

**Csóke Barnabás – Böhm József**

### **Regionális hulladékgazdálkodási feladatok Észak-Magyarországon**

#### **Bevezetés**

Az emberi szükségletek kielégítése - a termelés és a fogyasztás - során mindig keletkezik olyan maradékanyag, termék, elhasznált eszköz vagy csomagolóanyag, amelyet a keletkezés helyén a tulajdonos - gazdasági és műszaki okok miatt- sem az eredeti célra, sem más célra nem tud, nem kíván, vagy nem akar felhasználni, amelytől ezért meg kell szabadulnia- *ez a hulladék* (1. táblázat).

*1. táblázat: A főbb hulladékokból évente keletkező mennyiség Magyarországon*

Szilárd települési hulladék	4500 kt
Termelési hulladék:	85000 kt
Mezőgazdasági hulladék	35000 kt
Építési hulladékok	7000 kt
Gumiabroncs	42 kt
Akkumulátor	25 kt
Hűtőgép, hűtőszekrény	200000 db
Gépjármű	150000 db
Elektromos, elektronikai termékek	140 kt
TV készülék	300000 db
Számítógép	250000 db

*Forrás: BAY-LOGI, Miskolc*

A folyamat kiindulópontja az ásványi nyersanyagok kitermelése, amely a környezetbe való jelentős beavatkozással jár. A termelés és a fogyasztás hulladékainak lerakása pedig környezeti ártalmakat idézhet elő, és értékes földterületeket von el a természettől, valamint a mezőgazdaságtól. Mindez arra ösztönzi a társadalmat, hogy a termelést és a fogyasztást elsősorban a hulladékképződését megelőző hulladékszegény technológiák alkalmazásával és környezetbarát termékek előállításával, másodsorban a hulladék-anyagok termelési-fogyasztási folyamatba való minél teljesebb visszaforgatásával, valamint a hulladékok kezelésével, ártalmatlanításával a környezetet és a természeti erőforrásokat kímélő módon folytassa. *E tevékenységet összefoglalóan hulladékgazdálkodásnak nevezzük.*

A fejlett hulladékgazdálkodás kialakítása azonban igen összetett feladat, amely igényli: egyrészt a közreműködők – a termelők-vállalkozók, a lakosság, a hulladékkezelők, valamint a kormányzat és önkormányzat - feladatai a törvényi és gazdasági összehangolását, másrészt a szükséges műszaki technológiai rendszer hazai kialakítását. Ez utóbbi feladat nagyságát az osztrák e célra rendelkezésre álló műszaki bázis példáján szemléltetjük.

2. táblázat: A hulladékkezelő és hulladékhasznosító művek száma és kapacitása Ausztriában

Berendezéstípusok	Darab	kt/év
Fizikai-kémiai hulladékkezelő művek és speciális feldolgozó üzemek (főként fizikai előkészítőművek, mint pl. elhasznált autó, hűtőszekrény, háztartási és elektronikai eszközök, valamint az ólom akkumulátor, nehézfém tartalmú iszapok, stb. feldolgozó üze­mei)	148	932
Építési törmelék feldolgozó előkészítő üzemek, ill. berendezések	160	5000
Termikus hulladékkezelő üzemek	65	1800
Biológiai hulladékkezelő üzemek (maradék hulladék feldolgozására)	9	303
Biohulladék komposztáló művek	489	763
Válogatómű	98	650
Anyaghasznosító üzemek	67	1900

Forrás: Umweltbundesamt, Anlagendatenbank, 1998

A hulladék kezelésére Ausztriában - lerakók nélkül - mintegy 940 üzem szolgál (2.táblázat), amelyekben hulladékok kémiai, termikus, biológiai, vagy fizikai átalakítása, hasznosítása történik. Hazai szempontból különösen is feltűnő a fizikai hulladék előkészítő üzemek nagy száma. Az elhasznált autók, hűtőszekrények, elektronikai készülékek, akkumulátorok, fénycsővek, nehézfém tartalmú iszapok, stb. újrahasznosításra való előkészítésére 148 előkészítőművet üzemeltetnek; szelektíven gyűjtött szilárd települési hulladékokat válogató művek száma 98; az építési hulladékokra 160 és komposztálásra 489 előkészítő üzemet telepítettek. Mindezekből az előttünk álló feladatok nagysága és pénzügyi követelményei is érzékelhetők.

A hulladékok hasznosítását szolgáló mérnökök felelőssége azonban igen nagy, hiszen a napjainkban és az elkövetkező 10 évben megvalósuló több száz üzemet magába foglaló hazai hulladékgazdálkodási infrastruktúra meghatározza a tevékenység gazdasági és társadalmi eredményességét, valamint környezetünk állapotát.

Jelen munka, a bemutatott példákon keresztül, a korszerű szemlélet és hulladékgazdálkodási technológiai rendszer minél eredményesebb kialakítását kívánja elősegíteni, különös tekintettel az észak-magyarországi régióra.

### Hulladékgazdálkodás helyzete az Észak-magyarországi régióban

A 3. táblázat a nagy hulladékcsoportok Észak-Magyarország régióban keletkezett mennyiségét szemlélteti.

3. táblázat: Hulladékok éves mennyisége Észak-Magyarországon

Hulladék	Mennyiség, kt/év
Ipari és más gazdálkodói nem veszélyes hulladékok	3 260
Mezőgazdasági és élelmiszeripari nem veszélyes hulladékok	1 130
Települési szilárd hulladék	680
Települési folyékony hulladék	620
Építési, bontási és más inert hulladék	430
Összesen	6 160

Az ipari hulladékok közül legjelentősebb mennyiséget az erőműi pernye képviseli (74 %), de tetemes a kohászati salakok és a bányameddő (együtt 15 %) mennyisége is.

4. táblázat: Hulladékok kezelése az Észak-Magyarország régióban

Hulladék	Hasznosítás foka, %	Lerakott mennyiség tömegaránya, %
Ipari és más gazdálkodói nem veszélyes hulladékok	25	76
Mezőgazdasági és élelmiszeripari nem veszélyes hulladékok	90	5
Települési szilárd hulladék	17	83
Építési, bontási és más inert hulladék	55	45

Az összes hulladéknak a Régióban hozzávetőlegesen a harmadát hasznosítjuk (4.táblázat), ennek fele a mezőgazdasági és élelmiszeripari hulladék. Mind a települési szilárd hulladékok, mind az ipari hulladékok esetében azonban még mindig nagyobb a lerakott hulladék aránya, mint a hasznosítotté. Az ipari hulladékok esetében különösen a pernyehasznosításban való lemaradásunk szembetűnő az európai összevetésben: a fejlett európai országokban a pernyehasznosítás eléri a 60–80 % - t.

5. táblázat: Szilárd települési hulladékokból származó csomagolóanyag-hulladékok szelektív gyűjtés és válogatás, valamint égetés révén a fejlett országokban

Ország	Hasznosítás %	Hasznosítás anyagában, %	Hasznosítás* égetéssel, %
Dánia	83	37	65
Németország	65	63	25
Franciaország	55	40	42
Olaszország	32	3	16
Hollandia	-	55	40
Ausztria	66	61	
Svédország	65	58	55
Nagy-Britannia	34	30	10
Magyarország	34	3...6	kb. 10

Forrás: külföldi adatok Datenbank der Wirtschaftskammer Österreich, 00.10.

\* -a szilárd települési hulladék teljes mennyiségéhez viszonyítva

A szilárd települési hulladékok esetében az európai fejlett országokkal való összevetésből kitűnik (5. táblázat), hogy az anyagában hasznosításban igen sok a tennivalónk, a termikus hasznosítás vonatkozásában a helyzet pedig elkészerítőnek is mondható. Mint későbbiekben bizonyítjuk ezen a helyzeten a jelenleg megvalósult (miskolci és sajókazai válogatómű, ill. komposztáló egységek) és a tervezett fejlesztések (egri, nógrádi és bodrogkeresztúri válogató és komposztáló üzemek) csak részben jelentek előre lépést, s nem adnak megoldást a lerakásra kerülő mennyiség gyökeres csökkentésére.

Az építési hulladékok vonatkozásában igen biztató a helyzet, az aszfalt hulladék éves mennyisége 15 kt, a meglévő kapacitás (4 egység) 27 kt. Az ipari eredetű 120 és a lakosságtól származó 300 kt építési, bontási hulladék hasznosítására 3 korszerű üzem már megépült (Sajókazán, Bodrogkeresztúrtban és Egerben) 200-250 kt kapacitással, és további üzemek építési várható.

Magyarországon kb. 140 kt elektronikai-letrotechnikai hulladék keletkezik. Észak-Magyarországi mennyisége 4000...6000 t/év –ra becsülhető (6.táblázat). Az eddig létrejött kézi bontási kapacitás (11 db kis bontó) e hulladék kb. 50 %-ának bontását fedi le, a korszerű gépi feldolgozás azonban (shredder-üzem) teljes mértékben hiányzik, ami komoly anyagi veszteséggel jár, hiszen az jobb feldolgozottság nagyobb termékárat von maga után.

6. táblázat: Elektronikai eszközök a régióban

	A régióban használatban van	A régióban évente kidobásra kerül
Színes TV	541 000	100 000
Fekete-fehér TV	127 000	38 000
Videomagnó	259 000	78 000
Videokamera	27 000	8 000
Telefon	464 000	139 000
Mobiltelefon	96 000	29 000
Számítógép	300 000	100 000

Forrás: BAY-LOGI, Miskolc

A Régió hulladékgazdálkodási koncepciója megfelelő, a kérdés azonban az, hogy az egyes kistérségekre vonatkozó koncepciók milyen konkrét műszaki tartalommal valósuljanak meg.

BAZ-megyében Dél-Borsod, Bódva-Sajó-völgy és Miskolc esetében a nyertes ISPA projekt szerint halad a fejlesztés (lerakó, válogatómű, építési hulladék feldolgozás és a komposztálás már részben megvalósult), Tokaj-Bodrogkeresztúr a teljes projekt kidolgozásának fázisában van (a lerakó és építési hulladékfeldolgozás már megvalósult), a komplex rendszer kiépítése érdekében még van tennivalójuk. Mindemellert a megyében szilárd települési hulladékok esetében maradékhulladék kezelésnek, másodtüzelőanyagok maradék hulladékból erőműi és cementgyári célra történő előállításának, lomok gyűjtése és hasznosítása, átrakóállomások, komposztáló kialakításának; valamint a elektronikai hulladékok gyűjtésének és feldolgozásának a korszerű megoldása is az elkövetkező évek aktuális feladata. A térség bányászati meddői, pernyéi és kohászati salakjai is hasznosításra várnak.

Heves megyében az egeri kistérségben és Nógrádban (a salgótarjáni, nógrádmarecali, bányaterenyei és széchenyi lerakókhöz kapcsolódóan) az egész megyét lefedő rendszer kialakítása a cél: lerakó és Egerben az építési hulladék feldolgozó üzem már megvalósult, a válogatómű(vek), átrakó állomások, komposztáló létesítése a napjaink feladata. Természetesen az elektronikai és ipari hulladékok feldolgozó rendszerei itt is kiépítésre várnak.

A továbbiakban az előbbieken vázolt feladatok megoldásához kívánunk segítséget nyújtani.

