

## **Mechanikai-biológiai hulladékkezelés (MBH)**

„Nyersanyaga”: Az osztályozatlan települési hulladék és az ún. maradék (pl.: szelektív hulladékgyűjtés utáni) hulladék.

Mechanikai + biológiai eljárások kombinációja

*Céljai:* a hulladék

- környezeti veszélyességének csökkentése (metán emisszió csökkenése kb. 30 kg/t, szaganyagok semlegesítése, patogén mikroorganizmusok elpusztítása),
- térfogatának, tömegének (kb. 30 %-os) csökkentése
- stabilizálása (szerves anyag tartalom és biológiai aktivitás csökkenése).

Európában a lerakás előtti stabilizálásra, illetve másod-tüzelőanyag (RDF = refuse-derived fuel) előállítására alkalmazzák. Az MBH kezelés időtartama kb. 2 hét.

### **I. Mechanikai kezelés**

Lehetővé teszi a hulladékáramból a még újrahasznosítható anyagok (pl.: fémek), illetve az energiatermelés szempontjából értékes, magas fűtőértékű anyagok kiválogatását.

Mechanikai kezelési eljárások:

- a. Aprítás
- b. Osztályozás
- c. Dúsítási eljárások

#### **a. Aprítás**

*Céljai:*

- méret csökkentés (nagy méretű hulladékok!),
- felületnövelés a későbbi eljárások (pl.: komposztálás, égetés) hatékonyságának növelése érdekében,
- homogénizálás: könnyebb szétválasztás aprítás után.

Az aprítási műveletek típusai:

- törés ütéssel (kalapács),
- nyírás (olló): a tárgy két részét ellentétes irányba kényszerítjük,
- örlés (kávédaráló): a tárgy felületére súrlódó erő hat

Aprító berendezések: lassan és gyorsan aprító, mobil és stacioner.

## Aprító gépek

E-hulladék aprítására leggyakrabban forgó, vagy álló és forgó kések között, illetőleg különböző zúzó szerkezetek révén kerül sor. A gépek betétei (élek, kések) cserélhetők.

### Shredder (7. ábra)

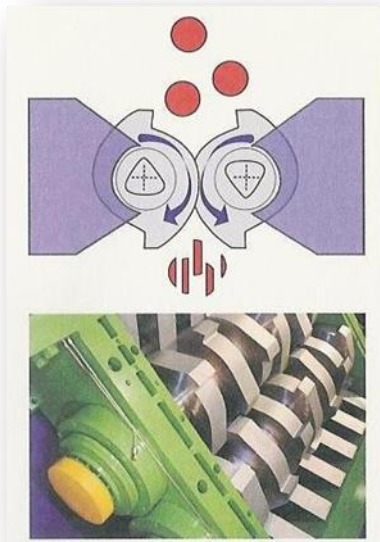
A szembe forgó tárcsák között az adagolt anyag csíkokra hasad.

Védelem a géptörés ellen: túlterhelést jelző szenzor, túlterheléskor automatikusan visszaforgó kések. A késkialakítás segíthet az anyag behúzásában.

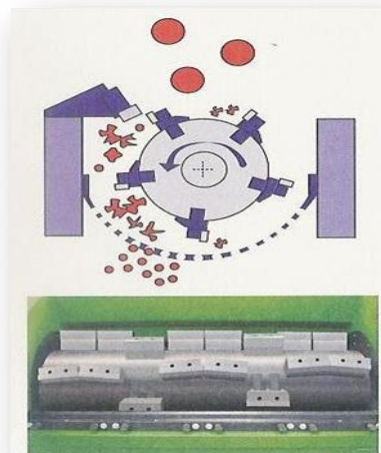
### Granulátor/finomaprító (8. ábra)

A beadagolt anyag az álló- és a forgókések között kerül aprításra, majd a készülék belsejében addig kényszerpályán mozog (többször a kések közé kerülve), amíg el nem éri az alsó rostán lévő furatok átmérőjét. Ekkor a szemcsék kihullanak a granulátorból.

A rosta cseréjével különböző szemcsenagyságok állíthatók be.



