AZ ENERGETIKAI IPARHOZ KAPCSOLÓDÓ HULLADÉKOK

Molnár Szabolcs

AZ ELŐADÁS TARTALMA

I. Bevezetés – energetikai, elektrotechnikai hulladékok keletkezése

II. Speciális hulladék-előkészítési technológiák

III. A hulladék értékes alapanyag- és energiaforrás

IV. Nemzetközi trendek, jövő, kitekintés

V. Konklúziók, kérdések

© Molnár Sz

„Egy gömbön lakunk. A gömbök zárt rendszerek, nincs esély a menekvésre.”

Frank Schätzing

FENNTARTHATÓ-E A FEJLŐDÉS?

A növekedésről

- Neolitikum elején élt ember naponta csupán 3.500 kcal (14.65 MJ) energiát használt fel
- Napjainkban az iparilag fejlett országok állampolgárai több, mint 250.000 kcal (1.050 MJ) energiát használnak

Az emberi test tartósan kb.150-200 W teljesítményre képes

Gőzgép η=1%-ról η=5%-ra emelkedett 20 kW ~ 100 ember munkája

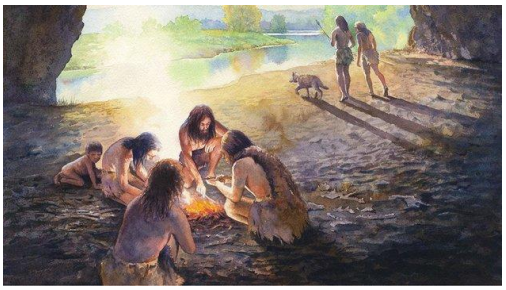
Átlagos polgár 20 „energiarabszolgát” dolgoztat az otthonában évi 8760 órában

1800 2000 **Évek**

A KÖRNYEZETVÉDELEM RÖVID TÖRTÉNETE

I. Lokális korszak (Kr.e. 4 millió – Kr.e. 10.000)

- Szerszámhasználat
- Vadászat
- Tűz használat
- Legeltetés
- Növénytermesztés
- Települések kialakulása



A tűz feletti uralom univerzális és egyben kizárólagos jellemzője az emberiségnek!

© Molnár Sz

A KÖRNYEZETVÉDELEM RÖVID TÖRTÉNETE

II. Regionális korszak (Kr.e. 10.000 – Kr.u. XIX. sz.)

- Városok, kereskedelem
- Földközi-tenger medencéje
  - Erdőirtás
  - Talajerózió
  - Első „nagyvárosok”
- Víz-, szélenergia egyre szélesebb körű használata
- Higiéniás problémák, pestis
- Új energiahordozó – szén

A KÖRNYEZETSZENNYEZÉS ekkor még nem ismert fogalom.

A XIX. sz.-ig pl. a „bomlás művészete”, a „bűnös módon bepiszkol”, és a „megszentelésének elvesztése” fogalmakat alkalmazzák ezen esetekre.

© Molnár Sz

A KÖRNYEZETVÉDELEM RÖVID TÖRTÉNETE

III. Globális korszak (XIX. sz.-tól)

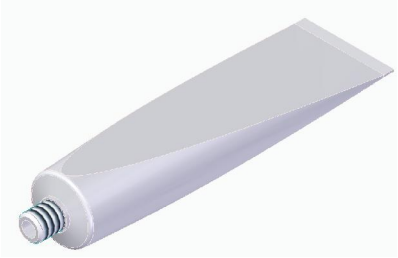
1. „Hurrá-hangulat” (1960-as évekig): Motorizáció, népességnövekedés, társadalom átstrukturálódása, haszonelvű szemlélet, a természet öntisztító ereje már nem elégséges.

A vasúthálózat hosszának alakulása Európában

Ország	1850	1860	1880	1910
	[km]			
Németország	6044	11633	33838	63062
Svájc	27	1096	2547	5426
Svédország	12	522	5906	14491
Magyarország	222	1616	7078	21062
Oroszország	600	1600	24000	76250

„A FENNTARTHATÓ NÖVEKEDÉS EGY FENNTARTHATATLAN TEÓRIA” *HERMAN E. DALY*

- Fenntartható növekedés – környezeti problémák megoldása:
  - A lakosságszám stagnál
  - Az emberek alapvető szükségletei kielégítettek
  - A fizikai gazdaság környezetileg fenntartható és kibocsátásainak környezeti hatásai stagnálnak vagy hanyatlóak
  - Minden energia megújuló forrásokból származik
  - A gazdaság mindenfajta növekedése minőségi jellegű

