetelőlemez mechanikai védelmét, másrészt a szivárgórendszer eltömődésének a megakadályozását (szűrés) biztosítják. Mechanikai védelemre a vastagabb 1000-1200 g/m² súlyú, míg a szűrő funkcióra a vékonyabb, nagyobb szivárgó képességű 200-250 g/m² súlyú geotextíliák a megfelelőek.

A geotextíliát általában 5-5,5 m széles tekercsekben árusítják. A terítésénél megfelelő átfedésről kell gondoskodni, amelynek mértéke 40 cm. A 74. ábra-n nemezelt geotextília látható.



74. ábra: Geotextil (1200 g/m²)

Geodrén

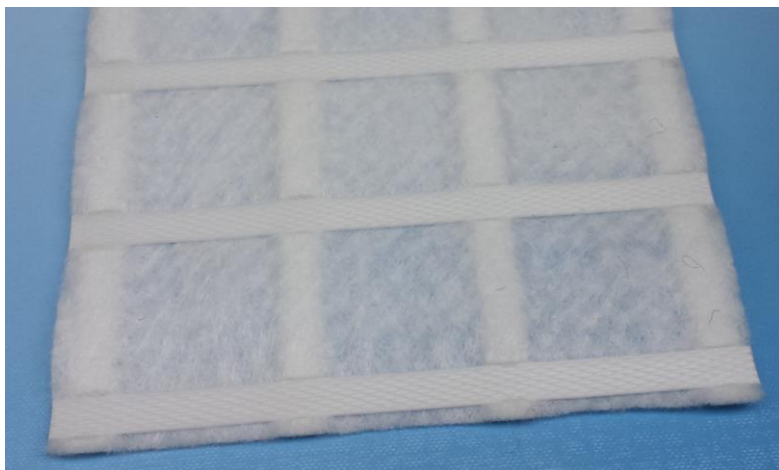
Két geotextil réteg közé illesztett műanyag profil, amelynek kialakítása lehet szabályos (rács), vagy véletlenszerű szálelrendezésű. A geodrénnek a szivárgó réteg funkcióját látják el. Alkalmazásuk olyan építési körülmények között jelentős, ahol a kavicsréteg állékonysága nem biztosítható. Lerakó építés esetében az oldalszigetelés rétegrendjében használják, ahol a rézsűn a kavicszivárgó nem maradna meg. A 75. ábra véletlenszerű szálelrendezésű geodrén látható.



75. ábra: Geodrén

Georács

Az alkalmazásuk célja a lerakó földműveinek (rézsűk, gátak) megerősítése, az altalaj teherbírásának növelése. Polimerből készült, hálószerű nyitott egy-, két-, illetve speciális esetben több irányban teherviselő szerkezet. A georács kialakítását tekintve lehet egy vagy kéttengelyű (76. ábra), extrudált, ragasztott, hegesztett vagy szőtt.



76. ábra: Kéttengelyű georács kétoldali geotextiliával

8.3.5 Hulladéklerakók aljzat-, és oldalszigetelése

A jogszabályi előírások alapján 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. (20/2006 (IV.5. KvVM rendelet)

Általános követelmények

A hulladéklerakó kialakításának műszaki követelményeit a lerakó kategóriájának megfelelően határozták meg. Az általános követelmények között szerepel:

- a geológiai szigetelőréteggel szembeni követelmények
- a védőtávolság
- a kialakítandó szigetelési rétegrend általános előírásai

A geológiai szigetelőréteggel szemben kapcsolatos követelményeket az 5. táblázat foglalja össze:

Hulladéklerakó kategória	Szivárgási tényező (m/s)	Vastagság (m)
A kategória Inerthulladék-lerakó	$k \leq 1,0 \cdot 10^{-7}$	>1
B1b és B3 kategória Nem veszélyeshulladék-lerakó	$k \leq 1,0 \cdot 10^{-9}$	>1
C kategória Veszélyeshulladék-lerakó	$k \leq 1,0 \cdot 10^{-9}$	>5

5. táblázat: Geológiai szigetelőréteggel kapcsolatos követelmények (20/2006 (IV.5. KvVM rendelet)

Ha az 5. 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 hulladéklerakók elhelyezésénél figyelembe kell venni a lakóterülettől, lakóépülettől, illetve egyéb védendő létesítménytől való távolságot. A védőtávolságot a hulladéklerakó telekhatárától mérve kell megállapítani. A védőtávolság nem lehet kevesebb:

- A kategóriájú inerthulladék-lerakó ≥ 300 m
- B1b és B3 kategóriájú nem veszélyeshulladék-lerakó ≥ 500 m
- C kategóriájú veszélyeshulladék-lerakó ≥ 1000 m

A kialakítandó aljzat-, és oldalszigetelési rétegrend egyes elemeivel kapcsolatos előírások a 6. táblázat találhatóak:

	A kategória	B1b alkategória	B3 alkategória	C kategória
Mesterséges szigetelőréteg	nem előírt	előírt	előírt	előírt
Geofizikai monitoringrendszer	nem előírt	nem előírt	előírt	előírt
Szivárgóréteg	nem előírt	előírt	előírt	előírt

6. táblázat: Aljzat-, és oldalszigetelési rétegrend egyes elemeivel kapcsolatos előírások (20/2006 (IV.5.) KvVM rendelet)

„A” típusú hulladéklerakók szigetelőrendszere

Az „A” típusú, inert hulladéklerakók műszaki védelmének kialakítása a legegyszerűbb. A lerakó alatt >1 m vastagságú geológiai szigetelőréteget kell beépíteni. Amennyiben a természetes geológiai szigetelő réteg nem áll rendelkezésre, úgy ezzel egyenértékű szivárgási tényezőjű ($k \leq 1 \times 10^{-7}$ m/s), minimum 0,5 méter vastagságú kiegészítő épített ásványi anyagú szigetelő réteg kialakítása szükséges, amely természetes és/vagy mesterségesen előállított anyagokból egyaránt kialakítható. A lerakó fenékszintje és a felszín alatti víz szintjének maximuma között pedig legalább 1 méter távolságot kell tartani.

„B” típusú hulladéklerakók szigetelőrendszere

A „B” típusú hulladéklerakóknál a B1b és a B3 lerakó műszaki védelme között két apróbb eltérés tapasztalható. Az első a szigetelő rétegben, ahol B1b lerakó esetében nem kötelező a legalább 2,5 mm vastagságú geomembrán beépítése, hanem azzal egyenértékű más szigetelő anyaggal is kiváltható. A másik a geofizikai szenzorrendszer, amelynek beépítése a B1b lerakóknál nem előírás.

A „B” típusú lerakó alatt >1 m vastagságú, $k \leq 1 \times 10^{-9}$ m/s szivárgási tényezőjű geológiai szigetelőréteget kell beépíteni. Amennyiben a természetes geológiai szigetelő réteg nem áll rendelkezésre, úgy ezzel egyenértékű szivárgási tényezőjű, minimum 0,5 méter vastagságú kiegészítő épített ásványi anyagú szigetelő réteg kialakítása szükséges, amely természetes és/vagy mesterségesen előállított anyagokból egyaránt kialakítható. A lerakó fenékszintje és a felszín alatti víz szintjének maximuma között itt is legalább 1 méter távolságot kell tartani.

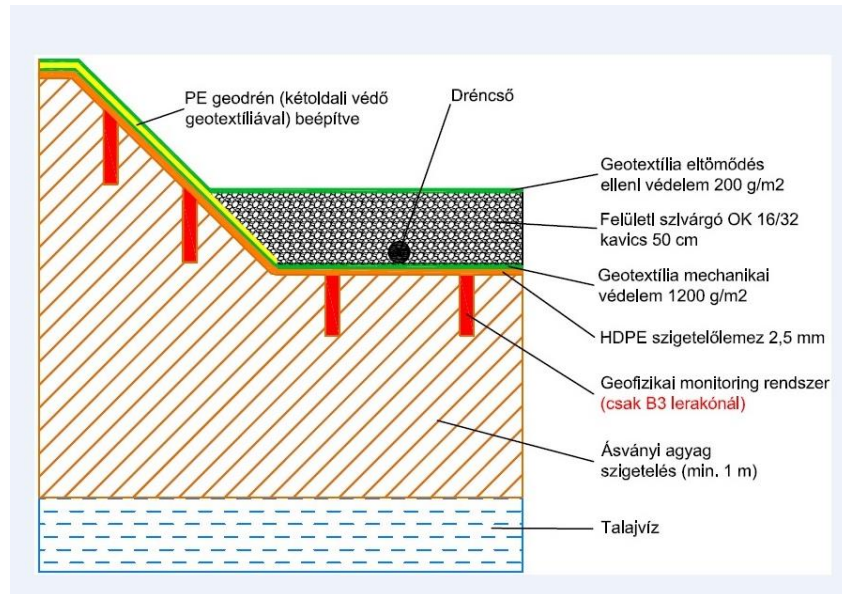
A geomembrán épségét ellenőrző geofizikai monitoring rendszer beépítése csak a B3 típusú lerakónál előírás. A geofizikai monitoring rendszert 1x1 méteres hálóban telepítik a geológiai szigetelőrendszerbe tűzött érzékelőkkel. A rendszer a talaj ellenállásának változását méri. Nedvesség hatására a talaj ellenállása megváltozik, amit nagy valószínűséggel a fólián átjutó csurgalékvíz okoz.

A szigetelőréteg következő eleme a $\geq 2,5$ mm vastagságú geomembrán (általában HDPE fólia), amelyet a B1b lerakónál más egyenértékű szigetelőanyaggal is ki lehet váltani. A geomembrán mechanikai védelméről az 1000-1200 g/m² sűrűségű geotextília gondoskodik.

A szivárgó réteg két részből áll, a csurgalékvíz gyűjtő és elvezető rétegből, illetve a szűrő-védő rétegből. A csurgalékvíz gyűjtő és elvezető rétegben kerülnek elhelyezésre a dréncsövek és a kavics szivárgóréteg. A szivárgót $k \geq 10^{-3}$ m/s szivárgási tényező értékkel bíró, 16/32 szemcseméretű, gömbölyded szemcsealakú kavics alkotja. A szűrőrétegbe pedig 200-250

g/m^2 sűrűségű geotextíliát használnak. A szivárgó réteg előírt vastagsága 0,5 m, amely a tervező által számításokkal alátámasztott méretezéssel legfeljebb 0,3 m-re csökkenthető. A lerakók aljzat és oldal szigetelési rétegrendje megegyezik. Anyagát tekintve eltérés az oldalszigetelés szivárgó rétegében van, ahol egyrészt nem kell drén csöveket fektetni, másrészt a kavics helyett geodrén alkalmaznak.

A „B” típusú hulladéklerakók műszaki védelmének rétegrendjét a 77. ábra mutatja.



77. ábra: B1b és B3 típusú lerakó aljzat-, és oldalszigetelési rétegrendje

„C” típusú hulladéklerakók szigetelőrendszere

A „C” típusú veszélyes hulladéklerakó műszaki védelme a legösszetettebb. A lerakó alatt >5 m vastagságú, $k \leq 1 \times 10^{-9}$ m/s szivárgási tényezőjű geológiai szigetelőrétegnek kell lenni. A lerakó szigetelő rendszerének fenékszintje és a felszín alatti víz szintjének maximuma között legalább 1 méter távolságot kell tartani.