### Szilárd települési hulladékok komplex feldolgozása és hasznosítása

#### **Hagyományos kezelés szelektív gyűjtéssel, válogatással és komposztálás, valamint lerakással vagy égetéssel**

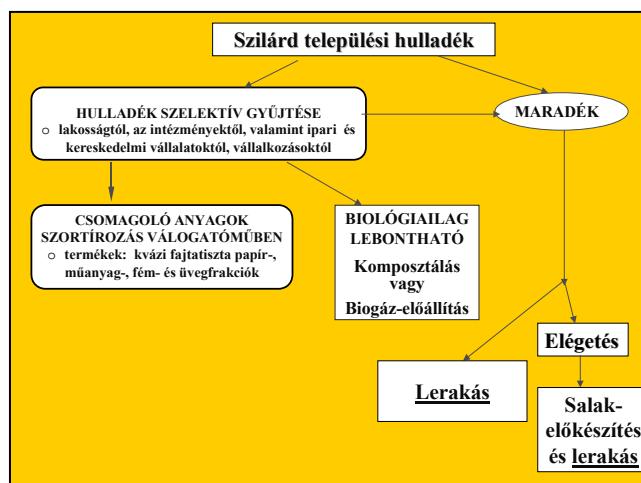
Magyarországon 4,0-4,5 millió tonna háztartási és összetételében ahhoz hasonló ipari-kereskedelmi hulladék keletkezik, amely jelenleg nagyrészt deponálásra kerül.

A fejlett ipari országokban szilárd települési hulladékok kezelésének többé-kevésbé egységes rendszere alakult ki Európában, amit ma mi is követünk (1.ábra). E szerint a szilárd települési hulladék az együttkezelhetőség szempontjából három fő hulladékcsoportra bontható:

1) *csomagoló anyagok*: a szilárd települési teljes hulladék 30-40 % -a; *üveg* : fehér, barna, zöld; *papír*: nyomdai termékek, karton, hullámpapír; *könnyű csomagoló anyagok*: fémek: vas és alumínium konzerves, italos és más dobozok; műanyagok.

2) *biohulladékok*: 40-50 %; biológiailag lebontható természetes anyagok (növényi hulladék, ételmaradék stb.);

3.) *maradvány*: 30-10 %.



1. ábra: Szilárd települési hulladékok

Ennek megfelelően a hulladékgazdálkodási hagyományos rendszer fő elemei: a csomagolóanyagok szelektív gyűjtése és szortírozás (válogatása); a biológiailag lebontható rész szelektív gyűjtése és kezelése (komposztálás és biogáz előállítás); és a maradvány elégetése és/vagy lerakása.

**Hagyományos rendszer tovább fejlesztése a maradékanyag kezelése-hasznosítása érdekében: másodnyers- és tüzelőanyagok előállítása**

A fenti ma már hagyományosnak tekinthető rendszernek vannak azonban hátrányai is:

- Nem csökkenti elegendő mértékben a lerakandó hulladék mennyiségét: mivel a csomagolóanyagok és a biológiai lebontható rész szelektív gyűjtésének hatásfoka kb. 50...60 %, ezért a kezeletlen maradvány a teljes települési hulladék 50...60 %-a - a hulladék tetemesebb része tehát – kezeletlenül kerül lerakásra, emiatt a lerakás költségei továbbra is nagyok.
- E települési szilárd maradékanyag ugyanakkor alapvetően mezőgazdasági, ill. energetikai szempontból hasznos komponensekből áll: ez egyaránt igaz biológiailag lebontható, mind pedig biológiailag nem lebontható (vagy nehezen lebontható) szerves részre.
- A szelektívgyűjtés (csomagoló és biológiailag lebontható anyagokra) és kézi-gépi válogatás túlerőltetése e rendszert is gazdaságtalanná teszi, különösen igaz ez a BAZ és Nógrád megye számos kistérsége vonatkozásában, ahol az egy főre vetített éves szilárd települési hulladék mennyisége nem éri el a 300 kg-t, és az iparból származó háztartási jellegű (azaz a háztartáshoz hasonló – nemtermelés specifikus) ipari hulladék jelentős ipar és szolgáltatás hiányában elenyésző.
- A kezdetben szelektív gyűjtést követően képződő települési maradék hulladék elégetése
  - a maradék kedvezőtlen tüzeléstechnikai tulajdonságai (alacsony fűtőérték, nagy nedvesség- és hamutartalom) miatt - gazdasági szempontból előnytelen.

A fentiek vezettek: elsőként (kb. 20...25 éve) a lakossági hulladékból másodtüzelőanyag előállítására mechanikai eljárásokra alapozott technológiákkal (német rövidítése BRAM =

Brennstoffs aus Müll, angol rövidítése RDF: Refuse Derived Fuel), majd pedig a 90-es években a maradékanyag a biológiailag lebontható része nedvességtartalmának csökkentésére, és jobb minőségű alternatív tüzelőanyag előállítása érdekében a szilárd települési hulladék maradékanyagának ún. stabilizációs (elsősorban biológiai stabilizációs) kezelésének a bevezetésére.

*Az aerob biológiai stabilizációs kezelés* (amikor a szerves anyagokból CO<sub>2</sub> és víz keletkezik, a teljes maradékanyag 40 %-al, a kiindulási anyaghoz képest a nedvességtartalom felére-harmadára csökken a lebontás során, a kezelt anyag fűtőértéke több mint kétszeresére nő) egyik fő célja a lerakóban különböző gázok és szivárgó, illetve lefolyóvizek mennyiségének csökkentés, azaz a környezetet károsító komponensek minimalizálása, illetve a teljes megszüntetése. A másik, előbbivel szoros kapcsolatban álló célkitűzés, hogy a rendelkezésünkre álló mikroorganizmusokat úgy használjuk fel, a működésüket úgy befolyásoljuk, hogy a kiindulási anyagban (hulladékban) meglévő toxikus tartalmat a legnagyobb mértékben minimalizáljuk. Ezt az eljárást biológiai stabilizálásnak nevezzük.

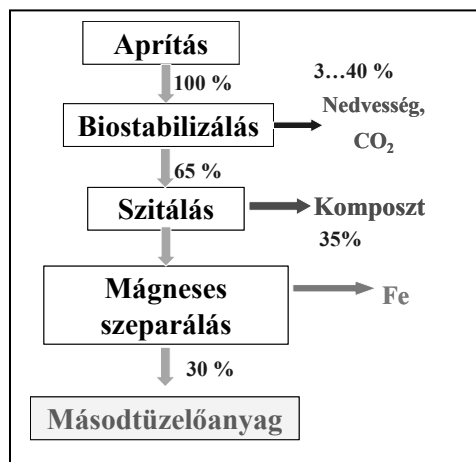
*Mechanikai-biológiai stabilizálás* (Csőke 2004, Csőke-Alexa-Olessák-Ferencz-Bokányi 2006, Csőke 2003)

(német rövidítése: MBA=Mechanisch-biologische Abfallbehandlung; angol rövidítés: MBT = Mechanical-biological treatment) általános célja:

- egy, a nagyfűtőértékű komponensekben gazdag és
- egy, a nagyfűtőértékű komponensekben szegény frakció előállítása, ill. ennek a terméknek lerakása: olyan lerakandó termék előállítása, ami megfelel a lerakóba elhelyezés feltételeinek mind az eltávozó levegő, mind a szivárgó víz, mind pedig a szilárd fázisból való kioldódásra vonatkozóan.

E technológiával 3000...6000 kJ/kg fűtőértékű és

- Rendszerint az anyagot biológiai úton stabilizálják (komposztálják) és a stabilizált anyagból (a stabilátból) nyerik ki szitálással a nagyfűtőértékű komponensekben gazdag frakciót.



2.ábra. A mechanikai-biológiai stabilizálás általános technológiai folyamata

30...45 % nedvességtartalmú 3000...6000 kJ/kg fűtőértékű nyers hulladékból 11000...16000 kJ/kg fűtőértékű és 10 % körüli nedvességtartalmú másodtüzelőanyagot állíthatunk elő. Minderről már megfelelő hazai tapasztalatokkal is rendelkezünk (7. és 8. táblázat).

7. táblázat: Szemcsefrakciók anyagi összetétele  
(Mérés helye: VERTIKÁL Rt., Polgárdi)

Szemcseméret [mm]	Tömeghányad [%]	2002.július 24-i mérés		
		Tömegarány, [%]		Száras anyagra vonatkoztatott fűtőérték F <sub>o</sub> , [MJ/kg]
		Műanyag + textil + papír	kő +egyéb	
> 200	<b>60...50</b>	<b>81,17</b>	7,22	<b>21,22</b>
150 – 200		<b>77,59</b>	12,87	
100 – 150		<b>79,10</b>	9,86	
50 – 100		<b>61,20</b>	23,71	
20 – 50	<b>40...50</b>	41,44	<b>42,30</b>	<b>7,37</b>
12 – 20		19,13	<b>66,29</b>	
8 – 12		12,12	<b>80,60</b>	
– 8		0...10	<b>90...100</b>	
Σ	100	53,41	33,88	



Eljárástechnikai szempontból igen fontosak a részletek, nevezetesen a szemcsefrakciók tulajdonságai (Csőke 2004, Csőke-Alexa-Olessák-Ferencz-Bokányi 2006, Csőke 2003). Megállapítható, hogy

- a fűtőérték a szemcsemérettel szignifikánsan nő (8. táblázat), miközben a hamu- és nedvességtartalom ellenkező képet mutat: a kisebb méretfrakciókban nő meg;
- mindegyik egyértelmű magyarázattal szolgál az (7. táblázat), hogy: az anyagi összetétel szempontjából két legfontosabb anyagszoport, nevezetesen a leghasznosabb *éghető anyagok (műanyagok, textil, papír)* és az *ásványos (kőzet +komposzt)* rész, eltérően helyezkedik el (eltérően rendeződik el) a stabilizált anyag szemcseméret-frakcióiban; a >50 mm szemcsefrakciók éghetőben növekvő módon dúsabb, a < 50 mm szemcsefrakciók jórészt kőzet és komposzt (egyéb) szemcsékből állnak.
- Az anyagi összetétel vonatkozásában kiemelésre érdemes továbbá, hogy
  - a műanyag és a textil a legnagyobb méretű frakcióban (> 100 mm),
  - a papír a közepes szemcseméret-frakcióban (20...100 mm),
  - a komposzt pedig a legkisebben (< 20...50 mm) dúsul.