7. ábra Shredder



8. ábra Granulátor

### Kalapácsos malom (9. ábra)

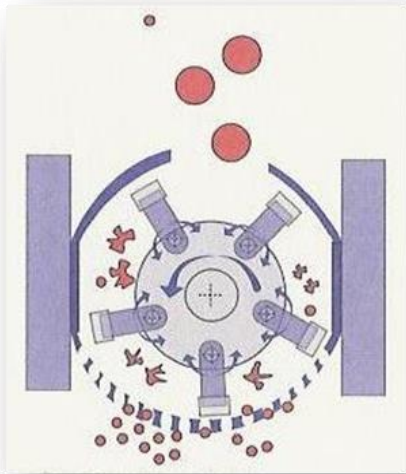
Munkaterének közepén forgó tengelyen szabadon lengő ütő/zúzóelemek („kalapácsok”).

Kisebberuházási költség, de rosszabb energiahatékonyság. A granulátornál nagyobb szemcseméret szórás.

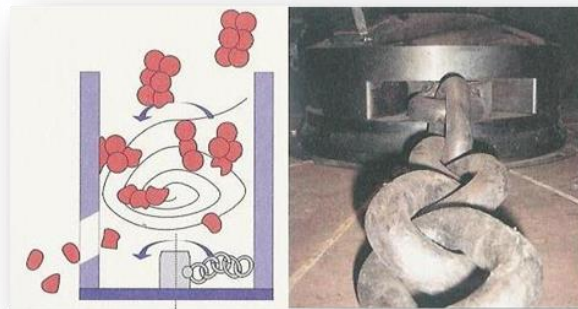
### Láncos törő (10. ábra)

Vágás nélkül, a centrifugális és ütközési erő segítségével bontja fel a különböző anyagok kötéseit. A káros anyagok (elemek, kondenzátorok) nem károsodnak úgy, mint a darálásnál, s kézzel jól válogathatók a gépi feldolgozást követően. Kisebberőlkészítési ráfordítás.

Az ütközésekhez szükséges örvény a gép belsejében egy pár lánc forgatása révén keletkezik. Nincs vágószerkezet, minimális a kopóalkatrész ráfordítás.



9. ábra. Kalapácsos malom



10. ábra. Láncos törő

## **b. Oszályozás**

Szétválogatás méret szerint. Az iparban szitákkal vagy közegáram segítségével végzik.

## Szitálás, rostálás („Screening”)

Méret alapján történő osztályozás, széleskörűen alkalmazható.

Nedves és száraz üzemben is működhet, a száraz sokkal gyakoribb.

A rostálás céljai:

- a túlméretes anyagok eltávolítása
- a méreten aluli anyagok eltávolítása
- az újrahasznosítható papír és műanyag kiválasztása
- az üveg, talaj, pizsok elválasztása az éghető anyagoktól

Fő készülék típusok:

1. dobrosta
2. tárcsás rosta
3. rázószita

### 1. Dobrosta (Trommel Screens)

A dob forgó, perforált henger, jellemző átmérője 0,6-3 m.

A dob perforált lemez vagy huzalháló.

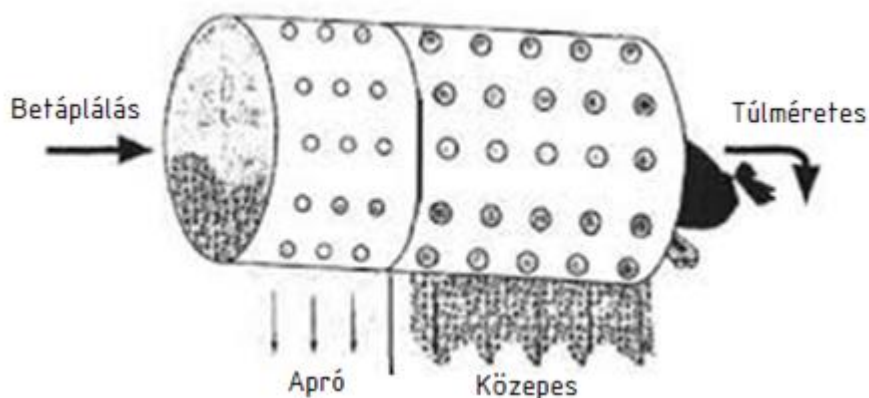
A hengeres dob enyhén lejtve üzemel.