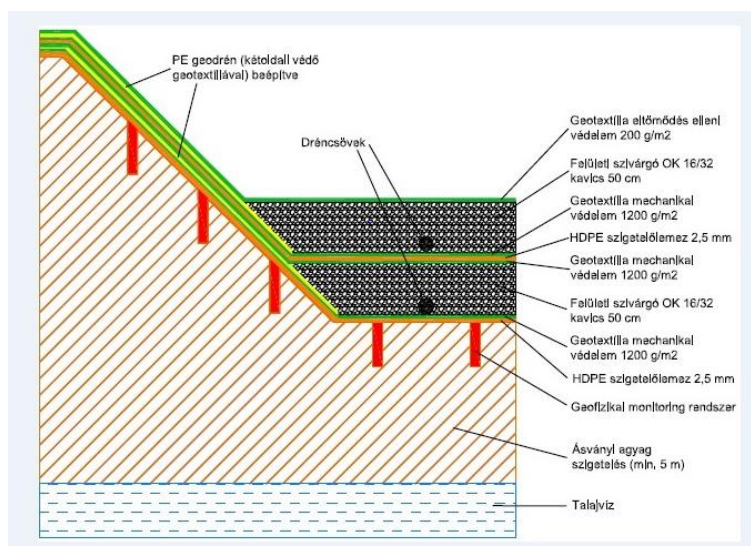
A rétegrend a geofizikai monitoring rendszer beépítésével folytatódik. A szigetelőréteg a „C” típusú lerakónál két komplex rétegből áll össze. Első eleme a $\geq 2,5$ mm vastagságú geomembrán (általában HDPE fólia). A geomembrán mechanikai védelméről az 1000-1200 g/m^2 sűrűségű geotextília gondoskodik. Ezt követi az alsó szivárgóréteg, amely kettős célt szolgál, az első a szigetelőrendszer meghibásodását jelző ellenőrzési funkció, a második a gyűjtő-elvezető funkció. A réteg kialakítható kavicsból, vagy megfelelő hidraulikai számításokkal igazoltan geodrén is beépíthető.

Ezt követi a második szigetelőréteg, amely szintén $\geq 2,5$ mm vastagságú geomembránból és az 1000-1200 g/m^2 sűrűségű geotextíliából áll.

Erre épül két részből álló a felső szivárgó réteg. A csurgalékvíz gyűjtő és elvezető rétegben kerülnek elhelyezésre a dréncövek és a kavics szivárgóréteg, a szűrőrétegbe pedig 200-250 g/m^2 sűrűségű geotextília. A szivárgó réteg előírt vastagsága 0,5 m, amely a tervező által

számításokkal alátámasztott méretezéssel legfeljebb 0,3 m-re csökkenthető. A lerakók aljzat és oldal szigetelési rétegrendje megegyezik. Anyagát tekintve eltérés az oldalszigetelés szivárgó rétegében van, ahol egyrészt nem kell drén csöveket fektetni, másrészt a kavics helyett geodrén alkalmaznak.

A „C” típusú hulladéklerakók műszaki védelmének rétegrendjét a 78. ábra mutatja.



78. ábra: C típusú lerakó aljzat-, és oldalszigetelési rétegrendje

8.3.6 Csurgalékvíz gyűjtőrendszer kialakítása

A lehulló csapadék, valamint a hulladéklerakóban lejátszódó biológiai, kémiai és fizikai folyamatok következtében keletkező folyadék a lerakott hulladékon átszivárog, amely során fellépő kilúgozódás következtében csurgalékvíz keletkezik. Csurgalékvíz: a lerakott hulladéktesten átszivárgó, illetve az ott keletkező minden olyan folyadék, amely a hulladéklerakóban marad, vagy amelyet a hulladéklerakó kibocsát; (20/2006 (IV.5.) KVM rendelet)

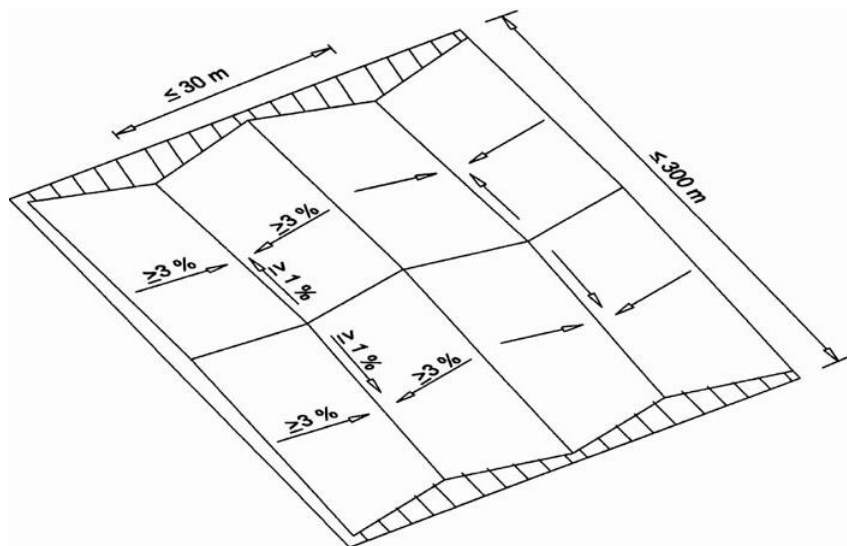
A csurgalékvíz minősége elsősorban a hulladéklerakóban lerakott hulladék minőségétől és összetételétől függ. A minőségre hatással van az üzemeltetési mód (a hulladék tömörítése, a lerakó takarása, stb.) is.

A csurgalékvíz gyűjtőrendszer kialakítása a lerakó üzemeltetése, a lerakóban lejátszódó bomlási folyamatok elősegítése és optimalizálása, a keletkező csurgalékvizek elvezetése, biztonságos tárolása és kezelése miatt szükséges.

A lerakó aljzatát úgy kell kialakítani, a csurgalékvíz elvezetéséhez szükséges lejtési viszonyok rendelkezésre álljanak. Az így kialakított aljzat a 79. ábra látható depóniatükör. A lejtési viszonyokra a gyakorlatban általánosan a következő méreteket alkalmazzák:

- A keresztirányú esés: $\leq 3\%$
- A hosszirányú esés: 1-2%
- A gyűjtőakna távolság

- hosszirányban: max. 300 m.
- keresztirányban: 30-50 m



79. ábra: Depóniatükör a jellemző méretekkel
(Szabó Imre 1999)

A csurgalékvíz elvezető és kezelő rendszer főbb elemei:

- Szivárgó réteg
- Csurgalékvíz gyűjtő és átemelő aknák
- Csurgalékvíz főgyűjtő csatorna
- Csurgalékvíz tározó medence
- Csurgalékvíz visszalocsoló rendszer
- Csurgalékvíz tisztító rendszer

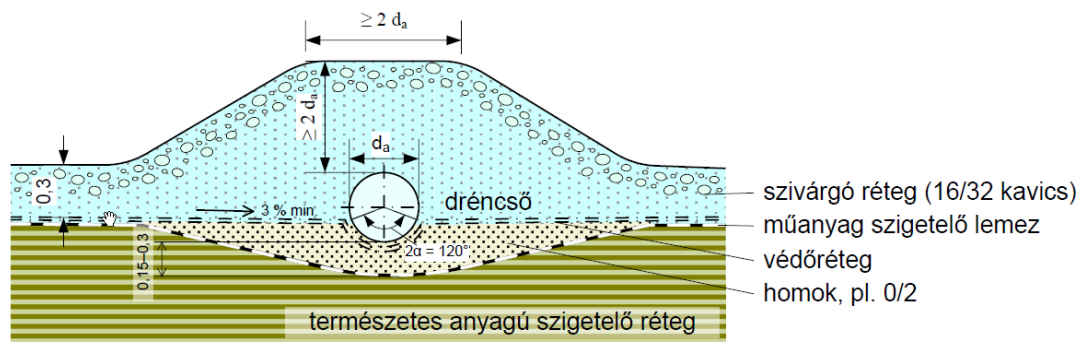
A szivárgó réteggel már a lerakók aljzat és oldal szigetelési rendszerének bemutatásánál foglalkoztunk. A főbb paramétereit összefoglalva:

- vastagsága általában 0,5 méter, amely indokolt esetben legfeljebb 0,3 méter vastagságra csökkenthető.
- a csurgalékvízgyűjtő réteget $k \geq 10^{-3}$ m/s szivárgási tényező értékkel bíró, 16/32 szemcseméretű, gömbölyded (koptatott) szemcsealakú, max. 10-20% mésztartalmú anyaggal kell kialakítani.
- a szivárgó rendszernek (szivárgópaplan) legalább két rétegből kell állnia.
 - csurgalékvízgyűjtő és elvezető rendszer,
 - szűrő-védő réteg

A szivárgóréteget - akár természetes, akár mesterséges anyagú - méretezni kell. A csurgalékvízgyűjtő rendszert úgy kell méretezni, hogy a csurgalékvíz felszíne mindig a szivárgórétegen belül maradjon, nem emelkedhet fel a hulladék réteg szintjéig.

„C” kategóriájú hulladéklerakó esetében két szivárgóréteget kell kialakítani. Az alsó szivárgóréteg a két szigetelő geomembrán lemez (fólia) közé kerül. Ennek feladata elsősorban az ellenőrzési funkció a szigetelőrendszer meghibásodásának jelzése, másodsorban pedig az esetlegesen átszivárgó csurgalékvíz gyűjtése, elvezetése.

A szivárgó rétegen belül kerülnek elhelyezésre a dréncsövek, amelyek a szivárgóréteg által elvezetett csurgalékvizet gyűjtik össze és vezetik el a gyűjtőaknába. A dréncsöveket szintén méretezni kell, a gyakorlatban alkalmazott szokásos átmérőjük 200-300 mm. A csövek alsó harmada ($\alpha=120^\circ$) zárt köpenyű (a bejutott csurgalékvíz elvezetésére), a többi része lyuggatott a csurgalékvíz bevezetése miatt. A dréncsöveket az 80. ábra látható módon szivárgó bordákban helyezik el. A borda kialakításánál ügyelni kell arra, hogy a szivárgóréteg (kavics réteg) drén feletti vastagsága és a koronájának (felső síkjának) szélessége minimum a cső átmérőjének kétszerese legyen.



80. ábra: Dréncső elhelyezése
(Környezetmérnöki Tudástár Hulladékgazdálkodás 12. kötet Csőke Barnabás (szerk.), 2011)

A csurgalékvíz gyűjtő aknák szerepe, hogy a szennyezett vizet, a csurgalékvíz főgyűjtőjébe vezessék. A csurgalékvíz gyűjtő aknáknak két változata van (1) gravitációs akna és (2) átemelő akna. A gravitációs aknánál a víz a lejtési viszonyokat kihasználva gravitációs úton jut a főgyűjtőbe, míg az átemelő aknánál a lejtési viszonyok miatt a csurgalékvizet átemelő szivattyúval kell a főgyűjtőbe juttatni. Üzemeltetési és üzembiztonsági szempontból a gravitációs akna a kedvezőbb megoldás.

Az aknába való bekötéseknél (drén, főgyűjtő) ügyelni kell arra, hogy gravitációs aknánál a drén (lerakó) bekötési magassága nagyobb, mint a főgyűjtő bekötési magassága, míg átemelő aknánál a drén (lerakó) bekötési magassága kisebb, mint a főgyűjtő bekötési magassága. Az átemelő aknában a csurgalékvizet átemelő szivattyúknál is be kell állítani a működési szinteket:

- bekapcsolási szint – a szivattyú működésbe lép
- kikapcsolási szint - a szivattyú kikapcsol
- alsó és felső vépszint – amennyiben a csurgalékvíz szintje a szivattyú hibája, vagy hibás működése következtében eléri a beállított alsó, vagy felső vépszintet a rendszer automatikus vészjelzést küld az üzemeltetőnek.

A csurgalékvíz főgyűjtő csatorna a csurgalékvíz gyűjtő aknákat köti össze és a csurgalékvizet a csurgalékvíz medencébe vezeti. A főgyűjtő csövek anyaga KPE, átmérője általában 200-300 mm.

Az összegyűjtött csurgalékvizet a csurgalékvíz medencébe tárolják, párologtatják, innét locsolják vissza a lerakóra, vagy vezetik a víztisztító műtárgyba, vagy szippantással szállítják a szennyvíztisztító telepre. A csurgalékvíz medence kialakítása lehet (1) süllyesztett és (2) kiemelt. A süllyesztett medence tároló része a talajszint alatt helyezkedik el, a medence pereme a talajszinttel van egy síkban. A kiemelt medence a talajszint felett helyezkedik el, általában akkor alkalmazzák, ha a talajvíz miatt a földbesüllyesztés nem lehetséges. Kiemelt medencénél a csurgalékvíz bejuttatására átemelő aknákat kell alkalmazni.

A medencéket a csurgalékvíz talajba jutását megakadályozandó, vízzáró szigeteléssel kell kialakítani. A szigetelés lehet a lerakó aljzatszigeteléséhez használt geomembrán, vagy vízzáró felületű vasbeton.