8. táblázat: Stabilát fő tüzeléstechnikai jellemzői

(Mérés helye: VERTIKÁL Rt., Polgárdi)

<b>BIOSTABILIZÁLT HULLADÉK</b>				
Szemcse- méret x, [ mm ]	Tömeg- eloszlás [% ]	Fűtő- érték MJ/kg	Nedvesség- tartalom [% ]	Hamu- tartalom [% ]
<50	54,09	6,33	10,59	41,2
50 – 150	34,72	12,94	6,14	25,7
>150	11,19	20,43	3,33	27,5
<b>Σ</b>	<b>100,00</b>	<b>10,20</b>	<b>8,23</b>	<b>34,3</b>
<b>Σ mért</b>		<b>11,79</b>		<b>32,9</b>
<i>Vegyes kemény műanyag</i>				
<b>Σ mért</b>		36,17	0	3,7
<b>NYERSHULLADÉK</b>				
		Fűtőérték MJ/kg	Nedvességtartalom [% ]	Hamutartalom [% ]
<b>Σ mért</b>		<b>5,79</b>	<b>26,86</b>	<b>29,8</b>

A 9. táblázat adataiból az is egyértelműen kitűnik, hogy a szemcseméret alkalmas megválasztásával a tüzelőanyag-termék minősége (fűtőértékre, hamu és nedvességtartalma) szabályozható – mindezt az előzetes (biostabilizálás előtti) vagy utólagos (stabilizálás után) aprítással is befolyásolhatjuk. Az eljárás alkalmazása Európában (Csőke 2004, Csőke-Alexa-Olessák-Ferencz-Bokányi 2006, Csőke 2003) meglehetősen széleskörű (9. táblázat)

9. táblázat: MBA kapacitás az európai országokban

Ország	MBH kapacitás (ezer t/év)
Olaszország	7 500
Németország	5 600
Ausztria	3 000
Spanyolország	2 100
Lengyelország	500
Franciaország	300
Portugália	200
Horvátország	60
Összesen	19 260

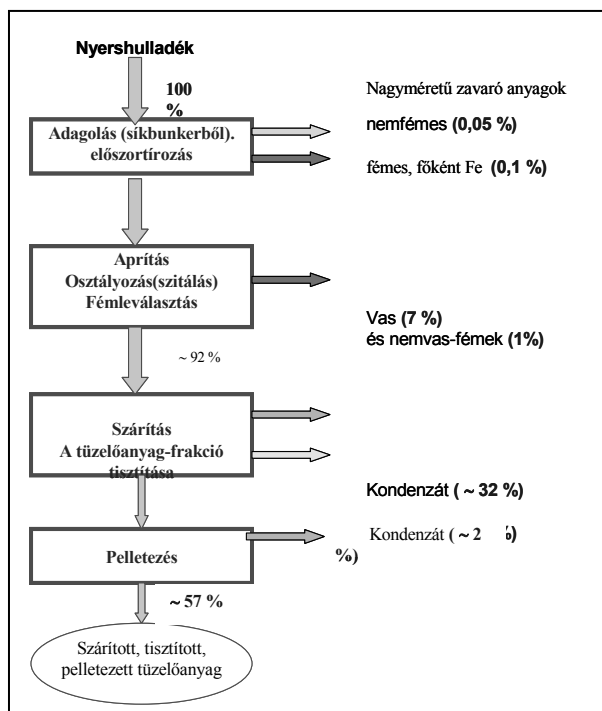
Forrás: Csőke 2004, Csőke-Alexa-Olessák-Ferencz-Bokányi 2006, Csőke 2003

*Mechanikai-fizikai stabilizálás* (német rövidítése: MPS=Mechanisch-physikalische Stabilisierung, angol rövidítése: MPS=Mechanical-physical stabilization)

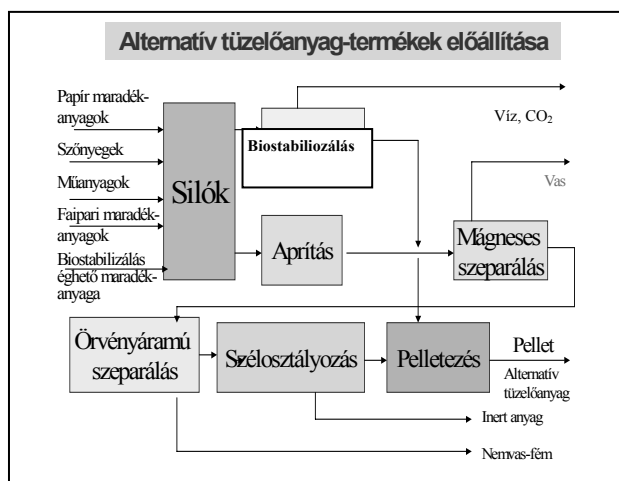
A mechanikai-fizikai stabilizálás fő célja olyan tüzelőanyag előállítása (3. ábra), amelynek elegendően kicsi a nedvességtartalma (< 10 %), és a kívánt mértékben mentes a nem éghető inert és fémes anyagoktól. Ezért a kinyert laza alternatív tüzelőanyag frakciót szárításnak és fémleválasztásnak vetik alá, végezetül pedig rendszerint pelletéznek (vagy brikettezik). A főbb műveleteket az alábbi ábra mutatja be. Cél továbbá a lerakandó anyag minimalizálása, a teljes széntartalom hasznosítása.



A nagyobb tüzeléstechnikai minőségi követelményeket (mint amelyet pl. a cementgyárak igényelnek) csak újabb minőségjavító (elsősorban sűrűség szerint szeparáción alapuló) műveletek alkalmazásával elégíthetjük ki. Ezért a szilárd települési maradék hulladékokból történő másodtüzelőanyag előállításakor a szélesebb körű hasznosítás érdekében a stabilizálás során kapott terméket célszerű más, főként az iparból származó nagyfűtőértékű hulladékokkal minőségi (garantáltan állandó összetételű és garantált fűtőértékű) terméké formálni. Erre mutat példát az 4. ábra.



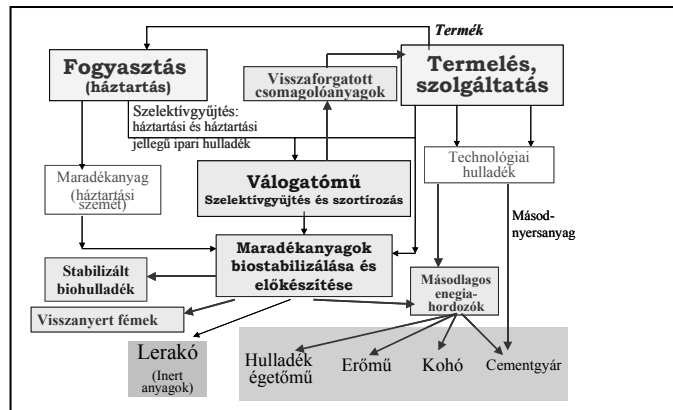
3. ábra: A mechanikai-fizikai stabilizálás



4. ábra: Hulladék-előkészítési technológia tüzelőanyag előállítására

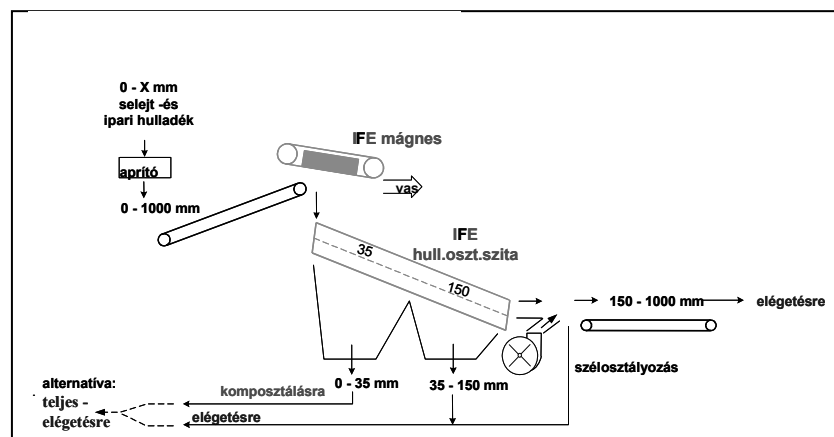
Forrás: Csöke 2004, GVOP-3.1.1.-2004-05-0460/3.0 projekt

A szilárd települési hulladékok biostabilizálással és másodtüzelőanyag előállításával kialakult kezelési rendszerét a 5. ábra szemlélteti.



5.ábra: A csomagolóanyagok szelektív gyűjtésével és a válogatóműben történő szortírozásával egységes rendszert képező biostabilizálás komplex hulladékgazdálkodási rendszere  
Forrás: Csőke 2004, GVOP-3.1.1.-2004-05-0460/3.0 projekt

A másodtüzelőanyag nyers maradék hulladékból történő előállítására az IFE technológiáját [18] mutatjuk be (6.ábra). A technológiai folyamatban az előaprított anyagot elsőként mágneses szeparálásnak vetik alá, majd 35 a komposztálásra leválasztják a biológiailag lebontható finom (< 35 mm-es) részt, ezt követően a > 35 mm-es részt 150 mm-es nyílásméretű szitával egy nagyobb és egy kisebb fűtőértékű részre bontják (ez utóbbi az égetőművekben kerülhet feladásra). A durvább frakcióból (>150 mm) szélosztályozóval egy kissűrűségű (főként fóliából álló) nagy fűtőértékű részt is leválasztanak a cementgyárak számára, a szélosztályozó másik (nagyobb sűrűségű, tömegű) terméke az erőművekben égethető el.

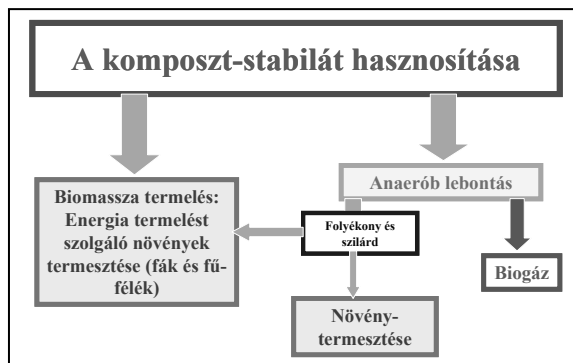


6.ábra: Ipari hulladék feldolgozása – 1. kiépítési fokozat  
Forrás: IFE katalógus

A fenti rendszernek is vannak hiányosságai:

- Nagy mennyiségű a komposzt-stabilát, kérdéses a teljes mennyiség hasznosítása.
- A komposzt-stabilát mezőgazdasági hasznosítása nem megoldott.

#### **Stabilát további feldolgozása, hasznosítása**



7.ábra: Komposztrész hasznosítása energia növények (füvek, erdők), valamint biogáz előállítására

Forrás: GVOP-3.1.1.-2004-05-0460/3.0 projekt

- Ha az égetőműbe adom fel a komposzt-stabilátot is (azaz a teljes stabilátot elégetem), akkor az így kapott tüzelőanyag fűtőértéke alacsony (csak hulladék-égetőműben lehet elégetni).

E hátrányok kiküszöbölhetők a komposzt anaerób lebontásával, amivel biogázhoz, valamint, a növénytermesztésben, ill. az energetikai növények (fűfélék, fa) termesztésében trágyaként hasznosítható folyékony és szilárd anyaghoz jutunk (7. ábra), (GVOP-3.1.1.-2004-05-0460/3.0 projekt).

*Itt érdemes egy új technológia alkalmazását is megvizsgálni, nevezetesen a biogáz és biostabilát előállítását komplex A-A-A (aerob-anaerob-aerob) száraz fermentálási technológiával.*

Az új eljárás alapja az anaerób és az aerob erjesztés közismert folyamatainak összekapcsolása. A hagyományos biogáz-előállításakor bemenő anyagok betáplálása a reaktorba napi rendszerű, amelyben a tartózkodás 7-21 napra tehető a kiindulási anyagok minőségének függvényében. Az új eljárás arra törekszik, hogy az általános anaerób eljárásokkal szemben, ahol csak nedves (legfeljebb 10 százalékos szilárdanyag-tartalmú) hulladékot tudnak kezelni, az új eljárásnál „szárazon”, azaz a nyers hulladék természetes nedvességtartalmához közelálló nedvességtartalom mellett is (a szilárd kommunális hulladék jellemzően körülbelül 40-50 százalékos szilárdanyag-tartalmú) hatékony anaerób fermentálás valósuljon meg.

*Előnyök:*

- Az eljárás a szilárd települési nyers hulladék összes biológiailag lebontható szerves anyag tartalmát egyetlen technológiai folyamatban kétértékes terméké alakítja át: biogázzá és komposzttá.
- Az eljárás során nem történik szennyezőanyag-kibocsátás, szivárgás, illetve nem keletkezik kilúgozott anyag.