A dobrosta jellemző forgási sebessége 10-15 ford/min.

A kiválogatott részek elkülönítéséről szállítószalag vagy surrantó gondoskodik.

A hosszabb (>15 m) és nagyobb átmérőjű (2,5-3 m) dobrosták alkalmazása papír és üveg hulladék, a rövidebb (0,6-1,2 m) és kisebb átmérőjű (0,3-0,6m) berendezések például a zúzott üveg és a kupak szétválasztására használhatóak.

Gyakran alkalmaznak összetett dobrostát, ahol az első részben a kisebb darabok, a második részben pedig a nagyobb méretű darabok kerülnek kiválasztásra.



Összetett dobrosta sémája

A dobrosta forgási sebességétől függően különböző üzemállapotok, működési módok különböztethetőek meg:

a. Hömpölygő („cascading”): a dob lassú forgásánál az anyag alig kúszik fel a falon, azonnal visszacsúszik a dob aljára.

b. Áteső („cataracting”): magasabb forgási sebességnél a dob falán felkúszik az anyag és onnan hullik vissza.

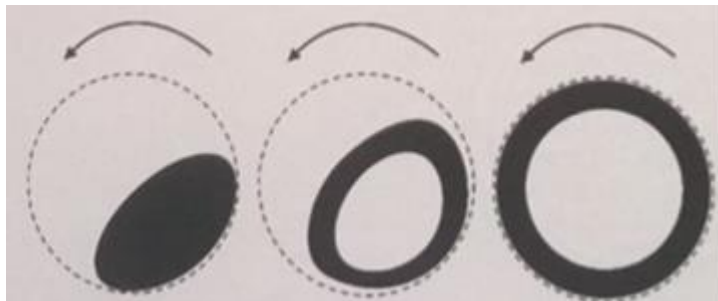
c. Centrifuga („centrifuge”): a legnagyobb forgási sebességnél a gravitáció hatását legyőzve az anyag a falhoz tapad. A kritikus fordulatszám:

$$n_c = (g/4\pi^2 r)^{1/2}$$

ahol  $g$  nehézségi gyorsulás [ $m/s^2$ ]

$r$  a dob sugara [m]

Az optimális fordulatszám a kritikusnál kicsit kisebb.



a. Hömpölygő

b. Áteső

c. Centrifuga

*A dobrosta különböző üzemállapotai*







*Összetett dobrosta*

*Települési hulladék a dobrosta belsejében*

A dobrosta szétválasztási hatékonyságát befolyásoló tényezők:

- belépő anyag tulajdonságai (sűrű, laza, törékeny, nedves),
- betáplálási sebesség,
- a hengersizita mérethatárai,
- a henger dőlésszöge,
- fordulatszám,
- a szitanyílások mérete és száma.

A tartózkodási idő a dobban: 25-60 s durva, aprítás előtti hulladéokra, 10 sec aprított, levegővel osztályozott könnyű anyagokra.

## **2. Tárcsás rosta („Disc Screen”)**

Valójában nem „rosta”, hanem egymással párhuzamos tárcsák sorozata.

A tárcsák egymást követő sorokban, közös tengelyeken helyezkednek el.

A méreten aluli darabok lehullanak a tárcsák közötti réseken, a nagyobb darabok a forgó tárcsákon tovább haladnak.

A tárcsák átmérője, és a hajtott tengelyek távolsága határozza meg a szemcseméretet.

A tárcsás tengelyek közötti hely változtatásával különböző méretű anyagok válogathatóak ki.

A gép elakadását, eltömődését egy szenzor érzékeli és megfordítja a forgásirányt, így elhárítva az elakadást.



### **3. Rázó szita („Vibrating Screen”)**

Lap kialakítású sziták keretre erősítve.