A csurgalékvíz medencék egyik legfontosabb tervezési szempontja a méretezés. A gyakorlatban sajnos sok lerakónál nagy probléma az alulméretezett medence. A medencének nem csak a keletkező vizet kell befogadnia, hanem pufferolási funkciója is van. A méretezésénél figyelni kell a területre mértékadó éves csapadék mennyiségére, de fel kell készülni a havária helyzetekre is. A pufferolásnál legalább egy éves tartózkodási időt érdemes figyelembe venni.

A csurgalékvíz medencét a balesetek elkerülése végett minden esetben be kell keríteni és a medencébe a kijutást, kikapaszzkodást segítő létrát, illetve kapaszkodó kötelet kell elhelyezni.

A csurgalékvíz a medencéből visszaforgatható a művelés alatt lévő depóniára. Ennek szerepe kettős, egyrészt elősegíti a lerakott szerves hulladékok bomlását. másrészt a visszalocsolás folyamán nagyobb a párolgás intenzitása. A visszalocsoló rendszer részei a (1) csurgalékvíz kitermelő akna az átemelő szivattyúval, a (2) visszalocsoló csővezetékrendszer és a vezetékekre csatlakozó (3) csurgalékvíz visszaforgató hidrások. A lerakó felületre a csurgalékvíz visszalocsolása, a visszaforgató hidrásokra csatlakozó, tűzoltó tömlővel történik.

A csurgalékvíz mennyiségének csökkentése a visszalocsolással csak kismértékben csökkenthető, ezért gondoskodni kell a befogadóba való elszállításáról, vagy tisztításáról.

8.3.7 Depógáz gyűjtőrendszer kialakítása

A vegyes háztartási hulladék jelentős (~ 50%) bomló szerves anyag tartalommal rendelkezik. Az utóbbi időben, köszönhetően a szerves anyagok lerakótól való eltérítésére vonatkozó előírásoknak a lerakott hulladékban ez az arány csökkenő tendenciát mutat. Egyes lerakóknál, ahol a zöldhulladék komposztálása, illetve a hulladék mechanikai-biológia kezelés utáni lerakása valósul meg a bomlós szerves anyag tartalom minimalizálódik.

A depógáz a szerves hulladék anaerob bomlásának eredményeként keletkezik. A depógáz keletkezését több tényező együttesen befolyásolja.

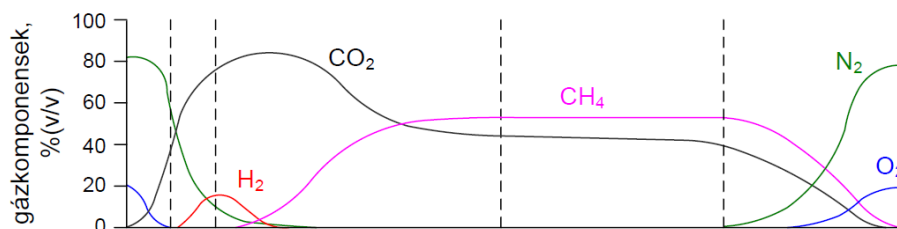
- a lerakott hulladék tulajdonságai
 - szerves anyag tartalma
 - nedvességtartalma
 - homogenitása
- a lerakó művelési módja,
 - tömörítettsége (csapadék és oxigén bejutása)
 - a hulladékréteg vastagsága
- a lerakó kialakítása
- a lehulló és a bejutó csapadék mennyisége
- oxigén jelenléte (bejutása, vagy hiánya)
- mikroorganizmusok tevékenysége.

A hulladék lebomlása általában igen hosszú időt igényel, a deponált anyagok reakcióideje 150 év is lehet. A szerves bomlás a lerakást követően szinte azonnal megindul. A frissen lerakott hulladék az első időszakban még érintkezik oxigénnel, tehát a bomlás aerob körülmények között kezdődik. A későbbi időszakban a hulladékréteg vastagságának növekedése, a napi takarás, illetve a hulladék tömörítése az alsóbb rétegeket elzárja az oxigéntől, itt már anaerob bomlási folyamatok zajlanak.

A bomlási folyamatot öt jellemző szakaszra osztják (Szabó I, 1999):

- aerob fázis
- anaerob lebomlás kezdeti szakasza
- második közbülső anaerob fázis
- metánképző fázis
- lecsengő fázis

Az első az aerob szakasz, ekkor jellemzően nitrogén (N_2), széndioxid (CO_2) és csökkenő mértékben oxigén (O_2) van jelen. A második és a harmadik fázis az anaerob szakasz első része. A II. szakaszban az N_2 keletkezése hirtelen lecsökken, a CO_2 keletkezése emelkedik és megjelenik a hidrogén (H_2) is. A III. szakaszban megkezdődik a metán (CH_4) termelődése, azzal párhuzamosan a CO_2 és a H_2 keletkezése csökken, ez utóbbi meg is szűnik. A IV. metánképző szakaszban a fő gázösszetevő a CH_4 . Az utolsó V. fázisban a CH_4 és a CO_2 keletkezése közelít a nullához, míg a N_2 és az O_2 újra megjelenik és emelkedésnek indul. A 81. ábra mutatja be a bomlás fázisait és a jellemző gázösszetételeket.



81. ábra: Depógáz összetétele a keletkezés fázisaiban
(Környezetmérnöki Tudástár Hulladékgazdálkodás 12. kötet Csőke Barnabás (szerk), 2011)

A hulladéklerakóban képződő gázokat folyamatosan ellenőrizni és kezelni kell. A gázellenőrző és mentesítő rendszer lehet (1) aktív vagy (2) passzív.

Passzív rendszerben a lerakóban levő természetes gáznyomás a mozgás hajtóereje, amelynek következtében a gáz kijut a hulladéklerakóból. A passzív rendszer csak korlátozott védelmet nyújt, a gáz a levegőbe kerül, a gázmozgás előre megjósolhatatlan, befolyásolni nem, vagy igen korlátozott mértékben lehet. A műszaki védelemmel ellátott, új hulladéklerakókon használata nem megengedett. A passzív rendszer alkalmazása a régi lerakók felszámolásával egyre inkább háttérbe szorul és megszűnik.

Az aktív rendszerben a gáz kinyerése irányított, általában mesterséges vákuum segíti elő a gázkiáramlást a lerakóból. A gázgyűjtő rendszer a lerakóban hálózatosan elhelyezett függőleges vagy vízszintes csövekből áll. Az egyes kutakat és csöveket egy fővezeték köti össze, amelynek a végén egy kompresszor van, amellyel létre hozzák a fővezetékben a vákuumot. A vákuum létrejöttével kialakul egy hatásterület, amely a kutakkal behálózott területre terjed ki. A gáz belekerül a (1) kutakba, onnan a (2) gyűjtő vezetékbe, (3) fővezetékbe, az (4) ellenőrző és gázkezelő állomásra, majd az (5) energia felhasználó vagy égető berendezésekbe.

Régi lerakók esetében, ahol korábban nem épült gázgyűjtő rendszer, de a keletkező depógáz mennyisége indokolja a gyűjtés utólag is kiépíthető. A hulladéktestbe függőlegesen befúrnak és alakítják ki a kutakat. Ha a lerakó rendelkezik aljzatszigetelő rendszerrel a sérülésének elkerülése érdekében a fúrásnál legfeljebb 2 m-re közelíthetik meg azt.

Az új B3 kategóriájú hulladéklerakók építésénél a gázgyűjtő rendszer kiépítése kötelező. A lerakó tervezése során a gázgyűjtő rendszer is meg kell tervezni. A kutak megalapozására a szigetelő geomembrán lemez alatt és fölött vasbeton alapot kell építeni. A lemez mechanikai védelméről gondoskodni kell a beton és a lemez közé 1200 g/m²-es geotextília beépítésével.

A kutak telepítése a tervezett szívási teljesítmény (hatásterület) alapján, hálózatos rendszerben. A hatásterület idealizált esetben kör keresztmetszetű, a telepítésnél a köröknek metszeni kell egymást. A gyakorlatban a tervezett hatásterületek 20-25 m átmérőjű körök, tehát a kutakat ~40 m-enként kell telepíteni. A fals levegő beszívásának elkerülésére a hulladéklerakó peremén megfelelő védőtávolságot kell hagyni. A gázkutak alsó 1,50 m-es szakasza perforálatlan cső (megakadályozandó hogy a kút, csurgalékvizet szívjon), e fölött azonos átmérőjű perforált KPE cső. A csövet induláskor védőcsőbe, általában beton

kútgyűrűkben helyezik el. A gyűrű és a cső közötti részt szűrőanyaggal (32/64 zúzottkő) töltik ki. A hulladéklerakó művelésekor a védőcső az úgynevezett húzócső lesz, amelynek anyaga acél, átmérője 0,9-1 m (maximum 1,3 m), és mintegy 2,00 métert áll ki a hulladéktestből, felső végét toklezáró idom zárja. A kút gázcsövét toldani a húzócsövet pedig emelni kell, amikor a hulladék 50 cm-re megközelíti a húzócső végét. A perforált csőszakasz beépítését a feltöltési szint alatt 1,00 méterrel be kell fejezni. A perforált szakaszt zárt csővéggel kell ellátni és meg kell építeni a zárószigetelésen áthaladó, kútat lezáró kútfej aknát.

A kutak kialakítása a gáz elvezetése szerint lehet (1) alsó elszívású és (2) felső elszívású. Alsó elszívású rendszerben a kutakat alul kötik össze a zárt gyűjtő csövekkel, amelyeken vákuummal szívják el a gázt. A gázból kiváló kondenzvíz kivezetését a gyűjtőrendszerből a szivárgó rétegbe (bordába) kötött csövekkel biztosítják. A gyakorlatban korábban ezt a megoldást alkalmazták, de a kutak üzemeltetési problémái (főleg a kutak eliszapolódása) miatt mára háttérbe szorult.

Felső elszívású rendszerben a feltöltési szint elérése után az összekötést kutak felső végén alakítják ki. A rendszer hátránya, hogy a keletkező gázt csak a feltöltési szint elérése után lehet összegyűjteni, így a művelési időszakban keletkező gáz a lerakóból kidiffundál és a levegőbe kerül. Ennek ellensúlyozására fejlesztették ki a veszített csöves eljárást. Ennek lényege, hogy amikor a lerakott hulladékvastagsága egy bizonyos szintet elér (minimum 8 - 10 m), akkor a kutakat összekötik és kialakítanak egy gyűjtő hálózatot. A lerakó további művelése során ez a hálózat a következő hulladékrétegek alá kerül, a beépített csövek „elvesznek”, de a gáz gyűjtése az üzemelés alatt is megoldott. A feltöltési szint elérése után kiépíthető a felső elszívású rendszer.

A gyűjtőrendszerből a gáz a gázfogadó állomásra kerül, ahol az összegyűjtött gázt a kezelés előtt a felhasználás függvényében sűrítik, tisztítják, kéntelenítik, CO₂ mentesítik, esetleg pufferelek.

A gáz kezelésének legelterjedtebb módja az elfáklyázás, amely során egyszerűen elégetik a lerakóban keletkező gázokat. Az elfáklyázást akkor alkalmazzák, ha a keletkező gáz a hasznosításhoz nem elegendő mennyiségű, vagy a hasznosítás mellett biztonsági kiegészítésként (pl. üzemzavar).

A hasznosítás lehet (1) energetikai hasznosítás (áram és hőtermelés), (2) földgázhálózatba való betáplálás, (3) motorok üzemanyagaként való felhasználás.

A keletkező gáz mennyiségének függvényében energetikai hasznosításra alapvetően két lehetőség kínálkozik:

- gáz-mikroturbinák 30 kW teljesítménytől
- gázmotorok 150 kW teljesítménytől

A hulladéklerakókon a keletkező depógáz mennyisége alapján leginkább gázmotorokat használnak. A depógázt a gázmotorral elégetik és elsősorban villamos, másodsorban hőenergiát nyernek. A gázmotorok villamos hatásfoka 30-40%. Az előállított villamos energia

mellett 45-55% hőenergiát is termelnek. A megtermelt hő 90-95 °C hőmérsékletű. A villamos energiát fel lehet használni saját célokra, vagy a villamos hálózatba lehet táplálni. A hő felhasználása – tekintettel a lerakók egyéb létesítményektől való nagy távolságára – sok esetben nem megoldható.