- A keletkező gáznemű termékek tisztítás után elégetésre kerülnek. Az előállított biogáz körülbelül 50-60 százaléka metán (a földgáz fő alkotóeleme), körülbelül 40-50 százaléka pedig szén-dioxid.
- A folyamat során nyert komposzt, a megfelelő mechanikai tisztítást követően, talajjavító mezőgazdasági felhasználásra, illetve rekultivációs célokra hasznosítható.

### **Ipari melléktermékek, mint másodlagos építési nyersanyagok**

Hazánk nagy mennyiségű ipari ásványi melléktermékkel rendelkezik, amelyek hányókban, halnákban vagy hulladéklerakókban nyertek és nyernek elhelyezést. A legjelentősebbek:

- Bányameddők: ~1000 millió m<sup>3</sup> (~1 milliárd m<sup>3</sup>)
- Erőműi salakok és pernyék: ~180 millió m<sup>3</sup>
- Kohászati salakok: ~10 millió m<sup>3</sup>
- Építési hulladékok ~7 millió m<sup>3</sup>/év keletkezett

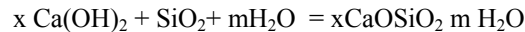
Ezek az anyagok, amint az 10. táblázat is szemlélteti, különösen az építőipar és az útépités számára, jelentős másodnyersanyag-források.

#### ***Szénerőműi pernyék***

(szerk. Gáspár 2005, Erőműi pernye, kohosalak...2004, GVOP-3.1.1.-2004-05-0113/3.0 projekt)

Hazánkban a szilárd tüzelőanyagok (kőszén, barnaszén, lignit) mai is fontos szerepet játszanak az energia-termelésben. Évente mintegy 4-5 millió tonna pernye és salak keletkezik, melyből 3,5 millió tonna az elektrofilterekben leválasztott finom pernye. A tárolt ~184 millió m<sup>3</sup> pernye amellet, hogy környezeti kockázatot jelent a környező felszíni és felszínalatti vizekre, értékes földterületeket (1000 ha) von el a gazdaságtól.

Az erőműi pernye szenek elégetésekor keletkező, az elektrofilterekben vagy mechanikai porleválasztókban leválasztott puccolános tulajdonságokkal, ill. puccolános aktivitással rendelkező porszerű maradékanyag, amely vízzel keverve önmagában rendszerint nem, de oldott kalcium-hidroxid jelenlétében megköt, gyakorlatilag vízben oldhatatlan reakcióterméket képezve (hidraulikusan) megszilárdul:



A  $\text{Ca(OH)}_2$  és a pernye aktív anyaga (elsősorban az  $\text{SiO}_2$ ) közötti reakciót puccolános reakciónak nevezik, a pernyét pedig „mesterséges puccolánnak”. A pernyék puccolános tulajdonságait, ill. aktivitását a fizikai és kémiai jellemzők összessége határozza meg, legfontosabbak:

- kémiai- és fázisösszetétel,
- diszperzitásfok (szemcseméret-eloszlás, fajlagos felület),
- pernye-részecskék morfológiája.

A pernye túlnyomóan amorf (üveges). Kristályos komponensei a mullit, a kvarc, a magnetit és a hematit. A nagy Ca-tartalmú pernyékben periklász, anhidrit, kalcit, alkalicémes szulfátjai, melilit, merwinít, nefelin, szodalit,  $\text{C}_3\text{S}$  és  $\text{C}_2\text{A}$  is előfordul. A pernye puccolános aktivitásában a „reakcióképes”  $\text{SiO}_2$  és  $\text{Al}_2\text{O}_3$  mennyisége a mérvadó, amelyeket alapvetően az üveges fázis hordoz. A hazai savanyú pernyék általában jelentős „üvegfázist” tartalmaznak, és az üvegfázisban jelenlévő  $\text{SiO}_2$  és  $\text{Al}_2\text{O}_3$  70-80 %-a reakcióképes. A pernye őrléssel (>4000 cm<sup>2</sup>/g fajlagos felületre) hatásosan aktiválható (GVOP-3.1.1.-2004-05-0113/3.0 projekt, Csőke-Mucsi-Opoczky-Gábel).

A hazai pernyéket kémiai összetételük alapján két nagy csoportba oszthatjuk:

- *savanyú pernyék*: SiO<sub>2</sub> tartalmuk (45-60 %) és a CaO tartalmuk nem haladja meg a 15 %-ot (újabb szabályozás szerint az aktív mésztartalom a 10 %-ot nem haladhatja meg).
- *bázikus pernyék*: 30-40 % CaO és csak 20-25 % SiO<sub>2</sub> tartalmaznak. (aktív CaO 10 % feletti lehet).

10. táblázat: Ipari ásványi melléktermékek felhasználási módja

Felhasználási terület	Felhasznált melléktermék
<b>Közvetlen felhasználás</b>	
töltések, földművek építése	bányameddő, kohászati salakok, erőműi pernyék, építési hulladék (törmelék)
aszfaltgyártás (finom filler kiváltására)	erőműi pernye
beton adalékanyagként (szemcseösszetétel beállításához)	bányameddő, kohósalak, erőműi pernye és salak, építési hulladék (főként betontörmelék)
mechanikai stabilizáció szemcsés adalékanyaga	bányameddő, kohósalak, építési hulladék
kötőanyag stabilizáció szemcsés adalékanyaga	bányameddő, kohósalak, építési hulladék
<b>Közvetett felhasználás</b>	
önálló kötőanyag	bázikus pernye, kohósalak, szénbányászati kiégett vörös salak
aktiválás bázikus adalékkal és kötőanyagként történő felhasználása	savanyú pernye, szénbányászati kiégett vörös salak
stabilizációk készítése (előkevert, helyszínen kevert)	bázikus pernye és aktivált pernye, kohósalak, szénbányászati kiégett vörös salak

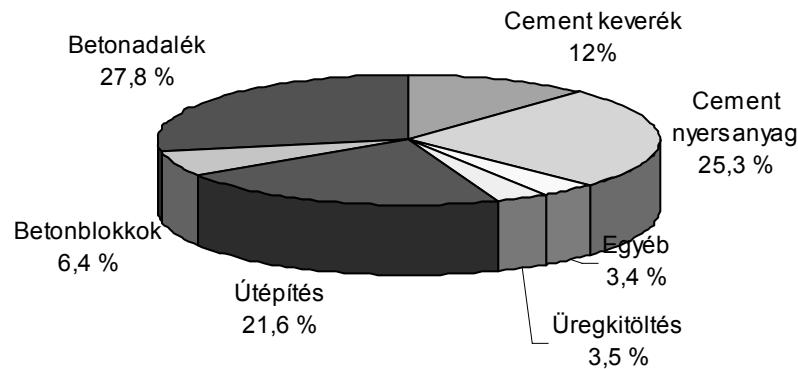
11. táblázat: Hazai erőművek pernyéinek részleges kémiai összetétele [%]

	Erőmű	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	Izz.v.
1.	Gyöngyösvisontai	55-60	16-18	8-12	5-7	1,4-2,5	1,5-6,5	1-2	0,2-0,0	2,6-6
2.	Tisza-palkonyai	55-60	25-28	5-7	3-7					1-2
3.	Pécsi	50-56	24-34	8-12	1-4	1-2	0,5-1,0	0-0,5	1,5-2,5	3-6
4.	Borsodi	49-55	21-28	7-12	5-10	1,5-3	1-3	1,0-2,2	1-1,3	1-3
5.	Tatabányai	45-51	24-32	7-15	2-8	2-8	1-7	1-2	0,5-1,3	1-3
6.	Mátravidéki	45-52	16-20	11-14	8-12	2-4	2-4	0,5-1,5	0-0,5	0,5-3
7.	Oroszlányi	41-18	25-28	9-17	7-11	2-4	3-3	0,5-1,5	0,5-1,0	1-2
8.	Ajkai	19-25	15-26	7-16	35-43	3-5	4-10			0-2
9.	Inotai	18-30	6-11	8-11	32-34	3-6	4-8	1,3-1,6	0,7-0,0	0,5-3

A pernyét több évtizede felhasználják, mint építőanyagot (8. ábra), (szerk. Gáspár 2005, Erőműi pernye, kohósalak...2004). A hasznosítással kapcsolatban sem ökológiai, sem egészségügyi hátrány nem merült fel. A pernye nem toxikus. Különleges intézkedés a feldolgozásánál és alkalmazásánál nem volt szükség. Radioaktivitásának mértéke általában ugyanakkora, mint más építőanyagoké. A nehézfémek túlnyomórészt az üvegamorf fázisban szilárdan megkötve található és a vízzel említésre méltó mértékben nem oldódnak ki. A pernye hasznosítása kémeli a természetes nyersanyag-előfordulásokat, az építési nyersanyagok helyettesítésével tehermentesíti a környezetet azoktól a hatásoktól amely az építési nyersanyagok, alapanyagok (és a szükséges energia) kitermelése, előkészítése igényel.

12. táblázat: Pernyehányók Észak-Magyarországon

Erőmű	Zagyter felülete ha	Zagytert érfogata Mm <sup>3</sup>	Zagyter magassága m
Borsod	15	19,1	3-12
Visonta	51	7,6	8
Tiszai	255	14,1	2-3
Összesen	320	408	



8. ábra: A széntüzelésű erőműi pernyék hasznosítása az EU-ban 2002-ban (EU 15 tagállama)

Forrás: szerk. Gáspár (2005): Erőműi pernye, kohósalak...2004

Külön kiemeljük a szénerőműi pernyét, amely a legértékesebb, és primer ásványi nyersanyagokkal szemben legversenyképesebb ipari melléktermék. Ennek oka a pernye sokoldalú felhasználhatósága (8.ábra), amely miatt a fejlett ipari országokban csaknem teljesen felhasználják:

- Hollandiában, Németországban Belgiumban, Olaszországban, Ausztriában és Dániában ez az arány gyakorlatilag 100 %,
- de például Nagy-Britanniában csak 40 % .

A korábbi években szinte minden megyében épült pernye felhasználásával kísérleti útszakasz. Majd megkezdődött az országos hasznosítás, melynek eredményeként 1975-1990 évek között pernye felhasználásával épült útszakasz:

- pernyés alapréteg ill. erősítő alapréteg esetén ~ 4 millió m<sup>2</sup>,
- pernye töltőanyagú aszfaltréteg ~ 5 millió m<sup>2</sup>.

Az útépitésben a pernye hasznosítás gazdasági előnyeinek forrása:

- *A kisebb halmazsűrűség*, amely kb. fele akkora, mint bármely más primer nyersanyagé (pl. homokos kavics, finom homok, tiszta közúzalék) vagy más melléktermékeké (pl. iszapos homokliszt, meddő közúzalék, tiszta közúzalék), számottevően csökkenti az anyagkitermelés, -mozgatás és -szállítás energiafelhasználását.
- Főként az előbbi okok miatt a pernye megszerzése olcsóbb, mint az egyéb rendelkezésre álló granulátum és kötőanyag.
- A pernyéből készült útburkolat mechanikai tulajdonságai jobbak.
- Kedvezőbb bedolgozhatóság kisebb munka és energiaköltséggel jár.