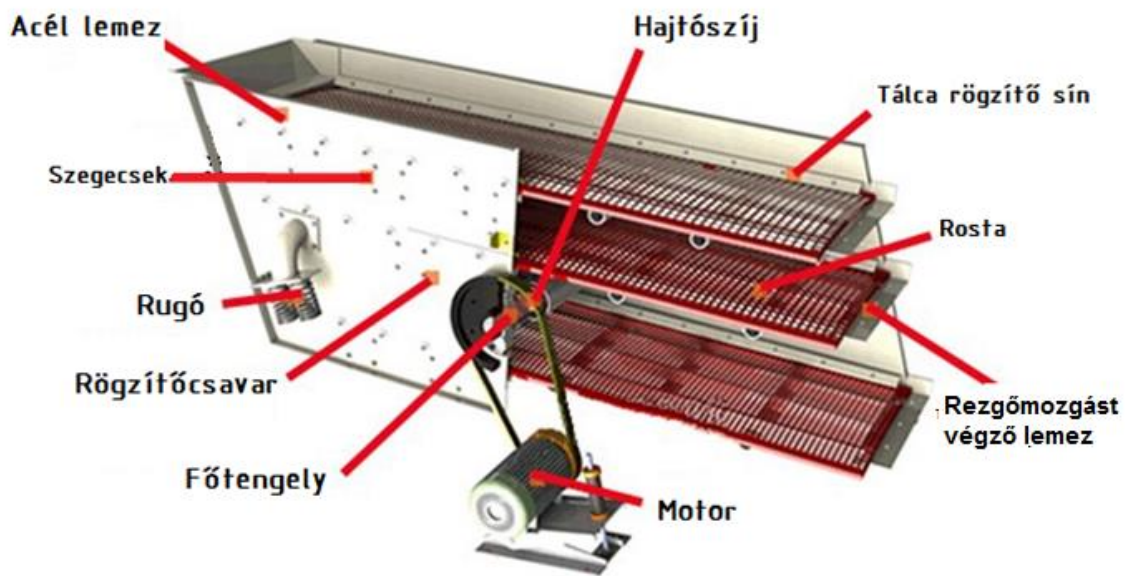
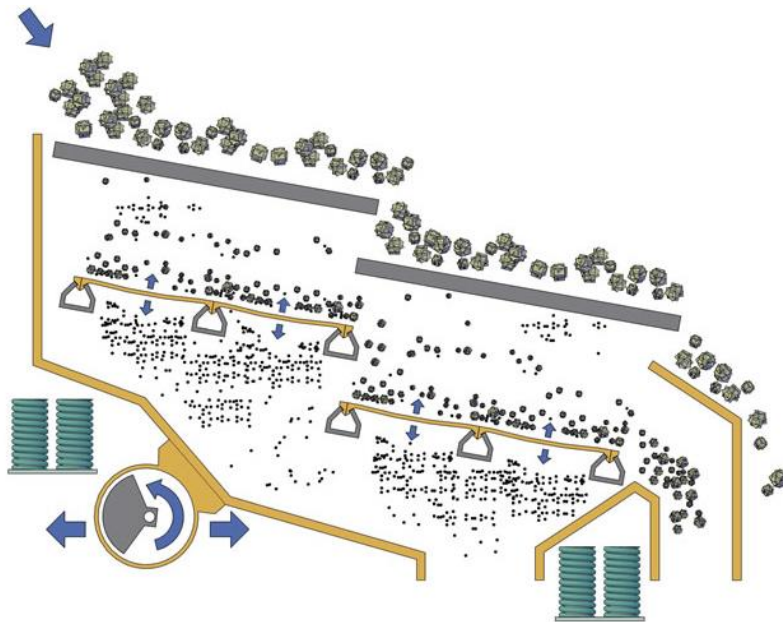
A rosta lemezek lengő (forgó mozgás kerül átalakításra) vagy forgó-mozgást végeznek.

Főleg a korábban kiválogatott részek további tisztítására, apróbb (üveg, fém és fa) darabkák elkülönítésére alkalmazzák.