A depógáz földgázhálózatba való betáplálásának szigorú minőségi és felelősségi követelményei vannak. A betáplálás előtt el kell távolítani a gázfelhasználásra káros összetevőket: CO₂, kénhidrogének, vízgőz.

A depógáz motorüzemanyagként való hasznosítására már több kezdeményezés van. Ehhez azonban a járművek motorjait is át kell alakítani. További problémát jelentenek a gáz tisztításának és a tankoláshoz szükséges berendezések telepítésének magas költségei, illetve a depógázt használó motorok élettartamának csökkenése is.

8.3.8 Monitoring rendszer kialakítása

A hulladéklerakón a biztonságos működtetésükhöz, illetve az esetleges károkozás megelőzésére monitoring (megfigyelő) rendszert kell kiépíteni. A monitoring rendszer elemei:

- A szigetelő rendszer (geomembrán) épségének ellenőrzése
- meteorológiai adatok gyűjtése
- csapadékvíz, a csurgalékvíz, és a felszíni víz ellenőrzése
- a felszín alatti víz ellenőrzése
- hulladéklerakó-gáz ellenőrzése
- mechanikai változások ellenőrzése
- a lerakott települési hulladék biológiailag lebomló szervesanyag-mennyiségének ellenőrzése

Szigetelő rendszer (geomembrán) épségének ellenőrzése

A szigetelőrendszer vízzáróságának ellenőrzésére a lerakó építése során a geomembrán alá geofizikai szenzorrendszert kell telepíteni. A rendszer a talaj vezetőképességének változását figyeli.

Meteorológiai adatok gyűjtése

A gyűjtendő adatok a következők: csapadék mennyisége, hőmérséklet, szélirány és szélerő, párolgás, légköri páratartalom. Az adatok gyűjtésére vonatkozó előírásokat jogszabály, illetve a Hatóság által kiadott egységes környezetvédelmi engedély tartalmazza.

Az adatokat gyűjtéséhez a hulladéklerakón meteorológiai mérőállomás létesítése szükséges. Az új építésű hulladéklerakókon a mérőállomások telepítése a beruházás része. Amennyiben a lerakón nincs mérőállomás, akkor az adatokat a nemzeti meteorológiai hálózattól (OMSZ) kell beszerezni.

Csapadékvíz, a csurgalékvíz, és a felszíni víz ellenőrzése

A vizsgálandó paramétereket a lerakott hulladék összetétele és a hulladéklerakó helyének hidrogeológiai tulajdonságai alapján a Felügyelőség határozatban állapítja meg.

Felszín alatti víz ellenőrzése

A talajvíz ellenőrzése talajvízfigyelő (monitoring) kutak építésével végezhető. A megfigyelésre minimum három kutat kell létesíteni. A kutakat a felszín alatti vízáramlás irányának figyelembevételével kell elhelyezni. A felszín alatti vízáramlás szempontjából a hulladéklerakó feletti területen legalább egy kutat (báziskút), és áramlási irányba a lerakó alatt legalább két kutat (fogókút) kell telepíteni. A báziskútban lévő minta alapján – itt nem érvényesül a lerakó hatása – meghatározhatók a területre jellemző referenciaértékek. A hulladéklerakó alatti fogó kutakban vett minták mutathatják a lerakóból származó esetleges szennyezéseket. A báziskútból vett referencia minta adatait és a fogó kutak adatait összehasonlítva megállapítható, vagy kizárható a lerakó szennyező hatása.

A mintavétel gyakoriságát és a vizsgálandó paramétereket a Felügyelőség határozatban állapítja meg.

Hulladéklerakó-gáz ellenőrzése

A lerakóban keletkező gáz összetételét a kialakított mintavételező pontokon a Felügyelőség határozatban előírt gyakorisággal mérni kell. A mérésnek legalább a CH₄-, a CO₂- és az O₂-emisszióra kell kiterjedni, a többi gáz esetében az emisszióvizsgálat szükségességét, gyakoriságát a lerakott hulladék összetétele függvényében kell megállapítani.

Mechanikai változások ellenőrzése

A lerakott hulladék térfogata elsősorban a benne zajló biológiai folyamatok hatására változik. A hulladék felszínének változását (süllyedését) méréssel kell ellenőrizni, amelyhez süllyedésmérő pont-hálózat kiépítése szükséges. A méréssel meghatározható a lerakott hulladék mennyisége, a lerakott hulladék tömörítésének hatékonysága (t/m³ arány), a rendelkezésre álló szabad kapacitás.

A lerakott települési hulladék biológiailag lebomló szervesanyag-mennyiségének ellenőrzése

A hulladék biológiailag lebomló szervesanyag-mennyiségének ellenőrzése érdekében negyedévente, a nemzeti szabványban meghatározottak szerint, hulladék összetétel vizsgálatot kell végezni.

8.3.9 Kisegítő létesítmények

A hulladéklerakó üzemeltetéséhez gondoskodni kell az elektromos energiaellátásról, a térvilágításról, a vízellátásról, továbbá a kommunális szennyvíz elvezetéséről és kezeléséről. Emellett kisegítő épületek, építmények és berendezések telepítése is szükséges. Kiegészítő épületek lehetnek az ügyviteli és a szociális funkciók ellátására alkalmas szociális és

irodaépület, a mérlegház, a gépek tárolására alkalmas gépszín, kompaktor tároló esetleg műhely.

A hulladéklerakóba beszállított hulladék tömegének meghatározására a hulladéklerakón hídmérleget kell üzemeltetni. A beérkező hulladék nyomon követésére a hulladéklerakó bejáratától a hídmérlegig kamerarendszert is telepíteni kell.

További építmények lehetnek: a kerékmosó műtárgy (a gépjárművek hulladékkal érintkező kerekeinek fertőtlenítő mosására), a gépjárműmosó, üzemanyagtöltő állomás, a csapadékvizek távoltartására szolgáló övárkok, a vízelvezető árkok, csapadékvíz tározók, csapadékvíz szikkasztók, olajfogó műtárgyak.

A telep megközelítésére és a belső közlekedésre, valamint tárolásra szolgáló építmények a bekötő és belső üzemi utak, kompaktor út, szerviz utak térburkolatok, parkolók.

A hulladék szél általi széthordásának megakadályozására a hulladéklerakó területét be kell keríteni, a kerítés mellett véderdőt kell telepíteni, illetve a művelés alatti nyitott hulladékfelület mellett mobil hulladékfogó hálókat kell elhelyezni.

8.3.10 Hulladéklerakók gépei

A beszállított hulladék kezelésre, a lerakóban való elrendezésére, tömörítésére, a hulladék napi takarására és az egyéb művelésből eredő feladatok ellátásához munkagépek alkalmazása szükséges. A hulladéklerakón leggyakrabban alkalmazott gépek:

- kompaktor
- dózer
- homlokrakodó
- földszállító teherautó

A kompaktor feladata a hulladék roncsolása, aprítása (pl. nagydarabos lomok) és tömörítése. Ezt a nagy súlyából (26 – 42 tonna) eredő magas talpnyomásával (~ 2000 kPa – 20 bar) és az acél köpenyes kerekeken lévő körmök (fogak) segítségével végzi. A körmök kialakítása a művelési cél függvényében (maximális tömörítés, darabolás stb.) változik. A leggyakoribb köröm típusok:

- Kereszt típusú: ezzel érhető el a legnagyobb tömörség a hulladékban
- Öntisztító daraboló keréktípus: az alakja a maximális tömörség elérését és kapaszkodóképességet szolgálja
- Hegesztett fogú kerék: ott alkalmazzák, ahol a maximális vonóerő elérése a cél



82. ábra: Kompaktor

A dózer feladata a művelés kezdetekor a hulladék elegyengetése. „tömörítése”, a rendszeres művelésben a hulladék elegyengetése, megfelelő rétegvastagság kialakítása, a kompaktor „aládolgozás”.

A rakodó és szállító gépek feladata a művelés során szükséges rakodási, szállítási feladatok és földmunkák: takaró föld kinyerése, szállítása, gátak, töltések építése karbantartási feladatok (utak, övarkok stb.) végzése.

A lerakón kiegészítő gépekként használnak még forgókotrót, árokásót, illetve a pormentesítést, takarítást, hó és síkosság mentesítést végző kommunális gépjárműveket, fűnyíró traktorokat.

8.4 Üzemeltetés

8.4.1 Az üzemeltetés megkezdése előtti teendők

Szabályzatok, tervek készítése

A lerakó működtetésének megkezdése előtt az üzemeltetőnek el kell készítenie az üzemeltetés végzéséhez szükséges szabályzatokat. Ezek a következők:

- Üzemeltetési terv (szabályzat)
- Kárelhárítási terv
- Tűzvédelmi szabályzat
- Munkavédelmi szabályzat

Üzemeltetési terv

A hulladéklerakó üzemeltetésére üzemeltetési tervet kell készíteni, amelyet a Felügyelőségre jóváhagyásra be kell nyújtani. A lerakó üzemeltetését csak a Hatóság által elfogadott üzemeltetési terv alapján lehet megkezdni és végezni. Jogsabályi előírás szerint az üzemeltetési terv minimális tartalma a következő (20/2006 (IV.5.) KvVM rendelet):

- a hulladék átvételi szabályait és nyilvántartásának rendjét;
- a hulladéklerakás technológiai rendjét;

- a hulladéklerakó-gáz, a csurgalékvíz, a kommunális szennyvíz és a szennyvíziszap, valamint a csapadékvíz kezelésének rendjét;
- a biztonsági létesítmények és intézkedések ellenőrzésének, valamint a környezeti monitoringrendszer üzemeltetésének és az észlelt adatok nyilvántartásának rendjét;
- a hulladéklerakó üzemeltetéséhez szükséges létszámot és eszközöket.

A Felügyelőségre beadandó üzemeltetési tervhez csatolni kell a kárelhárítási tervet és a tűzvédelmi szabályzatot is.

Kárelhárítási terv

A kárelhárítási tervnek tartalmaznia kell az esetleges üzemzavarokból, továbbá a rendkívüli külső hatásokból eredő környezetszennyezés megelőzéséhez, illetve a bekövetkező károk elhárításához szükséges:

- intézkedéseket,
- a felhasználható anyagokat és felszereléseket,
- a védekezés rendjét
- az értesítendő személyeket, elérésük módját.

Jogszabályi előírás alapján a kárelhárítási terv fő részei (21/1999. (VII. 22.) KHVM-KöM):

- A telep kialakítására, tevékenységére vonatkozó műszaki leírások
- Kapcsolódó dokumentumok (pl. kárelhárítási napló, hatósági ellenőrzések jegyzőkönyvei stb.)
- A kárelhárítási terv tartalma
 - Együttműködési terv
 - Lokalizációs terv
 - Kárelhárítási műveleti terv
 - Kárelhárítási anyagok és eszközök meghatározása

Tűzvédelmi szabályzat

A hulladéklerakó tűzvédelmi szabályzatát a hatályos jogszabályoknak megfelelően kell elkészíteni és ezt az érdekeltek tudomására hozni. A hulladéklerakón tűzriadó tervet kell készíteni, amit a munkavállalók oktatásakor ismertetni kell és egy példányát, helyszínrajzzal együtt el kell helyezni a telepvezetői irodában.

A hulladéklerakó felülete tűzveszélyes, „C” kategóriába tartozik, de ezen felül a lerakó valamennyi létesítményének tűzvédelmi osztályba sorolása is szükséges.

Munkavédelmi szabályzat (MVSZ)

Az üzemeltető az MVSZ-ben határozza meg a munkahelyre, továbbá a tevékenységre vonatkozó munkavédelmi rendelkezéseket, végrehajtás módját, a vezetők és a beosztott dolgozók munkavédelmi feladatait, valamint a munkavédelmi eljárási szabályokat.

Tartalmaznia kell a védőital osztásának rendjét, az egyéni és kollektív védőeszközök, berendezések listáját, stb. használatát, a mentés, elsősegély-nyújtás rendjét, a mentődoboz használatát, tárolási helyét, tartalmát.