13. táblázat: fajlagos energiatartalom különbség 1 km autópálya esetében

S.sz	Szerkezet megnevezése	Hagyományos szerkezet			Pernyés szerkezet		
		Térfogat [m <sup>3</sup> ]	Teljes fajl. energiatartalom [MJ/m <sup>3</sup> ]	Teljes energiatart. [MJ]	Térfogat [m <sup>3</sup> ]	Teljes fajl. energiatart. [MJ/m <sup>3</sup> ]	Teljes energiatart. [MJ]
1.	Töltés [m <sup>3</sup> ]	40 000	108,10	4 324 000	44 800	86,48	3 874 304
2.	Javítóréteg [m <sup>3</sup> ]	9 600	109,50	1 050 200	4 800	79,05	379 440
3.	Alsó alapréteg 1. [m <sup>3</sup> ]	4 400	1260,00	5 544 000	4 400	696,00	3 062 400
4.	Alsó alapréteg 2. [m <sup>3</sup> ]	4 200	1462,50	6 142 500	4 200	919,00	3 859 800
Mindösszesen				17 061 700	Mindösszesen		11 175 944
Fajlagos energiatartalom különbség							34,50 %

Forrás: Gáspár L-Karoliny M

Ha feltételezzük, hogy pl. az autópálya valamennyi szerkezeti elemébe (töltés, javítóréteg, alsó alapréteg 1. és 2.) pernyével helyettesítjük a primer ásványi nyersanyagokat, akkor az 13. táblázat szerinti energiaviszonyokat kapjuk.

A táblázatból kitűnik, hogy

- az autópálya minden kilométere 45-51 ezer m<sup>3</sup> mennyiségű melléktermék befogadására képes;
- figyelembe véve, hogy jelenleg éves autópálya-munkálatok meghaladják a 100 km-t, csak az autópálya munkálatok révén több, mint 5 millió m<sup>3</sup> melléktermék építhető be és (cement mészkő és anyag kitermelését is figyelembe véve) kb. 6 millió köbméter primer ásványi nyersanyag kitermelése elkerülhető.

Nagy ellentmondás, hogy a fentiek ellenére a cementgyárak kivételével, mind a beton készítésben, mind pedig az útépítésben a pernyefelhasználás csekély, amelyet az egyébként kiküszöbölhető eljárástechnikai hiányosságok (egyenletes, garantált minőség, megfelelő őrlési finomság hiánya, szállításnál kiporzás) magyaráznak.

**Bányameddők** (Forrás: szerk. Gáspár (2005): Erőműi pernye, kohósalak...2004)

A *bányameddő* bányászati melléktermék, mely nem tartalmazza azt az anyagot, amelyért a bányában a termelés folyik: pl. csökkent érc tartalmú kőzet, nem megfelelő minőségű építőkő, széntelepbe ékelődött kőzetes, éghető anyag tartalom nélküli agyagos, agyagos-márgás kőzetréteg stb..

Az 1990-s években folyó kutatások alapján az országban mintegy öt-hatezer hányón a található bányameddők 1 milliárd tonna mennyiséget képviselnek, amelynek a fele néhány száz objektumra fordul elő. Mintegy 1100-ra becsülhető az egykori országos mérleg szerint jelentősebb, de gyakorlatilag hozzá nem férhető (természetvédelmi terület, lerakóhely,

beerdősödött terület, stb.) hányó. A Magyar Geológiai Szolgálat által nyilvántartott meddőkészlet (ld. 2003 évkönyvet) 485 millió m<sup>3</sup>.

14.táblázat: Bányameddők mennyisége

Borsod-Adaúj-Zemplén	250 Mt
Heves	150 Mt
Nógrád	40 Mt
Összesen:	440 Mt

A hazai és a nemzetközi tapasztalatok szerint a bányákból származó és az előkészítés során keletkező meddő felhasználása fejlett ipari országokban lényegében háromféle módon történik:

- nyersmeddőként közvetlenül feltöltési, üregkitöltési anyagként;
- megfelelő mértékű előkészítéssel, főként aprítás és osztályozás után, útépítési alépítmények - hordozóréteg, hidraulikus és aszfalt útalap – készítésekor adalékanyagaként, a cement- és téglaiipari, kerámiai ipari (mázok, töltőanyagok) másodnyersanyagaként, továbbá burkolólap-gyártás, mezőgazdasági talajjavító-anyag előállításakor nyersanyagaként;
- nagyobb mérvű átalakítást, előkészítést-nemesítést követően építőanyagként: mészadagolással szilikátblokkok, termikus kezeléssel könnyű granulátumok, valamint égetett téglák, lapok gyártásával.

A kiégett szénmeddő vörös salakját –ld. a mellékletben a franci tapasztalatokat- az útépítés sokoldalúan felhasználja, fontosabb területek:

- földmű-építés, gátépítés, tereprendezés ,
- megerősített föld-támfal szemcsés anyaga,
- lakó- és ipartelepi, mező- és erdőgazdasági utak és tárolóterületek, parkolók, sportpályák, sétányok stb. alaprétégenek építése, ill. javított földutak építése, nagyobb forgalmi utak kötőanyag alaprétégenek szemcsés anyaga.

*A kő és kavicsbányák meddőinek hasznosításának módja az útépítésben*

A kőbányák művelése és a zútottkő előállítása különböző fázisaiban háromféle meddő keletkezik:

- lefedési meddő,
- bányaüzemi meddő
- és üzemtelepi technológiai meddő.

A lefedési meddő, a hasznos közetréteg takaró anyaga. Ha a lefedési meddő jelentős hányada homok, murva vagy más hasznosítható anyag, akkor azt elkülönítve, hozzáférhető módon indokolt tárolni. A bányászati (köztes) meddőt többnyire a hasznos közettest kisebb szilárdságú zárványai és üledékei képezik. Az előkészítés során ezt a meddőt vagy az előtörő előtt 80-150 mm-es mozsztott ráccsal, vagy pedig az előtörő után kb. 80 mm-es vibrátorral választják le. A bányászati meddőből szitálással gyakran visszanyerik a 30 mm fölötti színkövet. A megmaradó 0-30 mm-es részt szintén célszerű elkülönítve, hozzáférhető módon tárolni, mivel útépítési célra felhasználható. Az üzemtelepi technológiai meddő a zútottkőtermékek előállítása során a közetre tapadt szennyeződésből és a gyengébb minőségű közet aprózódásából képződik.

A pályaszerkezetek alaprétégeiben jó minőségű zútottkő termékeket lehet a kőbányák különböző meddőinek szakszerű kezelésével helyettesíteni. Az előzőekben ismertetett kőbányameddőkől útépítési hasznosíthatóság szempontjából – megfelelő elkülönítés esetén – három termék: lefedési homok, meddős zútottkő és meddős zúzalék keletkezik. A *meddős zútottkő* az



előtörő előtt vagy után leválasztott – szinkó-visszanyerés nélkül – 0-50 – 0-80 mm-es bányauzemi meddő. Ebből az útépités során mechanikai stabilizáció készíthető. A *meddős zúzalék* a szemcseméret-eloszlás és a minőség szempontjából állandó tulajdonságú elkülönítve tárolt 0-5, 0-12 vagy 0-20 mm-es üzemtelepi technológiai meddő és 0-30 mm-es bányauzemi meddő. Ezek alkalmasak mind kötőanyag, mind mechanikailag stabilizált alaprétegek készítésére. Ha a 0-20 – 0-30 mm-es meddő finom része rendszertelenül és tág határok között változik, akkor kötőanyag alaprétegek céljára indokolt azt 0-6 és >6 mm-es frakcióra szétválasztani. Ezek megfelelő arányú összekeverésével biztosítható a kívánt szemcseméret-eloszlás. A meddős zúzalékból cement, hidraulikus pernye, nem hidraulikus pernye és mész, továbbá granulált kohósalak-kötőanyagú burkolatalapok készíthetők.

#### *Kavicsbányászati meddők*

A kavicsbányászás során lefedési meddő, továbbá agyagos durva előkészítési un. előleválasztási meddő, valamint a nedvesen osztályozott homokos kavics előállításakor, pedig osztályozási (homokos) meddő keletkezik. A lefedési meddő a kitermelendő homok-kavicsréteg fedő anyaga, amely vékonyabb humuszos felső réteg alatt helyezkedik, és jelentős részben iszapos homokos kavics vagy homok. Ezeket – a meddős zúzalékhoz hasonlóan – az útépités során hidraulikus kötőanyagokkal lehet stabilizálni. Kötőanyag nélkül mechanikai stabilizáció és töltés is építhető belőlük. Az agyagrögös durva előleválasztási meddő olyan vegyes szemcseméret-eloszlású anyag, amelyet az agyagrögökkel együtt távolítanak el: 20-30 mm fölötti kavicszemekre homok és talaj tapad. Ebből az anyagból mechanikai stabilizáció készíthető. Az osztályozási meddő (iszapos homok, iszapos homokos kavics) a túlságosan sok homokot tartalmazó homokos kavicsból kiszitált 0-5 mm-es vegyes szemeloszlású anyag, ami az útépitéskor kötőanyaggal szintén stabilizálható.

Nagyobb bányák meddőhányóinál célszerű körzeti keverőtelepeket telepíteni. A bányászati meddő hasznosítása ott gazdaságos, ahol a munkahelyhez közelebb van, mint az egyéb szemcsés anyag.

#### *Szénbányászati meddők*

*Fekete meddő.* A szénbányák környékén nagy mennyiségű fekete vagy szürke színű meddő halmozódik fel. Ezek ásványtani összetétele: kvarc homokköves részekből, kevesebb földpát és átlátszatlan ásványok. Jó szervezéssel a friss fekete meddőt azonnal az útépitési munkahelyre szállítják. Az osztályozatlan fekete meddőből töltés vagy kapilláris víz hatásának ki nem tett védőréteg építhető.

*A kiégett vörös meddő (salak)* egyes kőszenes meddőhányókban öngyulladás következtében keletkezik. A nagy hőmérsékleten a vasásványok oxidálódnak, az anyag vörössé válik, miközben a meddő geotechnikai tulajdonságai is jelentősen módosul és salaknak minősül. A vörössalak finom zúzalékának szintén puccolános tulajdonságai vannak. Salaknak minősülő vörös meddő sok /30-50 %/  $\text{SiO}_2$ -t és  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -at, kevesebb /7 % körüli/  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ -at és kevés /1,5 % körüli/  $\text{CaO}$ -t és  $\text{MgO}$ -t tartalmaz.

Az osztályozatlan vörös /kiégett/ meddőkből építhető:

- töltés és védőréteg - kapilláris víz hatásának kitett földművön is - a tömör száraz térfogatsűrűség: 1,8-2,0 t/m<sup>3</sup>;
- megerősített föld-támfal, a szemcsés anyagának jellemzői:  $D_{\max} = 50$  mm, a 0,08 mm alatti frakció max. 5 %;
- ipartelepi, mezőgazdasági tárolóterületek burkolása, kifizorgalmú utak, autópálya-leállósávok burkolatalapja.

Zúzott és osztályozott 0/6 és 6/20 mm-es vörös salak, ha Los Angeles-i aprózódási vesztesége legfeljebb 30 %, a nedves mikro-Deval értéke 25 % körüli, felhasználható, mint

- kötőanyag nélküli burkolatalap /mechanikai stabilizáció/;
- kötőanyagossal burkolatalapok szemcsés anyaga; tájékoztató kötőanyag-igények:
  - = 85 % salakhoz: 15 % tört granulált kohósalak és 1 % mész,
  - = 85 % salakhoz: 13 % pernye és 3 % mész,
  - = 3,5-4 % cement;
- burkolatalap puccolános kötőanyaga: 95 % vörös salak legalább 37 % finom frakcióval és 5% mész.