Komposztálандó anyagokból a különböző szennyező anyagok (törött üveg, kerámia, kő) eltávolítására használható.

|





### c. Dúsítási eljárások

Szétválasztás eltérő fizikai tulajdonságok (sűrűség, mágneses és elektromos tulajdonságok) alapján. Típusai:

- Kézi válogatás (futószalag mellett)
- Légáram: Sűrűségkülönbségen alapul. A levegőt az anyagárammal ellenáramban vagy keresztáramban vezetik be, amely a könnyebb anyagokat magával ragadja. (A nehezebb hulladékok a gravitációnak engedelmessé haladnak tovább).
- Légszér: Ez is sűrűségkülönbségen alapul. Egy féligáteresztő asztalon ventilátor által átfúvott levegő segítségével a hulladékból fluid ágyat hoznak létre, amelyből a nehezebb szemek az asztalra ülepednek, és a szalag kihordja azokat. (A könnyebb frakció a lejtő irányában lefolyva távozik a berendezésből.)
- Mágneses szeparálás: A vas leválasztására alkalmas eljárás.
- Elektromos szétválasztás: Vezető (fémek) és nemvezető anyagok szétválasztása.

#### Kézi válogatás

Települési hulladék szétválasztására alkalmazzák. Csak nagyobb méretű (>50 mm) hulladékok esetén hatékony.

A munkások a szállítószalag egyik vagy mindkét helyezkednek el. Két fő cél:

1. A potenciálisan értékes tételek kigyűjtése (fém dobozok, PET palackok stb.)
2. Az egészségre, a berendezésekre és a végső elválasztott termékek minőségére káros tételek eltávolítása (pl. mérgező és robbanékony tételek).

Az azonosítás vizuálisan történik: szín, fényvisszaverő képesség, átlátszóság.

Fontosabb tervezési paraméterek:

-szalagszélesség: max. 60 cm egyoldali, 120 kétoldali leszedés esetén.

-szalagsebesség: 450 és 2700 cm/min között

-a hulladék réteg átlagos vastagsága a szalagon: 15 cm.

A természetes megvilágítás jobb, mint a mesterséges. Ha ez utóbbi csak keskeny sávot világít meg, ez bizonyos komponensek azonosítását megnehezíti. Egy munkás az anyagok sűrűségétől függően kb. 450 kg-ot tud kigyűjteni egy óra alatt. Aki fém és fa tárgyakat válogat ki, nagyobb tömegű hulladékot gyűjt ki, mint aki a műanyag palackokat.

A kézi válogatás piszkos és veszélyes munka. A hulladék lehet éles, robbanásveszélyes, tűzveszélyes és fertőzött is. A berendezés és a szállítás nagyon zajos lehet. Védőszemüveg, védőruházat, és zajvédő felszerelés szükséges!

## Mágneses és elektromos elválasztó berendezések

### a. Vasötvözetek kiválasztása (mágneses szeparátor):

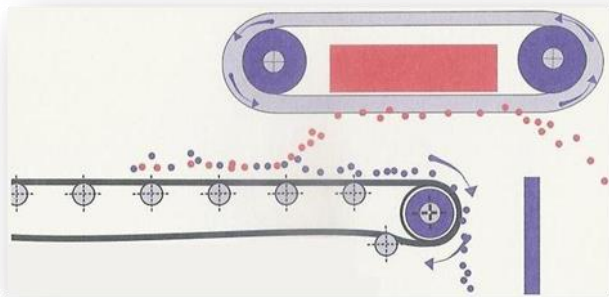
Válogatás ferromágneses tulajdonság alapján, állandó vagy elektromágnes segítségével.

Az *állandó mágnesek* telepítési és üzemeltetési költsége kisebb (nem fogyasztanak áramot, nem igényelnek különösebb karbantartást).

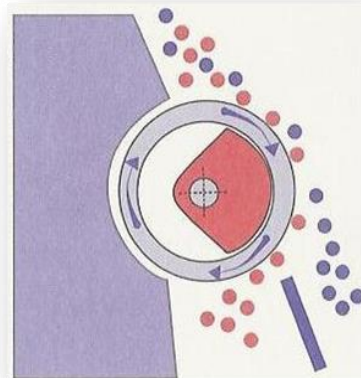
*Elektromágnessel* nagyobb távolságról is kiemelhetőek a vastartalmú részek, és könnyebb a mágneses felület tisztítása. A felhasznált energia egy része hővé alakul, a meleg csökkenti a mágnes teljesítményét, ezért hűtésről is gondoskodni kell.