A hulladéklerakó telepvezetőjénél Baleseti Naplót kell vezetni, amelybe a hulladéklerakón keletkezett legkisebb sérülést is be kell jegyezni.

Személyi és tárgyi feltételek biztosítása

A hulladéklerakón a telep szakszerű és biztonságos üzemeltetéséhez megfelelő képzettségű és létszámú személyzetet kell alkalmazni. A hulladéklerakó telep működését közvetlenül irányító vezetőnek felsőfokú műszaki vagy felsőfokú környezetvédelmi végzettséggel kell rendelkeznie. (385/2014 (XII.31.) Kormányrendelet) Az üzemeltetőnek a hulladéklerakó működtetéséhez jogszabályban meghatározott szakképzettséggel rendelkező környezetvédelmi megbízottat kell alkalmazni.

A lerakón alkalmazott személyzet és feladata

- Telepvezető – a lerakó működésének irányítása
- Környezetvédelmi megbízott – a hulladéklerakó környezetvédelmi ügyeinek intézése, dokumentálása (engedélyezések, környezetvédelmi adatszolgáltatások, éves jelentések alapjellemezések, hulladékanalízisek ügyintézése stb.)
- Tértmester – a hulladéklerakón folyó napi feladatok irányítása, gépkezelés
- Gépkezelő(k) – lerakón lévő munkagépek kezelése (kompaktor, dózer, rakodógépek)
- Mérlegkezelő(k) – be és kimenő járművek mérlegelése, forgalmi adatok rögzítése
- Kisegető személyzet – segéd munkák, szálló szemét gyűjtése, árkok, utak karbantartása, takarítás, fűnyírás, telepkarbantartás, hó-, és síkosság mentesítés stb.)
- Őrzés-védelem – a lerakó napi 24 órás védelmi feladatainak ellátása

Az üzemeltetéshez a személyi feltételek mellett a 8.3.10 pontban ismertetett tárgyi feltételeket (munkagépek) is biztosítani kell.

8.4.2 Hulladékok átvétele

Megfelelőségi vizsgálatok

A hulladéklerakókban csak a kiadott egységes környezetvédelmi engedélyükben megadott mennyiségű és EWC kódszámmal azonosított hulladékok rakhatók le. A lerakóba beszállított hulladékok megfelelőségét

- alapjellemezéssel,
- megfelelőségi vizsgálatokkal,
- helyszíni ellenőrző vizsgálatokkal bizonyítani kell.

Az alapjellemezés elkészíttetése a hulladék termelőjének, birtokosának a feladata. Alapjellemezést, a jogszabályban rögzítetteken kívül, minden lerakásra szánt hulladékfajtára el

kell készíteni. Az alapjellemzést csak megfelelő akkreditációval rendelkező szervezet végezheti, aki a vizsgálat eredményeit jegyzőkönyvben rögzíti. A jegyzőkönyv egy példányát a hulladékkezelőnek át kell adni, amit a kezelőnek nyilvántartásba kell venni és ellenőrzéskor be kell mutatni. Az alapjellemzéssel kapcsolatos követelmények lerakó típusonként (A, B, C) eltérnek.

A rendszeresen képző hulladék ellenőrzését, az alapjellemzők és a kritikus paraméterek mért értékeinek jogszabályban előírt határértékekkel való összehasonlítását, az eredmények értékelését megfelelőségi vizsgálattal kell igazolni. A megfelelőségi vizsgálatot évente legalább egyszer el kell végezni.

A hulladéklerakó üzemeltetője a telephelyének beléptető pontján és a lerakás helyén helyszíni ellenőrző vizsgálatot köteles végezni annak megállapítása érdekében, hogy a lerakásra szánt hulladék azonos-e az alapjellemzésben, megfelelőségi vizsgálatban és különösen a veszélyes hulladékokkal kapcsolatos tevékenységek végzésének feltételeiről szóló külön jogszabályban meghatározott kísérő dokumentumokban leírt hulladékkal. A helyszíni ellenőrző vizsgálatok kiterjednek:

- a kísérő dokumentumok ellenőrzésére,
- a hulladékszállítmány szemrevételezéssel történő ellenőrzésére,
- szükség esetén a hulladék átvétele szempontjából lényeges alapjellemzők gyorseszttel történő vizsgálatára.

A vizsgálati eredményeket és a mintákat legalább egy hónapig meg kell őrizni. Amennyiben a lerakásra szánt hulladék vizsgálati eredményei nem felelnek meg a lerakási követelményeknek, akkor a hulladék átvételét meg kell tagadni. Az átvétel megtagadását jegyzőkönyvben kell rögzíteni, amelynek egy példányát a hulladék átadójának, valamint a hulladéklerakó helye szerint illetékes Felügyelőségnek megküldeni.

B3 alkategóriájú hulladéklerakón alapjellemzéshez szükséges vizsgálatok nélkül átvehető az EWC 20-as főcsoportjában felsorolt, vegyesen gyűjtött, nem veszélyes szilárd hulladékok, az EWC 20 01 41 kéménysöprépből származó hulladék kivételével, illetve az inert (A) kategóriájú hulladéklerakóban alapjellemzés nélkül átvehető, jogszabályban felsorolt inert hulladékok.

Hulladékok mérlegelése

A hulladéklerakóba érkező hulladékot minden esetben mérlegelni kell. A mérlegprogramban rögzíteni kell legalább a hulladéklerakóban elhelyezett hulladék mennyiségére, fajtájára, jellegére és típusára, a szállító jármű rendszámára vonatkozó adatokat.

A beérkező hulladék nyomkövetése érdekében a hulladéklerakó területén elektronikus megfigyelő- és beléptető rendszert kell kiépíteni. A megfigyelőrendszernek a hulladéklerakó bejáratától a hídmérlegig tartó útszakaszon folyamatosan, mozgóképfelvétellel rögzíteni kell a hulladék beszállítását, a hulladék hídmérlegen történő mérését, a hídmérlegen áthaladó

gépjármű rendszámát, valamint a gépjármű hulladéklerakóból történő kilépését. A felvételeket 60 napig kell megőrizni.

8.4.3 Hulladékok lerakása, művelési feladatok

A mérlegelés után a hulladék az előkezelő műbe, vagy közvetlen lerakásra kerül. A jogszabályi előírások szerint előkezelés nélküli hulladékot lerakni tilos, azaz hulladék hulladéklerakóban akkor rakható le, ha

- a) a hulladék olyan fizikai, kémiai vagy biológiai előkezelési műveleten ment keresztül, amellyel a hulladék mennyisége vagy környezetre gyakorolt szennyező hatása csökken,
- b) a rendelkezésre álló és gazdaságosan üzemeltethető kezelési technológiával nem tehető hasznos alapanyaggá, valamint
- c) anyagában és energetikailag gazdaságosan nem hasznosítható. (385/2014 (XII.31.) Kormányrendelet) Ennek ellenére Magyarországon sok hulladéklerakónál még nem állnak rendelkezésre az előkezelés valós feltételei, így az előkezelés csupán a hulladék kompaktortal való tömörítését jelenti.

Új hulladéklerakóban, vagy új lerakó kazetta művelésbe vonásakor fokozottan ügyelni kell a hulladéklerakó aljzatszigetelő rendszer sérülésének megelőzésére, a csurgalékvíz szivárgó rendszer eltömődésének, összeroppanásának megakadályozására. Ezek elkerülésére az első 1,5-2 méter vastagságú hulladék réteget tömörítés nélkül kell lerakni, azaz eddig a feltöltési szintig kompaktort a hulladéklerakóra engedni tilos.

A hulladéklerakó művelése a kialakításának megfelelően alapvetően két csoportra bontható:

- völgyfeltöltéses művelés
- dombépítéses művelés

A két művelési módban alkalmazandó folyamatok csak a lerakók műszaki kialakítása miatti sajátosságokban térnek el egymástól.

A *völgyfeltöltéses* lerakók a természetes domborzati viszonyokat kihasználva, általában egy természetes völgyben kerülnek kialakításra. A lerakó feltöltése alulról felfelé megy végbe. A hulladékszállító járművek a lerakó építése során kialakított lejáróút végén ürítenek. Sem a szállítójárművek, sem a dózer nem mehet a hulladékkal fedetlen rétegre. A dózer a hulladékot vékony, 0,3-0,5 m-es rétegekben teríti el. A medencébe, a művelési tervnek megfelelően hulladékból, illetve inert hulladékból megfelelő szilárdságú feltároló utat építenek, amelyen a szállítójárművek a hulladékot a medence belső részeire viszik. Az úttal együtt kialakíthatók ürítési helyek is, ahol több jármű egyidejű ürítése is lehetséges. Völgyfeltöltés esetében létezik olyan megoldás is, amikor a hulladék beszállítása és a lerakó művelése eltérő szinten folyik. A szállító járművek ekkor legalább 3 m-el magasabbról ürítenek. A hulladékot az ürítési helyről mindkét esetben dózerrel terítik szét. A hulladék kompaktoros tömörítése, csak 1,5-2 hulladékvastagság felett kezdődhet meg. Azt követően azonban a dózerrel szétterített 0,3-0,5 m vastag rétegeket a kompaktor többszöri átjárással tömöríti, illetve a kerékaláston lévő fogakkal aprítja, roncsolja. A napi beszállítás végén a lerakott és tömörített

hulladékot vékony takaró réteggel takarni kell. A művelést általában 2,5 – 3 m-es szintosztással végzik.

Dombépítésnél ügyelni kell a rézsűszigetelés védelmére. A hulladékszint emelkedésével együtt az oldalrézsűk szigetelését a mechanikai sérülésektől védeni kell. Erre leggyakrabban használt gumiabroncsokat alkalmaznak, amelyeket a rézsűn szorosan egymás mellé helyeznek el, a köztük lévő hézagokat pedig kitöltik.

A mesterséges dombépítést elsősorban sík területen alkalmazzák. A lerakó alapmedencéjét szorítótöltések (gátak) között alakítják ki. A lerakó művelésének indítása, az első hulladékértégek kezelése, a völgyfeltöltésnél bemutatottak szerint történik. A művelést általában itt is 3 m körüli szintosztással végzik, azaz a domb emelése ebben a rétegvastagságban történik. Lényeges művelési különbség a domb emelésével együtt jelentkezik. A második szint legtöbbször a gátak koronaszintjénél kezdődik. A hulladék oldalirányú megtámasztására a szorítótöltések emelése szükséges. Az építésnél figyelni kell a megfelelő dőlésszögű és tömörségű, állékony részű építésére. A bejáró utat a domb emelésével együtt kell emelni.

Mindkét művelési módnál jelentkező feladat a gázkutak emelése. A húzócsövet mintegy 2 méterrel meg kell emelni, amikor a hulladék 50 cm-re megközelíti a cső végét. Ezzel együtt a gázcsövet is toldani kell. A perforált csőszakasz beépítését a tervezett feltöltési szint alatt 1 méterrel be kell fejezni, zárt csővéggel kell ellátni és meg kell építeni a záró szigetelésen áthaladó, kutat lezáró kútfej aknát.

A művelés alatt a lerakó vízháztartásának szinten tartására, a szerves bomlási folyamatok elősegítésére, illetve a csurgalékvíz mennyiségének csökkentésére (párolgás) a csurgalékvíz medencében lévő csurgalékvizet száraz időszakban a felületre vissza kell locsolni.

Az előkezelt hulladék tulajdonságaiban jelentősen eltérhet a vegyes települési szilárd hulladéktól. A biológiai stabilizálással előkezelt hulladék, „stabilát” szemcsemérete kicsi (előaprítástól függően < 80 mm), sűrűsége a normál hulladéknál mintegy kétszer nagyobb, de a víztartalma kisebb, a szerves bomlási folyamatok jelentős hányada pedig már lejátszódott, A stabilát tehát aprószemcsés hulladékkal szennyezett komposztszerű (földszerű) anyag. A lerakóban való viselkedése elsősorban a tömörítése, tömöríthetősége és a vízháztartása tekintetében eltérő. A stabilát tömörítésénél nem a kompaktort, vagy sok esetben a vontatott hengert a föld tömörítésére való fogazattal kell ellátni. A csurgalékvizet a stabilátra visszalocsolni nem érdemes, mert a bomláshoz már csak minimális mennyiségre van szükség, amit csapadék fedez, a visszalocsolt csurgalékvíz a stabiláton átfolyik és rövid időn belül újra megjelenik a csurgalékvíz medencében.