### **Kohászati salakok** [10]

A salak (ipari kőzet) az ércek meddő alkotórészeinek, valamint a fémolvadékokból eltávolítandó nem kívánatos elemeknek folyékony állapotban keletkező, majd megdermedő keveréke.

A vaskohászati salakok keletkezésüktől függően az alábbi módon csoportosíthatók:

- nagyolvasztói salakok vagy kohósalakok,
- konverteres acélműi salakok,
- elektroacél-gyártási salakok,
- üstmetallurgiai salakok.

Hasznosítás szempontjából az első három csoport a legfontosabb; ezek teszik ki a salakok döntő mennyiségét is.

Vaskohászati salakokmennyisége:

Ózd	4,6 millió m <sup>3</sup>
Miskolc	1,0 millió m <sup>3</sup>
<u>Dunaújváros</u>	<u>4,5 millió m<sup>3</sup></u>
Összesen:	10,1 millió m <sup>3</sup>

*Nagyolvasztói salakok* (kohósalakok) olyan Ca-Al-Mg szilikátok amelyekben a CaO tartalom lekötéséhez elegendő egyéb komponens áll rendelkezésre. Összetételük és tulajdonságaik nem sokban különbözik a bazaltól.

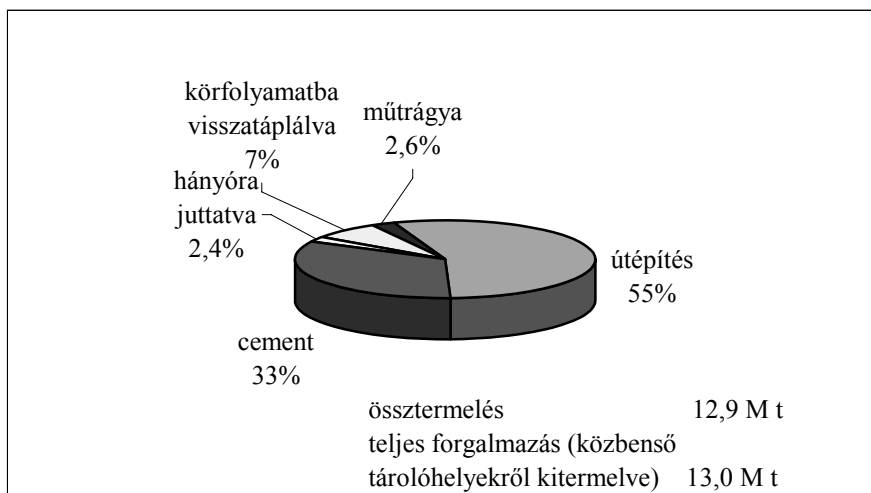
*A konverteres acélműi salakok* fő alkotói hasonlóak a kohósalakokéhoz; nagyobb CaO és kisebb SiO<sub>2</sub> tartalmuknál fogva azonban esetenként néhány százalék szabad CaO-t (és MgO-t) is tartalmazhatnak. A szabad CaO hidratációra képes, ami térfogati instabilitást (duzzadást) okozhat. A friss salakban 6-12 hónap alatt lejátszódhatnak a térfogatváltozást eredményező folyamatok, a salak stabil állapotba kerül és így hasznosítható. A folyamatot „hőkezeléssel” jelentősen fel lehet gyorsítani. A stabil acélműi salak mechanikai tulajdonságai igen kedvezőek: tömör szerkezete, nagy szilárdsága miatt a koptató igénybevételnek jól ellenáll; üzemi felhasználása Nyugat Európában elterjedt gyakorlat.

*Az elektroacél-műi salakok* ásványtani összetétele az előző kettő közé esik; hasznosítását az korlátozhatja, ha vízben oldható nehézfém szennyezőket tartalmaz. Útépítésben való felhasználása ugyancsak elterjedt. Hazánkban a Dunaferr Acélművek Kft. alkalmazza az ún. integrált technológiát, és „termel” ily módon kohósalakot és konverteres acélgyártási salakot.

Az alábbi ábra a németországi hasznosítási területeket mutatja be.

A felhasználási lehetőség a talajmunkáktól a kötőanyaggal vagy anélkül készült alapozó rétegen át az aszfaltburkolatig terjed.

A salakok nagy része nem használható hulladék, hanem nagyon értékes, jó tulajdonságokkal rendelkező ipari kőzet, ezeket a természet számára vissza kell szolgáltatni. A fenti állítás igazolásaként egy rövid összehasonlítás a „természetes” és az „ipari” kőzetek tulajdonságairól (15. táblázat):



9. ábra: Vaskohászati salakok hasznosítása, 1998.

15. táblázat: Primer kőzetek és az acélsalak tulajdonságai

Jellemző tulajdonság	Bazalt	Gránit	Acélsalak
Nyerssűrűség g/cm <sup>3</sup>	2,8-3,1	2,6-2,8	3,2-3,8
Ütve zúzó érték tömeg %	9-20	12-27	10-22
Vízfelvétel tömeg %	max. 0,5	0,3-1,2	0,3-1,0
Ellenállás fagyás/ olvadással szemben; lemorzsolódás tömeg %	max. 1,0	0,8-2,0	max. 1,0

Jól látható, hogy a mérvadó tulajdonságokat illetően az acélsalak a természetes anyagokkal azonos vagy azoknál jobb eredményeket mutat.

#### **Építési hulladékok** (Forrás: Csöke 1999, Csöke-Olessák 2003)

Az építési hulladék fogalomkör az épületek és építmények építése, felújítása, illetve bontása során keletkező szilárd hulladékok átfogó megjelölésére szolgál. A nemzetközi gyakorlat, kifejezetten a műszaki praktikum szempontjai alapján, az építési hulladékok alábbi csoportosítását alkalmazza.

#### Építési hulladék-fajták

##### *Kitermelt föld (talaj, kőzet)*

A földkitermeléssel járó föld- és mélyépítési munkáknál keletkező, hidraulikusan vagy bitumennel kötött alkotókat nem tartalmazó természetes eredetű ásványi anyagokból (homok, agyag, kavics, kő vagy kőzetek) álló maradékanyag, tekintet nélkül arra, hogy helyszíni természetes előfordulásról van-e szó, vagy a természetes előfordulásból származó anyagot egy korábbi építési tevékenység során helyezték oda. A talajkitermelés csaknem minden építési

tevékenységnél előfordul. Mennyiségében messze a legnagyobb arányt képezi az építési hulladékok között.

#### *Útbontási törmelékek*

A közlekedési és a közterületi területek építéséből, bontásából és karbantartásából származó, döntően szilárd ásványi anyagokból álló hulladék, amely az út, illetve közterület kopó/záró, kötő és teherviselő rétegeiből származik, és azok fajtájától függően az alkalmazott anyagokból tevődik össze (autópályák, országutak, dűlőutak stb.). Az útbontási törmelék tartalmazhat hidraulikus kötőanyagú betont, bitumenes kötésű anyagokat és aszfaltot, valamint burkoló- és szegélyköveket.

#### *Építési törmelék*

Az épületek, építmények részleges vagy teljes bontásakor keletkező, ásványi anyagokat tartalmazó (kő, téglá, beton, cserép, gipsz, csempe, homok stb.) szilárd hulladék, amelynek összetételét jelentős mértékben meghatározza az alkalmazott építési mód, az építmény kora és funkciója.

#### *Kevert építési törmelék*

Az épületek, építmények részleges vagy teljes bontásakor, felújításakor keletkező szilárd hulladék, amelynek összetételére jellemző az ásványi és nem ásványi eredetű alkotók kevert megjelenése. Döntően nem ásványi eredetű alkotókból (fa, papír, műanyagok, fémek stb.) áll, hasonlóan az iparból és kereskedeleméből származó szilárd települési hulladékokhoz. Nemritkán veszélyes komponenseket is (pl. festékmaradékok, azbeszt szigetelőanyag hulladékok stb.) tartalmaz.

#### *Építési hulladékok mennyisége*

Az építési hulladékok mennyiségére néhány közelítő becslés kivételével az országban nincs pontos adatsor. Az Országos Hulladékgazdálkodási Terv mértékadó szakmai becslésekre támaszkodva mintegy 10 millió tonna építési hulladék keletkezésével számol, aminek kb. 70 %-a a kitermelt föld (talaj, kőzet kb. 7 millió tonna). Az útbontási törmelék kb. 1,1 millió tonna, az építési törmelék kb. 1,3 millió tonna, a kevert építési törmelék kb. 0,6 millió tonna.

#### *Építési hulladékok hasznosítása*

Az EU tagországaiban 1990-ben kb. 150 millió tonna bontott építőanyag keletkezett, mely mennyiség folyamatos növekedésével számolnak a 2015-ig szóló prognózisok. Az újrahasznosítás hagyományai és törekvései az egyes tagországokban eltérőek. A tagállamok egy részében (Hollandia, Németország, Svájc, Ausztria, Franciaország) az építési, bontási hulladékok másodnyersanyagként történő hasznosításának aránya eléri vagy meghaladja a 45-50 %-ot, míg a többi tagállamban ez jelentősen kisebb mértékű.

Hazánkban a kitermelt föld mintegy 15 % kerül hasznosításra (területfeltöltés, rekultiváció stb.). Az útbontási törmelékeknel ez jelentősen nagyobb, mintegy 60-80 %-os, míg a különböző építési törmelékek esetében gyakorlatilag elenyésző az újrahasznosítás mértéke.

Az építési, bontási hulladékok újrahasznosítását három kritérium határozza meg: műszaki minőség, környezettel való összeegyeztethetőség, valamint a primer ásványi anyagokkal való versenyképesség. Az építési hulladékok hasznosítása történhet közvetlenül, illetve közvetetten, azaz valamilyen előkészítési, feldolgozási műveletet követően.

A *közvetlen* újrahasznosítást főként a kitermelt talajok esetén lehet alkalmazni. Ez attól függ, hogy milyen a kitermelt föld minősége. Ezen túl bizonyos építkezés típusok nagy mennyiségben igényelnek anyagot a feltöltésekhez (pl. gátak, töltések, autópályák stb.). Az ilyen építkezések adott régiókban, adott időtartam alatt jelentősen növelik a kitermelt föld újrahasznosításának lehetőségét.

A *közvetett, vagyis feldolgozást (előkészítést) követő* újrahasznosítás terjedt el Európában.