A mágnes *vonzza* az ötvöztelen, a gyengén és egyes magasan ötvözött (pl. Cr17) acélokat és öntött vasakat, *nem vonzza* a magas Ni és Cr tartalmú, értékes, korrózióálló acélokat (pl. Cr18Ni10) és más nem vas alapú fémeket (pl. réz, alumínium)

*Szalag feletti kiválasztóval* (a mágneset „körbejáró” külön szállítószalaggal) a kiemelt vas folyamatosan elvezethető. A ferromágneses részeket eltávolító heveder az eredeti szállítószalaghoz képest hosszanti (11. ábra), vagy erre merőleges irányú is lehet.



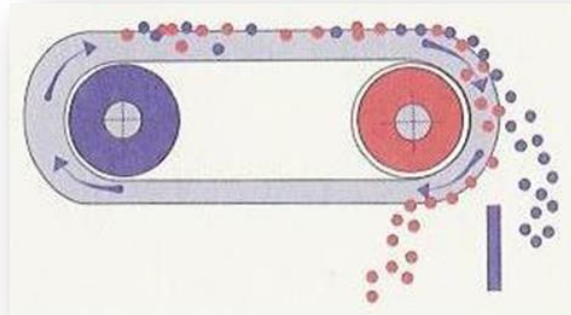
11. ábra Szalag feletti kiválasztó



12. ábra Dobmágnes

*Dobmágnes* alkalmazásakor (12. ábra) a csúszdáról a szétválasztandó anyag egy forgó henger palástjára érkezik, melyen belül az anyagáram felőli oldalon mágneses betét található. A vastartalmú részek a henger palástjával együtt továbbforognak, és csak akkor esnek le, amikor kiérnek a mágneses betét hatósugarából. A nem mágneses részecskék a tehetetlenségüknek megfelelően folytatják útjukat.

*Mágneses betét* helyezhető el a szállítószalag végén lévő *meghajtódobban* is (13. ábra). Ennek hatására a ferromágneses részecskék befordulnak a szalag alá, és csak ez után esnek le. A nem mágneses részek a szalag sebessége által meghatározott parabola pályán folytatják útjukat



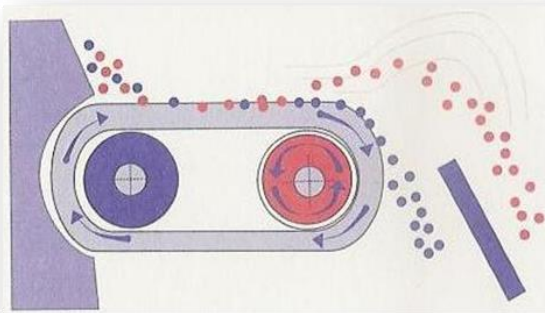
13. ábra Mágneses meghajtódob

### ***b. Nemvasfémek kiválasztása (örvényáramú szeparátor):***

A legelterjedtebb technológia az *örvényáramos* kiválasztás (14. ábra) Az eljárás elve: minden vezetőképes részecske, amely változó mágneses mezőbe kerül maga is mágneses tulajdonságúvá válik. A két mező kölcsönhatása az egyes részecskéket taszítja, röppályájukat módosítja. (A nemfémek maradnak az eredeti parabolapályán.)

A berendezés dobjának belsejében nagy fordulatszámú mágneses rotor forog a változó mágneses tér előállításához. A rezgések tovaterjedésének megakadályozása megfelelő felfüggesztést és kiegyensúlyozást igényel.