8.4.4 A lerakó környezeti hatásainak mérséklése

A hulladéklerakó a működés során hatással van a környezetre. A művelési utasítás betartásával, a gondos üzemeltetéssel ezek a hatások minimalizálhatók, de a lerakó környezetét az üzemeltetés folyamán jelentkező emissziók ellen védeni szükséges. Ezek a következők lehetnek:

- Kibocsátások
 - szálló hulladék,
 - por,
 - bűz,
- Élőlények elleni védelem
 - madarak
 - rágcsálók, rovarok

A szálló hulladék elleni leghatásosabb védekezés a hulladékfogó háló. A hulladékfogó hálónak a lerakó művelés alatt álló felületét kell körülvennie, hogy megakadályozza, illetve csökkentse a könnyű hulladékfrakciók szél általi széthordását. A hulladékfogó hálónak mobilnak, gyorsan telepíthetőnek és megfelelő stabilitásúnak kell lennie.

A lerakón por emisszióval kell számolni, amely elsősorban a lerakási felületen, az ürítésnél, illetve az üzemviteli területen keletkezik. Ez ellen locsolással, valamint az üzemi utak burkolatának rendszeres takarításával lehet védekezni.

A hulladéklerakóban lejátszódó bomlási folyamatok, a lerakóból eltávozó depóniagáz kellemetlen szaghatással jár. A bűzhatás a lerakótól szélirányban 300 – 500 m-re már nem érzékelhető. A depóniagázból származó szaghatás ellen a depóniagáz aktív elszívásával és hasznosításával, vagy elfáklyázásával lehet védekezni.

A hulladéklerakókon a madarak közül a leggyakrabban a sirályok, valamint a varjak fordulnak. Amellett, hogy zavarják a lerakási tevékenységet különböző betegségek hordozói is lehetnek. A madarak ellen a hulladék megfelelő tömörítésével és takarásával lehet védekezni, amely megnehezíti a táplálékhoz való hozzájutásukat.

A rágcsálók, főképpen a patkányok ellen a hulladék aprításával, megfelelő tömörítésével lehet védekezni, amely eltömíti a búvóhelyül szolgáló üregeket, de a leghatékonyabb védekezés a rágcsálók folyamatos irtása.

A hulladéklerakó számos rovar (légy) talál magának optimális életteret. Védekezni ellenük a friss hulladék takarásával és irtásukkal lehet.

8.4.5 Monitoring, nyilvántartás, jelentések

A hulladéklerakó kiépített monitoring rendszerét az üzemeltetés és azt követően az utógondozás időszakában is folyamatosan működtetni kell. A hatósági engedélyekben előírt ellenőrzéseket, mintavételezéseket és méréseket a megadott gyakorisággal az előírt vizsgálati elemek tekintetében el kell végezni. A mintavételezést és a minták elemzését csak akkreditációval rendelkező szervezet végezheti. A kapott eredményeket ki kell értékelni. Amennyiben a kapott értékek meghaladják a (B) szennyezettségi határértéket a szennyezést a Felügyelőségnek és a Vízügyi hatóságnak 8 napon belül be kell jelenteni és az okát a lehető leghamarabb ki kell vizsgálni. A vizsgálat eredménye szerint, amennyiben szükséges műszaki kárelhárítást el kell végezni.

A monitoring rendszer üzemeltetése a lerakó egységes környezethasználati és vízügyi üzemeltetési engedélyeiben előírtaknak megfelelően kiterjedhet:

- a szigetelő rendszer (geomembrán) épségének ellenőrzésére (a lerakó működésének első 3-5 évében)
- meteorológiai adatok gyűjtésére
- csapadékvíz, a csurgalékvíz, és a felszíni víz ellenőrzése
- a felszín alatti víz ellenőrzése
- hulladéklerakó-gáz ellenőrzése
- mechanikai változások ellenőrzése
- a lerakott települési hulladék biológiailag lebomló szervesanyag-mennyiségének ellenőrzése

A lerakó üzemeltetőjének a tevékenységével kapcsolatban nyilvántartásokat kel vezetni. A nyilvántartások kiterjednek a beszállított hulladékokkal kapcsolatos adatokra, az alapjellemzésekre, valamint a megfelelési vizsgálatok jegyzőkönyveire, az engedélyeiben előírt ellenőrzésekre és megfigyelésre, valamint az üzemeltetési tervben foglaltak betartására és ezen tevékenységek jegyzőkönyveire és egyéb dokumentumaira.

Naprakész nyilvántartást kell vezetni a beszállított lerakási járulék köteles hulladékokról. A nyilvántartásnak tartalmazni kell a járulékfizetés alapjára és a megfizetett járulék összegére, valamint a hulladéklerakóban elhelyezett hulladék mennyiségére, fajtájára, jellegére és típusára vonatkozó adatokat.

A hulladéklerakó működéséről éves beszámolót kell készíteni, amit minden év április 30-ig a Felügyelőségre be kell nyújtani. Az éves beszámolónak tartalmazni kell a monitoring rendszer működtetésével kapcsolatos ellenőrzések és vizsgálatok jegyzőkönyveit.

8.5 Rekultiváció, utógondozás

Amikor a hulladéklerakó kiépített kapacitása megtelik, a lerakott hulladék eléri a tervezett feltöltési szintet a lerakó üzemeltetését be kell fejezni és gondoskodni kell a terület rekultivációjáról. A rekultivációval megakadályozzuk a lerakó művelést követő környezetszennyező hatásait, gondoskodunk a terület tájba illesztéséről, illetve a későbbi földhasználat előkészítéséről.

Az üzemeltető a hulladéklerakó ideiglenes vagy végleges bezárására irányuló döntését - a hulladék átvételi tevékenységének megszüntetését megelőző 30 nappal - köteles bejelenteni a Felügyelőségnek. A hulladéklerakó rekultivációjára a Felügyelőség hivatalból is indíthat eljárást.

A rekultivációra és utógondozásra vonatkozóan tervdokumentációt kell készíteni, amelyet csak az előírt tervezési, szakértői jogosultsággal rendelkező tervező készíthet. A tervdokumentáció tartalmazza többek között a:

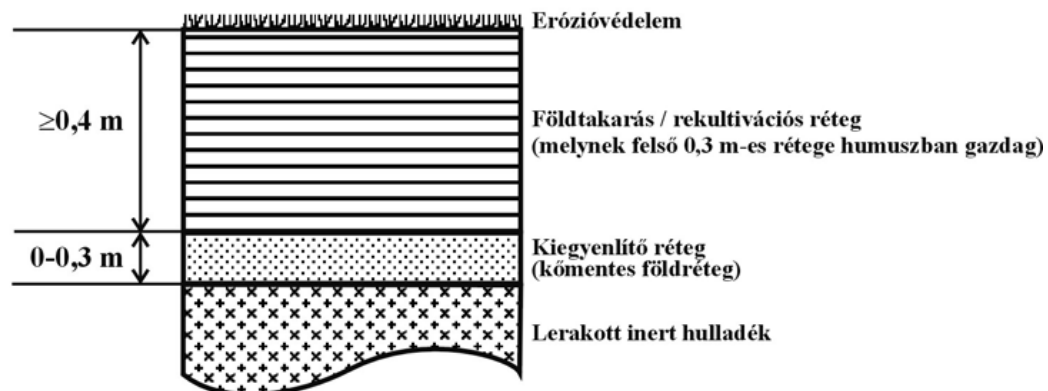
- a hulladéklerakó környezeti elemekre, gyakorolt hatását, és a környezeti kockázatok a bemutatását,
- a hulladéklerakó rekultivációjának módját, a rétegrend kialakítását
- a monitoring és utógondozási feladatokat (csurgalékvíz kezelés, gázkezelés, állagmegóvási munkák)
- a felesleges berendezések és építmények (ha vannak) bontási tervét
- az adatszolgáltatással kapcsolatos feladatokat
- az utógondozás tervezett időtartamát

A rekultivációs terv alapján adja ki a Felügyelőség a rekultivációt engedélyező határozatát, illetve írja elő az utógondozás időtartamát és feladatait.

8.5.1 Inert lerakók rekultivációja

Az inert lerakók rekultivációja a rétegrend kialakítását tekintve a legegyszerűbb. A rekultivációs folyamat első lépése a lerakott hulladék felszínének elegyengetése, a megfelelő felszín kialakítása. Ez a munka végezhető a lerakott hulladék saját anyagával, vagy kőmentes földréteg, úgynevezett kiegyenlítő réteg felhasználásával. A kiegyenlítő réteg vastagsága 0 - 0,3 m lehet. A következő réteg a $\geq 0,4$ m vastagságú takaró réteg, amelynek a felső, 0,3 m-es rétege humuszban gazdag. Az erózióvédelemről a vegetációs réteg (füvesítés) gondoskodik. Az inert lerakók lezárásának rétegrendjét, 83. ábra mutatja.

Zárószigetelés



83. ábra: Inert lerakó lezárásának rétegrendje
(Szabó I et al., Tervezési segédlet)

8.5.2 Nem veszélyes hulladéklerakó rekultivációja

A nem veszélyes hulladéklerakók lezárására a lerakott hulladék szervesanyag-tartalmától függően egy, vagy két ütemben kerülhet sor. Egy ütemű rekultivációnál rögtön a végleges felső záróréteg rendszer kialakítása történik. Kétütemű rekultivációnál az első ütemben átmeneti felső záróréteg rendszerrel kell lezárni a hulladéklerakót a hulladéktest biológiailag lebomló szerves összetevőinek biológiai stabilizálódásáig, az nagymennyiségű gázképződés csökkenéséig, illetve a roskadási, sülledési folyamatok konszolidációjáig. Ez az időtartam a

monitoring eredmények függvényében, de legfeljebb 10 évig tarthat, amelyet a végleges felső záróréteg rendszer kialakítására követ.

Az átmeneti záróréteg a következő rétegekből áll (20/2006 (IV.5.) KvVM rendelet):

- kiegyenlítő réteg (0-50 cm)
 - Anyaga: aprószemcsés hulladék, külön jogszabályban meghatározott maradék hulladék vagy stabilizált biohulladék, salak, pernye, kőmentes talaj.
- gázelvezető réteg (amennyiben a rekultivációs terv szerint szükséges)
 - Anyaga: kis mésztartalmú, egyenletes szemcseeloszlású, jó gázvezető-képességű anyag, amely az adott esésviszonyok mellett kellő állékonyságú.
- szigetelőréteg (amennyiben a rekultivációs terv szerint szükséges)
 - Anyaga: ásványi anyagú szigetelés és/vagy geomembrán
- fedőréteg (legalább 40 cm)
 - Anyaga: stabilizált biohulladék és/vagy humuszos talaj, ami lehet szerves anyaggal kevert föld, a rézsűkön geotextíliával megerősítve.