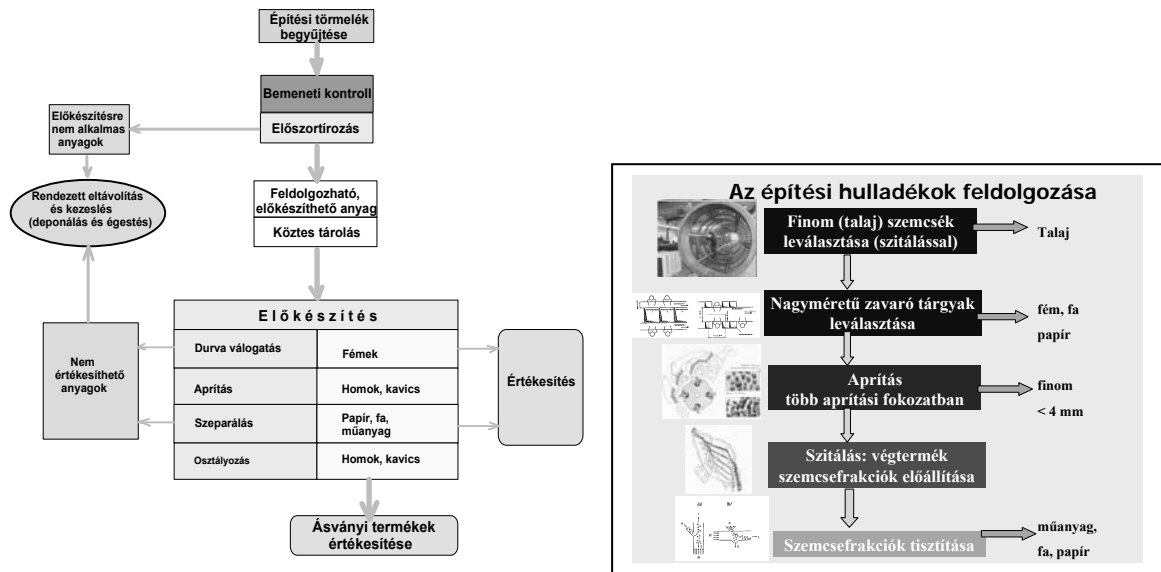
A bitumenes kötőanyagokat tartalmazó útbontási törmelékek feldolgozására számos műszakilag kiforrott eljárás létezik. A már használt aszfaltot újra lehet használni az egyes bitumenes kötőanyagokat tartalmazó rétegekben vagy laza formában a kötőanyag nélküli rétegekbe keverve. A bitumenes kötőanyagokat tartalmazó rétegekbe való visszajuttatás egyik módszere a helyszíni újrahasznosítás, melynek jó néhány műszaki változata ismeretes (RESHAPE, REPAVE, REMIX, stb.). Ezek mindegyike magában foglalja a használt aszfalt aprítását, majd az ezt követő melegítési és adalékolási, keverési műveleteket, amelyek eltérései szerint különböztetik meg az egyes eljárásváltozatokat. Leggyakrabban a keverőtelepeken történő újrahasznosítás használatos, melynek során a használt aszfaltot az építés helyszínéről felaprított (felmart) formában szállítják be az aszfaltkeverő telepre és ezt meghatározott arányban keverik hozzá az új anyaghoz. Az aszfalthulladékot minőségi követelmények miatt csak meghatározott arányban lehet adagolni a melegen kevert új aszfaltanyaghoz. Ez függ az aszfaltgyártó gép műszaki megoldásától is. Az adagokban keverő, kényszerkeverővel működő gépeknél legfeljebb 20 % lehet a beadagolt aszfalthulladék aránya, míg a forgódobos keverő berendezésekben elvileg ez elérheti a 100 %-ot is. Az aszfalthulladék megfelelő aprítást követően az útépítésnél hideg úton is felhasználható. Egyrészt a megtört aszfaltot hozzá lehet adni az útalapként, vagy fagyvédő réteggé használt anyagokhoz. Másrészt ezt a hulladékot alárendelt utak burkolataként, vagy útalapként is lehet közvetlenül felhasználni. Értékesebb felhasználáshoz az anyagoknak ki kell elégíteniük meghatározott, az építési anyagokkal szemben általánosan alkalmazott minőségi szabványos követelményeket (szemcseméret, szemcsealak, Deval kopási és Los Angeles ütési szilárdság, fagyállóság stb.) és környezetvédelmi előírásokat.

Az előkészítési folyamat

A feldolgozandó építési hulladék, valamint a végtermékkel szembeni minőségi követelmények határozzák meg a technológiai kialakítását. Az építőipari hulladékokat be kell gyűjteni és megfelelő kontroll mellett - a veszélyes és a fel nem dolgozható anyagok leválasztására - előszortírozásnak kell alávetni, majd pedig az előkészítés során le kell törni, a különböző szennyező-anyagoktól fizikai tulajdonság szerint a dúsító-berendezésekkel (és kézi válogatással) meg kell tisztítani, továbbá szitaberendezésekkel méret szerint frakciókra kell bontani. A technológiák kialakításánál tekintettel kell lenni a következőkre. A kisebb szemcseméretű, tisztább és kedvezőbb tulajdonságú (jobb szilárdság, fagyállóság stb.) termék előállításához több eljárás lépcső, különösen több aprítási lépcső szükséges. Egy aprítási fokozattal rendszerint csak korlátozott minőségű végtermékhez jutunk.

Az újrahasznosítást szolgáló előkészítés folyamatát - a hulladékok begyűjtésétől kezdve a végtermékek értékesítéséig - a 10. ábra tünteti fel.

A feldolgozandó építési hulladék, valamint a végtermékkel szembeni minőségi követelmények határozzák meg a technológiai kialakítását. Az előkészítés rendszerint előszortírozással kezdődik a feldolgozásra alkalmatlan anyagok (nagy méretű fa-, fémtárgyak, veszélyes anyagok stb.) leválasztására, amelyet a megfelelő szemcseméretre történő aprítás, a szennyezők leválasztása és a kereskedelmi szemcseméret-frakciók előállítása követ. Az előkészítési technológia lehet száraz vagy nedves, a törési fokozatok száma alapján pedig egy-, két- vagy többlépcsős. A szennyezők leválasztása (a szétválasztás) száraz dúsító eljárásokkal történhet kézi válogatással, légárammal száraz áramkészülékben, a vas leválasztása pedig mágneses szeparátor alkalmazásával. Nedves technológiánál a száraz áramkészüléket nedves szalagszér, vagy nedves áramkészülék és/vagy az ülepítőgép, ritkábban nehézsuszpenziós vagy mosó-osztályozó spirális készülék váltja fel. Az építési hulladékok aprításában három törőberendezés játszik kitért szerepet: a pofástörő, az ütő-hengerestörő és a röpítőtörő. Ezek kapcsolatát a 16. táblázat mutatja be. Az építőipari hulladékok feldolgozásánál a kúpos-törők használata beton-aprításra korlátozódik.



10. ábra: Útépítési hulladékok újrahasznosításra való előkészítése

Az építési hulladékokat feldolgozó gépi rendszerek lehetnek: stationer; semi-mobil; mobil telepítésűek. A célszerű megoldást elsősorban a feladás szemcsemérete és a szükséges kapacitás határozza meg.



11. ábra: Fix és mobil válogató kabin



12. ábra: Fix üzem csarnokban kabin

16. táblázat: A törőberendezések egymáshoz való kapcsolata

Kombináció típusa	A törőberendezés eljárás technika feladata	
	Előtörő	Utótörő (végtermék előállítás)
A	Pofástörő	Röpítőtörő
B	Ütő-hengeres törő	Röpítőtörő
C	Röpítőtörő	Röpítőtörő

### Fém tartalmú hulladékok előkészítés

Az elhasznált eszközök (elektronikai készülékek, elektrotechnikai berendezések, háztartási eszközök, autók, akkumulátorok, elemek stb.) újrahasznosításának feltétele, hogy a felépítő anyagai (fémek fajtánként, műanyagok fajtánként, papír, textil, üveg stb.) fajtatisztán egymástól elkülönítve álljanak rendelkezésre a feldolgozásra, ill. felhasználásra. Az egyes komponensek - azaz az eszközöket felépítő anyagok, szerkezeti anyagok- szétválasztása három módon lehetséges:

1. szelektív bontás, anyagfajtákra való szétszerelés,
2. aprítás után történő szelektív gépi szétválasztás,
3. kombinált eljárás, bontás és gépi szétválasztás egyidejű vagy egymást követő alkalmazása.

A rendszerint *bontó asztalon, vagy szalagon manuálisan megvalósított szelektív bontás* során az eszközt a további feldolgozás (azonos technológiai folyamatban való tovább feldolgozás lehetősége) szempontjait is figyelembe vevő részegységekre, építőelemekre szerelik szét. A szétszerelés csak előre megtervezett logisztikai rendszer alapján felépített és gyártott berendezések esetén lehetséges. Az építőelemek, részegységek teljes anyagfajta szerinti szétszerelése csak elenyésző esetben valósítható meg (rendszerint fizikailag nem lehetséges a vagy gazdaságossági okok miatt nem alkalmazható). A bontás többlépcsős folyamat, amely

- 1.) - a nagyobb részegységek kiszéréseivel (elektronikai hulladékoknál pl. képernyő, műanyagház, és más nagyobb műanyag építőelemek, autókban motor, sebességváltó, szélvédő, stb.) és a veszélyes anyagokat tartalmazó részegységek, veszélyes anyagok kinyerésével (kondenzátorok, telepek, folyadékok leszivattyúzása, ld. hűtőszekrényeknél és az autókban az üzemanyagok és hűtőfolyadékok) kezdődik;
- 2.) - relatíve nagyobb elektronikai alkotórészek (fémházak, kábelek, vezetőlapok, dugasz, stb.) kiszéréseivel folytatódik;
- 3.) - a harmadik lépcsőben a fémházak szétbontása követheti a fémek és ötvözetek különválasztására (elektronikai hull.).

A *mechanikai szétválasztási (azaz a komponensek fizikai, fizikai kémiai tulajdonságbeli különbségén alapuló) eljárásokat* alkalmazó megoldásnál az egymástól való gépi elválasztást megelőzően biztosítani kell az egyes anyagfajták, a komponensek egymástól való fizikai elkülönülését, azaz tehát a mechanikai szétválasztást a komponensek aprítással történő fizikai feltárásának kell megelőznie. A fémes hulladékok esetében az aprítás kívánatos szemcseméretét a 6. táblázat mutatja be.

A *nemzetközi tapasztalatok szerint* a rendkívül heterogén anyagi összetételű elektronikai hulladékok feldolgozására az eddigi gyakorlatban a kombinált feldolgozási módszer bizonyult a legelterjedtebbnek, amikor készüléket részegységekre bontják szét, és ezt követően a kiszert részegységeket, ill. építőelemeket mechanikai eljárások alkalmazásával - megfelelő aprítást követően – fizikai (elektromos, mágneses, gravitáció száraz) eljárásokkal választják szét. Szemben a nagyobb méretű háztartási gépekkel, amelyek feldolgozásában a bontás kitüntetett

szerepet játszik, a méret csökkenésével ez a lehetőség háttérbe szorul. A járható út az elhasznált eszközök komponenseinek fizikai feltárása (aprítással), és az egymástól szabaddá vált komponensek fizikai tulajdonságbeli eltérésük alapján egymástól való elválasztása.

18. táblázat: Az aprítás szükséges mértéke a fizikai feltárás érdekében

Hulladékfajta Főrés	Aprítás minimális szemcsemérete ,[mm]
Személyautó	65
Akkumulátor	30
Telefon	5
Komputer	2
Chipek	1
Fémvezetővel rétegelt műanyaglapok	0,5

Legáltalánosabb esetben több egymást követő lépcsőben történik az előkészítés (9.ábra), amikor is az egyes folyamatlépcsők szemcseméretnek a szétválasztási eljárás élességének érdekében történő beszabályozását, valamint a komponensek egymástól való szabaddá tételét szolgáló aprításból és osztályozásból, továbbá valamely fizikai tulajdonság szerint szétválasztó dúsító eljárásokból állnak.

A technológiai folyamat során egyre csökken a szemcseméret. A folyamat elején a kevésbé költséges (de kevésbé éles), rendszerint száraz eljárásokkal a nagy tömegű (pl. vas) és/vagy a legkönnyebben kinyerhető anyagok (pl. vas, papír és műanyagfólia) leválasztása történik. A folyamat végén a legértékesebb, általában kisebb tömegarámú anyagok (nem-vas fémek, üveg, műanyag) kinyerése valósul meg precízebb, költségesebb eljárásokkal.