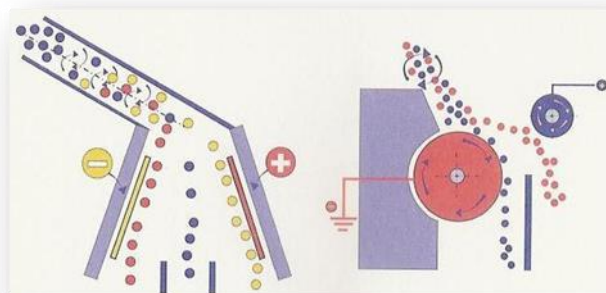
Megfelelő anyag-előkészítés után (azonos szemcseméret és hasonló szemcsealak) az örvényáramú szeparátorokkal az egyes fémek (pl. réz és alumínium) is elválaszthatók.



14. ábra Örvényáramú szeparátor

### ***c. Az elektromosan szigetelő anyagok leválasztása***

Az elektromos szigetelő részecskék röppályáját is befolyásolni lehet. Az elektrosztatikus szeparátorok (15. ábra) adagolórendszerében a fellépő súrlódás hatására a nem-vezető részecskék felülete elektrosztatikusan töltötté válik. Ezután a vegyes frakció erős elektrosztatikus mezőn halad át, ahol a töltött szemcsék felvett polaritásuknak megfelelően kitérnek, és elkülönülnek a többi anyagtól.



15. ábra Elektrosztatikus szeparátor



## **II. Biológiai kezelés**

*Eljárások:* a. aerob kezelés, b. anaerob kezelés, c. biológiai szárítás.

- a. Aerob kezelés: különböző komposztálási technikák, eredményük komposztszerű anyag.
- b. Anaerob kezelés: rothadási folyamat eredményeként biogáz keletkezik.
- c. Biológiai szárítás: a hulladék gyors melegedési fázison esik át, amelyet aerob mikroorganizmusok tevékenysége okoz. A mikroorganizmusok által generált hő a hulladék gyors száradását eredményezi. Gyakran alkalmazzák másod-tüzelőanyag előállítására.

## **III. Az MBH kimenő anyagáramai, termékei**

Technológiától függően különböző kimenő anyagáramok:

- Komposztszerű anyag: Minőségétől függően használhatnak szántóföldeken talajjavításra, hulladéklerakók takarófeldeként vagy tájrekonstrukcióra.
- Biogáz: elektromos áram illetve hőtermelésre lehet használni.
- Másodlagos tüzelőanyag (RDF): ez az eljárás során kiválogatott, magas fűtőértékű frakció, amelyet égetve hasznosítanak.
- Bio-stabilizált hulladék: A kezelés után visszamaradt szilárd anyag, amely végleges lerakásra alkalmas, környezetre nem veszélyes.
- Újrahasznosítható anyagok: amelyeket a mechanikai kezelés során válogatnak ki, mint a fémek, az üveg és a kövek.

## **IV. Az MBH előnyei és gyengeségei**

a. Előnyei:

- A hulladékból kinyerhető számos hasznosítható anyag.
- A végtermékek más folyamatokban hasznosíthatók (energiatermelés).
- A hulladék mennyiségének és veszélyességének csökkentése, ezzel az egyes lerakók élettartama nő, így nem szükséges más területek ilyen célú igénybevétele.
- A lerakott hulladék jobban tömöríthető, takaró föld nem szükséges.
- Meglévő, működő technológiák kombinációin alapul.

b. Hátrányai:

- A vegyesen gyűjtött hulladékból kiválogatott újrahasznosítható anyagok minősége rosszabb, mint a szelektív gyűjtésből kikerülő anyagoké.
- Az eljárás önmagában nem elégséges, szükség van még más kezelésekre is pl.: a maradék lerakóban való elhelyezésére.

## **Irodalom**

-Dr. Alexa László; Kiss Tibor; Olessák Dénes: Hulladékgazdálkodási kézikönyv II., KJK-KERSZÖV Jogi és Üzleti Kiadó Kft., 2005, 109-137.o.

-Prof. Dr. Csóke Barnabás, Dr. Alexa László, Olessák Dénes, Ferencz Károly, Dr. - Bokányi Ludmilla: Mechanikai-biológiai hulladékkezelési kézikönyv, Profikomp Kft.

-<http://www.mbt.landfill-site.com/Page1/page1.php>

-<http://www.bio-genezis.hu>