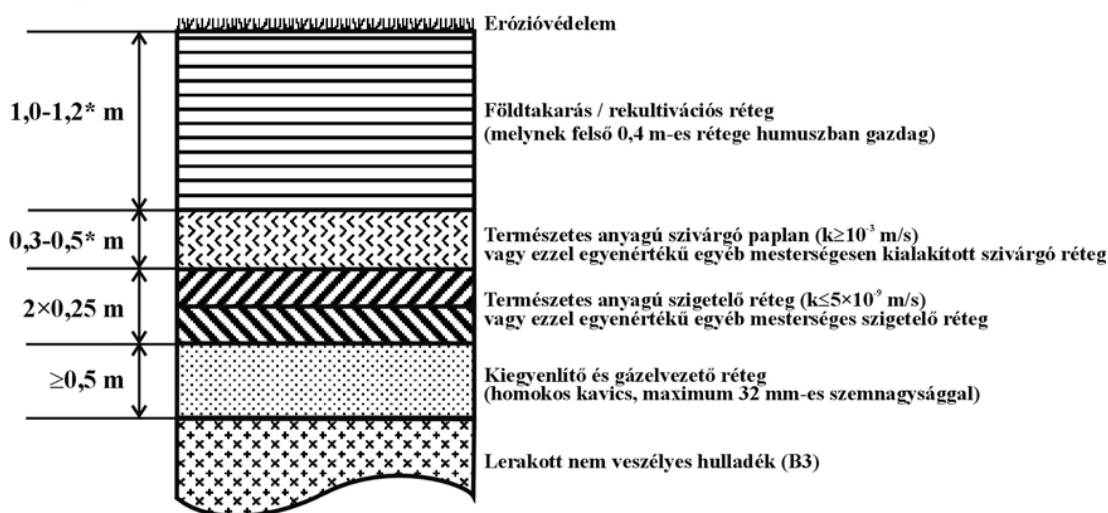
Mint látható a tervező a rétegrend kialakításakor a helyi adottságokat, a lerakó állapotát, az átmeneti időszakban jelentkező hatások mérséklését, vagy felerősítését figyelembe véve járhat el. Ilyen egyedi esetek lehetnek például a gázelvezető réteg kialakítása, amikor a lerakón nincsenek kiépített gázkutak és a gázmerések eredményei sem indokolják a kutak építését, de a gáz kiszellőztetésére szükség van. Ekkor a gázelvezető réteg építése mellett gázkiszellőztető műtárgyak építése is szükséges. Másik eset lehet a szigetelő réteg kialakítása. Erre tipikusan akkor kerülhet sor, ha a hulladéklerakóban már sok víz van és a további vízutánpótlás már káros lenne a lerakóban lejátszódó folyamatok, vagy a lerakó állékonysága szempontjából.

A végleges záróréteg a következő rétegekből áll (20/2006 (IV.5.) KvVM rendelet):

- kiegyenlítő réteg (0-50 cm)
 - Anyaga: kis mésztartalmú, homogén, nem kötött talaj, kohósalak vagy hulladékégető salakja, B3 alkategóriájú lerakó esetén jó gázvezető képességű talaj, kohósalak, hulladékégető salakja, aprószemcsés hulladék, maradék hulladék vagy stabilizált biohulladék.
- gázelvezető réteg (ha szükséges)
 - Anyaga: kis mésztartalmú, egyenletes szemcseeloszlású, jó gázvezető-képességű anyag, amely az adott esésviszonyok mellett kellő állékonyságú.
- szigetelőréteg
 - A réteg többféle (ásványi és mesterséges anyagú) anyag egymás fölé rétegezésével készíthető. Az ásványi vagy természetes anyagú szigetelőrétegnél alkalmazott megoldásnak egyenértékűnek kell lennie az előírt 2x25 cm vastagságú, adott szivárgási tényezőjű ($k \leq 5 \times 10^{-9}$ m/s) megoldással.
- szivárgó- és szűrőréteg.
 - Anyaga: mosott kavics, a rézsűkön osztályozatlan homokos kavics vagy közúzalék, $k \geq 5 \times 10^{-3}$ m/s szivárgási tényezőjű aprított hulladék, geodrén, geokompozit, illetőleg geotextília, amely csak a szűrőréteg anyaga lehet.

- fedőréteg
 - A réteg többféle anyag egymás fölé rétegzésével készíthető:
 - gyökérzáró réteg: 20-30 cm vastagságú erősen kötött vagy erősen kötőrmelékes tömör anyag, osztályozott építési-bontási hulladék.
 - altalaj réteg: 50-70 cm vastagságú, kis humusztartalmú talaj vagy stabilizált biohulladék.
 - fedőréteg: mintegy 30 cm vastagságú szerves anyagban gazdag talajréteg.
 - A természetes anyagú szigetelőréteg felett a szivárgó-szűrő réteg és a fedőréteg összvastagsága legalább 1,0 m legyen.
- vegetációs réteg
 - Anyaga: nem mélygyökérzetű, kis tápanyagigényű, szárazság- és forróságtűrő növények, amelyek megfelelnek az ökológiai környezetnek is.

Zárószigetelés



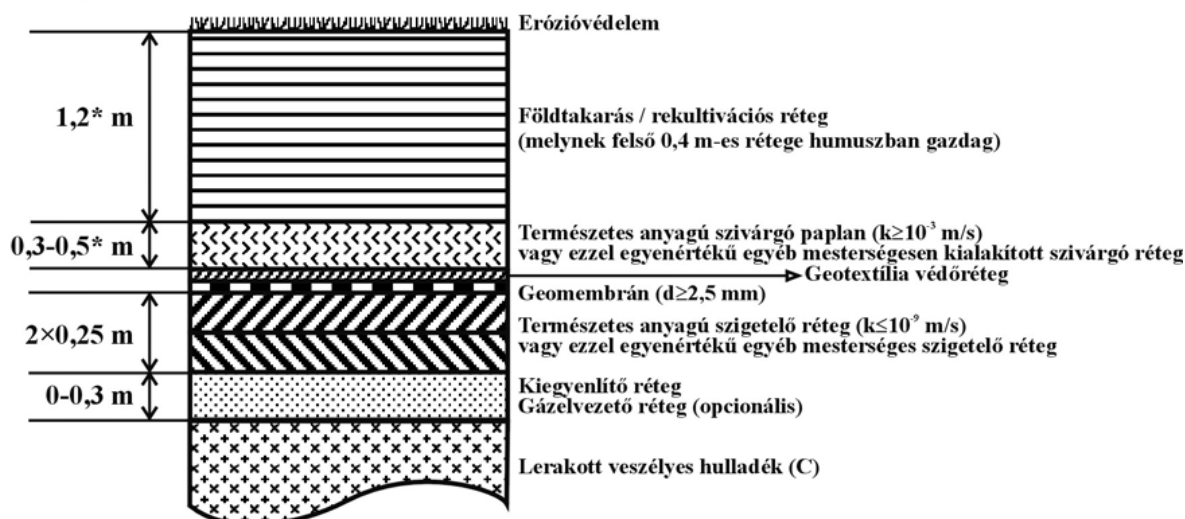
84. ábra: B3b nem veszélyes hulladéklerakó végleges lezárásának rétegrendje
(Szabó I et al., Tervezési segédlet)

8.5.3 Veszélyes hulladéklerakó rekultivációja

A veszélyes hulladéklerakók lezárása a szigetelő réteg két kiegészítésével megegyezik a nem veszélyes hulladéklerakók végleges lezárásának rétegrendjével (85. ábra). Ezek az eltérések a következők:

- az ásványi vagy természetes anyagú szigetelőrétegnél alkalmazott megoldásnak egyenértékűnek kell lennie az előírt 2x25 cm vastagságú, $k \leq 10^{-9}$ m/s szivárgási tényezőjű megoldással. Az egyenértékűség feltétele a hidraulikai egyenértékűség.
- Az ásványi anyagú szigetelőrétegen túl szigetelő lemez beépítése is szükséges.

Zárószigetelés



85. ábra: Veszélyes hulladéklerakó végleges lezárásának rétegrendje
(Szabó I et al., Tervezési segédlet)

8.5.4 Hulladéklerakók felszámolása

Előfordulhatnak olyan esetek, amikor a hulladéklerakó helyben történő rekultivációja jelentős környezeti kockázatokkal jár, ekkor a lerakót a hulladék teljes felszedésével fel kell számolni. Ilyen helyzetek szerencsére csak a korábban létesített, sokszor illegálisan kialakított lerakóknál fordulnak elő. Gazdasági alapon a kisebb, néhány száz, legfeljebb 1-2 ezer m^3 hulladékot tartalmazó lerakóknál is megoldás lehet a lerakott hulladék kitermelése. (Köztisztasági Egyesülés, Szakmai füzet 7., 2003)

Felszámolás esetén meg kell tervezni a lerakott hulladék felszedését, a felszedett hulladék kezelését, osztályozását, (rostálás, mágneses leválasztás), az elszállított hulladék befogadját, a helyben maradó inertizálódott (komposztálódott) anyagok elrendezését, a lerakó területének tájba illesztését. Felszámoláskor nagyon fontos a szennyezett talajrétegek eltávolítása is, ezért a felszámolás közben a lerakó alatti talajból kialakított ellenőrző hálózat (pl 20x20m, 30x30 m) szerint talajmintákat kell venni és elemezni. A felszedést a szennyezés megszűnéséig kell végezni.

A felszámolási tervvel együtt költségvetést is kell készíteni, különösen a beavatkozás környezeti előnyeinek bemutatására vonatkozóan. A számítást a Felügyelőségre a felszámolási terv részeként be kell nyújtani.

8.5.5 Utógondozási feladatok

A lerakó rekultivációja után utógondozási feladatokat kell ellátni. Az utógondozás maximális időtartama 30 év. Az adott lerakóra vonatkozó utógondozási időtartamot és feladatokat a Felügyelőség határozatban állapítja meg. Az utógondozás során végzendő feladatok lehetnek:

- A lerakó test és a végleges felső záróréteg rendszer állapotának ellenőrzése
 - lerakó mozgásának mérése

- suvadások, süllyedések feltöltése
 - csapadék és talajeróziós hibák javítása
- Monitoring rendszerek működtetése:
 - vízmintavételezés és analitika
 - gázmérések
 - meteorológiai adatok rögzítése
- műtárgyak ellenőrzése, karbantartása:
 - csurgalékvíz medence
 - gázkutak, gázhasznosító, fáklyázó berendezések, gázkiszellőztető műtárgyak
 - monitoring kutak
 - vízelvezető és szikkasztó rendszerek
 - kerítések
 - utak
- Növényesítés karbantartása (kaszálás, cserjék fenntartása)
- Adatszolgáltatási kötelezettség teljesítése

Ábrajegyzék

1. ábra: A hulladék, mint problémaforrás főbb kezelési szakaszai	10
2. ábra: A körkörös gazdaság folyamatai	13
3. ábra: Hulladékgazdálkodási nagytársadalmi társulások 2013. június 1-i állapot szerint.....	16
4. ábra: Hulladékok környezetbe jutásának útjai	21
5. ábra: A hulladékgazdálkodás hierarchiája.....	22
6. ábra : Az Európai Unió települési hulladékokra vonatkozó szabályozása.....	28
7. ábra: 80, 120, 140, 180, 240 és 360 literes kétkerekű gyűjtőedény	33
8. ábra: 660, 770 és 1100 literes négykerekű gyűjtőedény	34
9. ábra: DIN 30720 szabványú konténerek	34
10. ábra: DIN 30722 szabványú görgős konténer	34
11. ábra: Tömörítőlapos gyűjtőautó	36
12. ábra: Forgódobos gyűjtőautó felemelt hátfallal	36
13. ábra: Kétkaros konténerszállító járművek.....	37
14. ábra: Egykaros, horgos konténerszállító járművek	37
15. ábra: Préses átrakóállomás	41
16. ábra: Tömörítés nélküli WF átrakóállomás	42
17. ábra: Felhordó szalagos átrakóállomás	43
18. ábra: Alulürítős gyűjtősziget	48
19. ábra: Felülürítős gyűjtősziget	48
20. ábra: Földbesüllyesztett gyűjtősziget	49
21. ábra: BÍOKOM Nonprofit Kft Pécs, Eperfás úti hulladékudvara	50
22. ábra: Rámpás hulladékudvar, térlefedéssel	52
23. ábra: Szintes hulladékudvar	52
24. ábra: Kézi válogatóművek technológiai folyamata	56
25. ábra: Gépesített válogatóművek technológiai folyamata	57
26. ábra: Automatizált válogatóművek technológiai folyamata.....	57
27. ábra: Válogatószalag a surrantókkal.....	62
28. ábra: Szalagfeletti elektromágneses leválasztó	64
29. ábra: Bálázógép	66
30. ábra: Kitológémes, magas emelésű targonca bála fogó adapterrel	67
31. ábra: Egysoros kézi válogatómű technológiai sémája.....	70
32. ábra: Gépesített válogatómű technológiai sémája.....	71
33. ábra: Válogató kabin a boxokkal.....	78
34. ábra: Pécs-kökényi válogatómű technológiai folyamata.....	79