Ezt szemlélteti a 13. ábra, ahol a kétlépcsős technológiai folyamatban (mind a két lépcsőben) az aprítást mágneses, gravitációs (sűrűség szerinti) és elektromos szétválasztási eljárás követ. Mindig a tiszta (feltárt) vas, nemvas-fém és nemfémes szemcsék leválasztására törekszünk. Ez egyes lépcsőkben az alkalmazott eljárás igazodik a szemcseméretre: az első lépcsőben a durvább szemcséknek megfelelően sűrűség szerint áramkészülékkel, elektromos tulajdonság alapján örvényáramú szeparálást találunk, majd pedig a finomabb szemcseméretnél légszért és/vagy elektrosztatikus szeparátort.

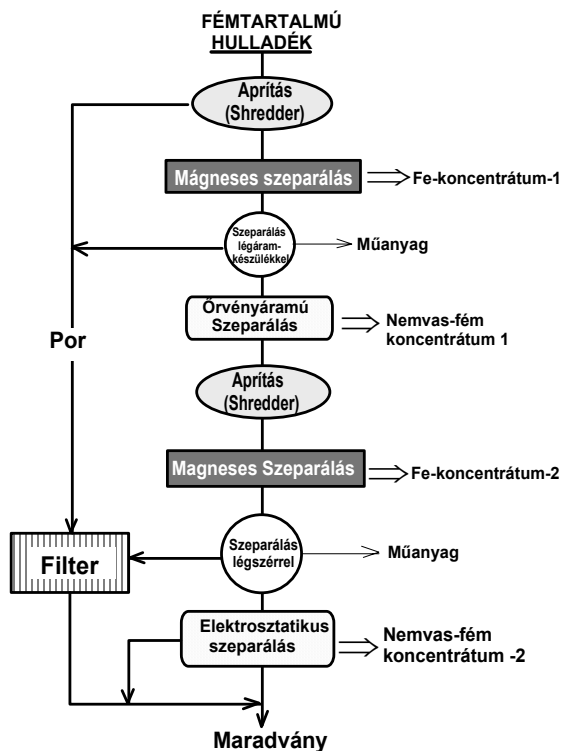
*Goslari (Electrorecycling GmbH., Németország) előkészítési technológia*

Előkészítés: feldolgozás mechanikai eljárásokkal (shredderezés).

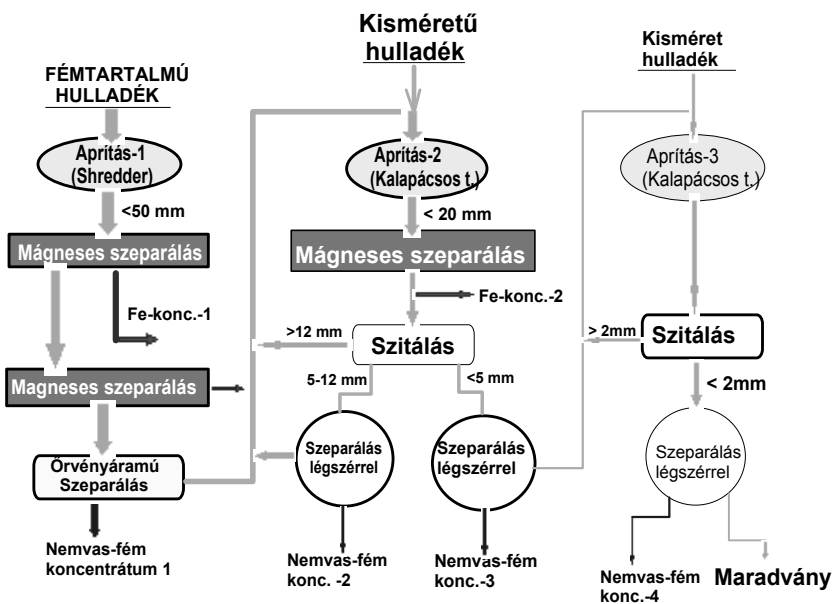
A megmaradt darabokat, melyek nem tartalmaznak többé egészségre ártalmas, ill. manuálisan tovább nem bontható alkatrészeket, gép úton aprítják több lépcsőben keresztül őrlik, így a legkisebb méretű fém, illetve műanyagok is elkülöníthetővé válnak. A fémek és a maradék anyag, - mely többnyire műanyag – elválasztását mágneses- és örvényáramú szeparátorral, valamint légszérrel végzik.

A technológiai folyamatot a 14. ábra szemlélteti. Az első aprítási lépcsőben kalapácsos shredder (ütő-nyíró) törő üzemel és < 50 mm-re aprítja le az a viszonylag nagyméretű feladott anyagot. A következő két lépcsőben kétrotoros kalapácsos malmok üzemelnek 20 mm és 2 mm alá aprítva az anyagot. Az első törési lépcsőt követően két lépcsős mágneses szeparálás és örvényáramú szeparálás történik a fizikailag feltárt a vas és a nemvas-fémek kinyerésére. A második és harmadik aprítás után s nemvas-fémek kinyerése légszérrel történik. A második törés után (a légszérrel való szeparálás előtt) az élesebb elválasztás érdekében szitával < 5mm és 5-12 mm frakciókra bontják az őrleményt.





13. ábra: Fémtartalmú hulladékok tipikus előkészítési technológiája



14. ábra: Goslari (Electrorecycling GmbH., Németország) előkészítési technológia,  
 Forrás: Koch - Kasper 1996

## Összefoglalás

A másodlagos nyersanyagok és másodtüzelőanyagok felhasználása a nemzetgazdasági szempontokat is figyelembe véve gazdaságilag is előnyös az ország számára, ezért *nemzeti érdek*.

A másodlagos nyersanyagok és másodtüzelőanyagok hasznosításra való előkészítésének és felhasználásának –mint az előbbieken bemutattuk- *elvi, környezetvédelmi, műszaki, technológiai akadályai nincsenek*.

Az észak-magyarországi régióban a hasznosítás vonatkozásában legkedvezőtlenebb a nagytömegű ipari és a szilárd települési hulladékok esetében, ahol a hulladékkezelésben a lerakás képviseli a döntő hányadot. Lemaradásunk van az elektronikai hulladékok feldolgozásában is.

A nagytömegű ipari hulladékok legelőnyösebben az építési, útépitési célra hasznosíthatók. Különösen fontos volna az útépitési hasznosítás ösztönzése, hiszen jelenleg az önkormányzati utak csak 40 %-a szilárd burkolatú. A pernyék (főként mint kötőanyag), bányameddők és kohászati salakok, valamint az építési hulladékok felhasználásával –a helyi lehetőségekhez rugalmasan alkalmazkodva- a hiányzó szilárd önkormányzati utak költségkímélő módon építhetők meg. E területen célszerű, hogy a pályázati rendszer kiemelten támogassa másodlagos nyersanyagok felhasználásával történő útépitéseket. Gyorsforgalmi utaknál pedig indokolt előírni, hogy minden útépitésnél legyen kötelező megvizsgálni a másodlagos nyersanyagok felhasználásnak lehetőségét.

A szilárd települési hulladékok esetében maradékhulladék kezelésnek, másodtüzelőanyagok maradék hulladékból erőműi és cementgyári célra történő előállításának, lomok gyűjtése és hasznosítása az elkövetkező idők legfontosabb feladata, hogy a lerakott hulladékok mennyiségét érdemben csökkenteni lehessen. Erre a mechanikai biológiai stabilizálási technológiák kínálnak kedvező megoldást, amelyet célszerű összekapcsolni a biológiailag lebontható rész komplex energetikai célú (biogáz, energianövények termesztése) hasznosításával. Itt elsősorban a száraz eljárások, különösen a kombinált 3A (=Aerob-Anaerob-Aerob) technológia ajánlható.

Az elektronikai hulladékok gyűjtésének és feldolgozásának a korszerű, mechanikai eljárásokra alapozott megoldása is az elkövetkező évek aktuális feladata.

**Irodalom**

- Brauer, H (Hrsg) (1995): Handbuch des Umweltschutzes und der Umweltschutztechnik. Band 2, Springer, Berlin.
- Csőke, B. - Mucsi, G.- Opczky, L. -Gável, V.: Modification of fly ash properties by grinding. 11<sup>th</sup> European Symposium on Comminution. Budapest, 9-12 Oktober. Proceedings (CD).
- Csőke B.- Alexa L.-Olessák D.-Ferencz K.-Bokányi Lj.(2006): Mechanikai-biológiai hulladékkezelés kézikönyve. Profikomp könyvek. Global Kiadó Kft., Gödöllő.
- Csőke B. (1999): Építési hulladékok előkészítése és hasznosítása. Környezetvédelmi Füzetek . OMIKKK. 19.
- Csőke B. – Olessák D. (2002): A hulladékgazdálkodás általános kérdései, alapelvei. Szakmai ismeretterjesztő füzetek a települési hulladékgazdálkodással foglalkozók számára (1. sz. füzet). Környezetvédelmi Minisztérium. (Megjelenés alatt).
- Csőke B. - Olessák D. (2003): Építési-bontási hulladékok kezelése, Környezetvédelmi Minisztérium, Szakmai füzet sorozata 6, Budapest.
- Csőke B. (2004): A hulladék, mint nyersanyag. BKL. Bányászat, 2004. 6.sz.(november-december), 415-430. o.
- Csőke B. (2005): Másodlagos tüzelőanyagok előállítása szilárd települési hulladékból. Biohulladék.2005. I.évf., 1.szám., 18-20
- Csőke B.,- Faitli J.- Györfi A.- Alexa L. - Ferencz K. (2006): Production of Secondary Raw Materials and Fuels through the Preparation of Municipal Wastes. IMPC 2006, (Sept. 3-6. 2006. Istanbul)
- Erőműi pernye, kohósalak és bányemeddő hasznosításának nemzetgazdasági szintű vizsgálata. Készült az IHU Kht. (Budapest) megbízásából. Miskolc, 2004.
- Hilger, M. (2001): Cementgyártás, hulladékhasznosítás. Építőanyag. 53./4. 131-136. o. IFE-katalógus
- Koch, P. - Kasper, R. (1996): Zerlege- und Aufbereitungstechnik für Elektroaltgeräte und Elektronikschrott. Aufberietungs-Technik 1996. Nr.5. 211-219. o.
- Másodlagos nyersanyagok az útépítésben. (szerk.: Gáspár L.)(2005): Alföldi Nyomda, Debrecen.
- Pahl, M.H.: Erfassen. Lagern und Entsorgen von festen Abfallstoffen im Betrieb. Universität - GH – Paderborn.
- Pernyebázisú kötőanyag előállítását szolgáló technológiai rendszer kifejlesztése, GVOP-3.1.1.-2004-05-0113/3.0. Projektfelelős: Miskolci Egyetem Eljárástechnikai Tanszék.
- Schubert, G. (1997): Vorlesung für ungarische Fachleuten „Aufbereitung der kommunalen Abfälle”. TU Bergakademie Freiberg. 15-19.
- Települési Szilárd Hulladékok Hasznosítása Nemzetközi Előírásoknak Megfelelő Alternatív Tüzelőanyag Előállításával” tárgyú GVOP-3.1.1.-2004-05-0460/3.0 projekt. Projektfelelős: Miskolci Egyetem Eljárástechnikai Tanszék.