35. ábra: Somi válogatómű technológiai folyamata.....	81
36. ábra: Békéscsabai (DAREH) válogatómű technológiai folyamata	83
37. ábra: Aprítógép.....	87
38. ábra: Dobszita tisztító kefével	88
39. ábra: Dobszita idegenanyag leválasztóval.....	88
40. ábra: Önjáró komposztforgató.....	89
41. ábra: Homlokrakodó.....	90
42. ábra: Térbetonban elhelyezett levegőztető cső.....	91
43. ábra: Marórotoros aprítógép rotorja	103
44. ábra: Pálcás rezgőszita.....	104
45. ábra: Örvényáramú szeparátor	105
46. ábra: Keresztáramú készülék kialakítása.....	106
47. ábra: Légosztályozó.....	106
48. ábra: Ballisztikus szeparátor.....	107
49. ábra: Optikai válogató működési sémája	108
50. ábra: Röntgensugaras válogató működési sémája.....	108
51. ábra: Utóaprító-gép rotorja és rostafelülete.....	109
52. ábra: Bálázott 50 mm szemcseméretű tüzelőanyag.....	110
53. ábra: Bálacsomagolás	110
54. ábra Előkamrás prés	111
55. ábra: Emelhető fülkés ipari gémes rakodógép	111
56. ábra: Magas szerves anyag tartalmú hulladék nyílttéri utóstabilizálása.....	112
57. ábra: Hulladék összetétel szemcseméret szerinti megoszlása	116
58. ábra: Mechanikai fizikai stabilizálás sémája.....	120
59. ábra: Szárazstabilizációs eljárás sémája.....	121
60. ábra: Mechanikai-biológiai kezelés a teljes hulladékáram biológiai stabilizálása.....	122
61. ábra: Mechanikai-biológiai kezelés szitafelső frakcióból tüzelőanyag előállítás.....	123
62. ábra: Mechanikai-biológiai kezelés az égethető frakciók leválasztásával	124
63. ábra: Győr- Sashegyi MBH technológiai folyamata	125
64. ábra: Vaskúti MBH technológiai folyamata.....	126
65. ábra: Kerepes, Ökörtelek-völgyi MBH technológiai folyamata	127
66. ábra: Királyszentistváni MBH technológiai folyamata.....	129
67. ábra: Pécs-Kökényi MBH technológiai folyamata.....	131
68. ábra: Rostélytüzelés elvi vázlata	137
69. ábra: Forgó csökemence elvi vázlata	138

70. ábra: Száraz eljárású klinkergyártási technológia főelemei, hulladékbeadagolás lehetőségei	145
71. ábra: Völgyfeltöltéssel hulladéklerakó medencekialakítása.....	153
72. ábra: Dombépítéssel hulladéklerakó kialakítása	153
73. ábra: Bentonit paplan	157
74. ábra: Geotextil (1200 g/m ²).....	157
75. ábra: Geodrén	158
76. ábra: Kéttengelyű georács kétoldali geotextiliával	158
77. ábra: B1b és B3 típusú lerakó aljzat-, és oldalszigetelési rétegrendje.....	161
78. ábra: C típusú lerakó aljzat-, és oldalszigetelési rétegrendje	162
79. ábra: Depóniatükör a jellemző méretekkel.....	163
80. ábra: Dréncső elhelyezése	164
81. ábra: Depógáz összetétele a keletkezés fázisaiban.....	167
82. ábra: Kompaktor.....	172
83. ábra: Inert lerakó lezárásának rétegrendje.....	180
84. ábra: B3b nem veszélyes hulladéklerakó végleges lezárásának rétegrendje.....	182
85. ábra: Veszélyes hulladéklerakó végleges lezárásának rétegrendje	183

Táblázatjegyzék

1. táblázat: A szilárd újrahasznosítható tüzelőanyagok osztályba sorolási rendszere.....	132
2. táblázat: A tüzelőanyaggal szembeni hasznosítói követelmények.....	133
3. táblázat: Légszennyező anyagok kibocsátási határértékei	139
4. táblázat: Hulladékkezelés 2010-2012.....	149
5. táblázat: Geológiai szigetelőréteggel kapcsolatos követelmények	159
6. táblázat: Aljzat-, és oldalszigetelési rétegrend egyes elemeivel kapcsolatos előírások	160

Felhasznált irodalom

1. Kiss Tibor Gazdaságosság és rendszerszemlélet a települési szilárd hulladékgazdálkodásban, Doktori értekezés Mikoviny Sámuel Földtudományi Doktori Iskola 2007.
2. Dr. Nagy G, Dr. Bulla M, Dr. Hornyák M, Vagdalt L, Hulladékgazdálkodás (egyetemi jegyzet); 2002; Győr; SZIF-UNIVERSITAS Kft.
3. Országos Hulladékgazdálkodási Terv 2014-2020
4. ASA Magyarország Kft
5. Leitold Csaba Resource and cost efficient selective collection Pollack Periodika Vol. 9. No 3, 09.2014 pp. 43-54
6. Köztisztasági Egyesülés A települési szilárd hulladék szelektív kezelésének módszerei, alkalmazási lehetőségei Hulladékgazdálkodási Szakmai Füzetek 4. rész Budapest 2003. KvVM
7. Kiss Tibor A települési szilárd hulladékok gyűjtése, előkezelése hasznosítása In: Nagy György (szerk.) Hulladékgazdálkodási Kézikönyv II. Környezetvédelmi Kiskönyvtár 15. Budapest 2005. KJK-KERSZÖV Jogi és Üzleti Kiadó Kft
8. BIODKOM Nonprofit Kft
9. NHSZ Zöldfok Zrt
10. Strabag
11. Alexa László, Dér Sándor Szakszerű komposztálás - Elmélet és gyakorlat Gödöllő, 2001 Profikomp könyvek
12. Dr. Kurdi Róbert (szerk). Hulladékgazdálkodás II., Környezetmérnöki Tudástár 19. kötet Veszprém, 2012., Pannon Egyetem Környezetmérnöki Intézet
13. Bai A, Lakner Z, Marosvölgyi B, Nábrádi A, A biomassa felhasználása Budapest 2002., Szaktudás Kiadó Ház
14. Vermes László Hulladékgazdálkodás, hulladékhasznosítás, Budapest, 2005 Mezőgazda Kiadó
15. Dr. Csöke Barnabás (szerk.) Hulladékgazdálkodás, Környezetmérnöki Tudástár 12. kötet 2. kiadás Veszprém, 2011., Pannon Egyetem Környezetmérnöki Intézet
16. Miskolci Egyetem jelentése a BIODKOM Kft számára 2007. március
17. Prof. Dr. Csöke B, Dr. Alexa L, Olessák D, Ferencz K, Dr. Bokányi L Mechanikai-biológiai hulladékkezelési kézikönyv, 2004 Profikomp Kft.
18. BezecskyBagi Beáta: A Győr-Sashegyi Hulladékkezelő Központ. BIOhulladék 5. évfolyam 2-3. szám 2010. október, pp.2-7
19. Prof. Dr. Csöke B, Agatics R, Nagy S MBH technológia és másodtüzelőanyag, Biohulladék 6. évfolyam 1.szám, 2011. jan. pp.9-12
20. Prof. Dr. Csöke B, Agatics R, Dr. Alexa L, Dr. Bokányi L, Nagy S, Varga T E Szilárd települési hulladék komplex kezelési és hasznosítási rendszerének kifejlesztése Vaskúton
<http://folyoirat.hulladekonline.hu/files/195/> 3. évfolyam 1. szám 2012. február
21. Bezecsky-Bagi Beáta: Példaértékű hulladékkezelés és hasznosítás a Zöld Híd Régió Kft. telepein. BIOhulladék 6. évfolyam 1. szám 2011. január, pp 2-8

22. Sarkady Attila RDF – Refuse derived fuel, possibilities in the north-Balaton regional waste management system, Pollack Periodika Vol. 9. No 3, 09.2014 pp.23-30.
23. Köztisztasági Egyesülés A települési szilárd hulladékok termikus kezelése Hulladékgazdálkodási Szakmai Füzetek 5. rész Budapest 2003. KvVM
24. Dr Bokányi L, Dr Mádainé Üveges V Hulladékgazdálkodás, digitális tananyag 6.2. fejezet, Miskolci Egyetem
25. Lábod J, Termikus hulladékkezelés In. Zimler T (szerk) Hulladékgazdálkodás Alaptankönyv Budapest, 2003 Tertia Kiadó
26. Bánhid J, Drescher L, Fülöp, Farkas P, Krasz M, Kiss T, Leitöl Cs, Nagy Gy, Olessák D, Szabó L, Átfogó tanulmány készítése települési hulladék energetikai hasznosításának alternatíváiról, feltételeiről Budapest, 2007. MKM Consulting Zrt
27. Royal Haskoning, Canor International Települési Szilárdhulladék-lerakók Országos Felmérése, HU9911 Phare-projekt, Záró jelentés, 2003
28. Köztisztasági Egyesülés A korszerű, regionális lerakók létesítése és üzemeltetése Hulladékgazdálkodási Szakmai Füzetek 8. rész, Budapest 2003. KvVM
29. Szabó Imre Hulladékelhelyezés, Miskolc 1999. Miskolci Egyetemi Kiadó
30. Köztisztasági Egyesülés Régi lerakók rekultiválása Hulladékgazdálkodási Szakmai Füzetek 7. rész, Budapest 2003. KvVM
31. Dr. habil. Szabó I, Szabó A, Németh Csaba Hulladéklerakók lezárása és rekultivációja, Budapest KvVM

Jogszabályok

1. 2012. évi CLXXXV. törvény a hulladékról
2. 2011. évi LXXXV törvény a környezetvédelmi termékdíjról
3. 310/2013. (VIII. 16.) Korm. rendelet A hulladékgazdálkodási tervekre és a megelőzési programokra vonatkozó részletes szabályokról
4. 68/2016. (III. 31.) Korm. rendelet az Országos Hulladékgazdálkodási Közzolgáltatási Tervre vonatkozó részletes szabályokról
5. 438/2012. (XII. 29.) Korm. rendelet a közzolgáltató hulladékgazdálkodási tevékenységéről és a hulladékgazdálkodási közzolgáltatás végzésének feltételeiről
6. 2013. évi CXXV. törvény a hulladékgazdálkodási közzolgáltatási tevékenység minősítéséről.
7. 246/2014. (IX. 29.) Korm. rendelet az egyes hulladékgazdálkodási létesítmények kialakításának és üzemeltetésének szabályairól.
8. 23/2003 (XII.29.) KvVM rendelet a biohulladék kezeléséről és a komposztálás műszaki követelményeiről
9. 20/2006 (IV.5.) KvVM rendelet a hulladéklerakással, valamint a hulladéklerakóval kapcsolatos egyes szabályokról és feltételekről
10. 21/1999. (VII. 22.) KHVM-KöM együttes rendelet a vízminőségi kárelhárítással összefüggő üzemi tervek készítésének, karbantartásának és korszerűsítésének szabályairól
11. 385/2014 (XII.31.) Korm. rendelet a hulladékgazdálkodási közzolgáltatás végzésének feltételeiről

EU közlemény, irányelv

1. COM 398 (2014) A Bizottság Közleménye Úton a körkörös gazdaság felé: „zéró hulladék” program Európa számára, Brüsszel, 2014.7.2.
2. 2008/98/EK európai parlamenti és tanácsi irányelv (Hulladék Keret Irányelv - HKI)
3. 2000/76/EK irányelv a hulladékok égetéséről
4. 31/1999 EK irányelv a hulladéklerakókról
5. 33/2003 EK irányelv (31/1999 EK irányelv a hulladéklerakókról kiegészítése)

Szabványok

1. MSZ EN 840-1-5:2013 Mobil hulladékgyűjtő és újrahasznosítható konténerek
2. MSZ 21420-28 Települési szilárd hulladékok vizsgálata. Mintavétel.
3. MSZ 21420-29 Települési szilárd hulladékok vizsgálata. A minta előkészítése, az anyagi összetétel meghatározása anyagfajták szerinti szétválogatással
4. MSZ EN 15359:2012 Szilárd újrahasznosítható tüzelőanyagok. Jellemzés és osztályok

Internetes anyagok

1. <http://www.esekft.hu>
2. <http://www.a1-container.de>
3. <http://www.seres.hu>
4. <http://www.bobc3d.com>
5. <http://www.molok.com>
6. <http://www.l-rt.com> (Lindner GmbH)
7. <http://www.ife-bulk.com> (IFE GmbH)
8. <http://bestmachinery.hu>
9. <http://www.crosswrap.com>
10. <http://www.tomra.com>