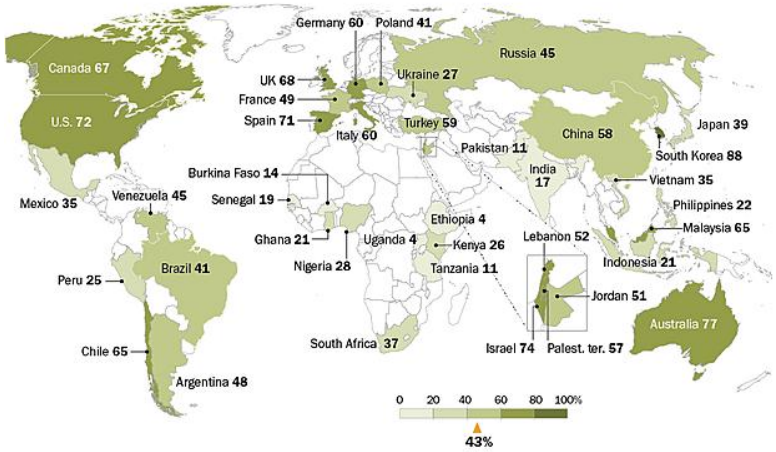


ZÉRÓ NÖVEKEDÉS?

AZ OPTIMÁLIS ENERGIAGAZDÁLKODÁS IRÁNYÁBA

Fenntartható növekedés – környezeti problémák megoldása

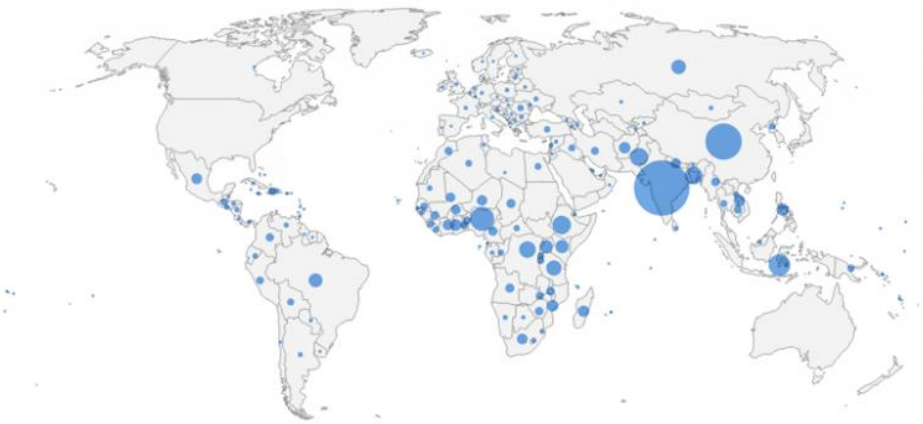
Az emberek alapvető szükségletei kielégítettek



AZ OPTIMÁLIS ENERGIAGAZDÁLKODÁS IRÁNYÁBA

Fenntartható növekedés – környezeti problémák megoldása

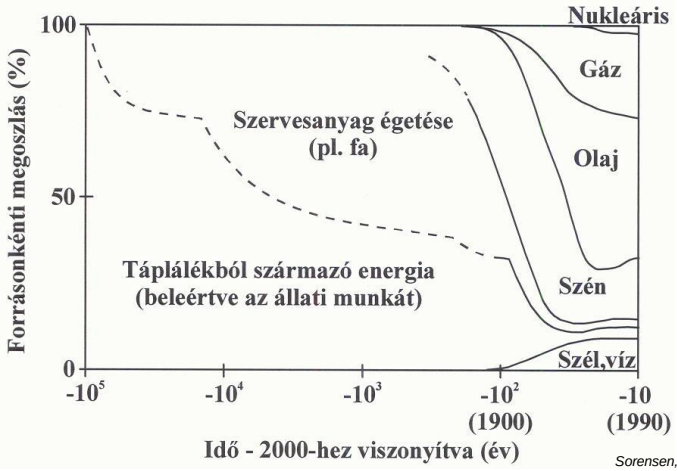
Az emberek alapvető szükségletei kielégítettek



AZ OPTIMÁLIS ENERGIAGAZDÁLKODÁS IRÁNYÁBA

Fenntartható növekedés – környezeti problémák megoldása

Minden energia megújuló forrásokból származik

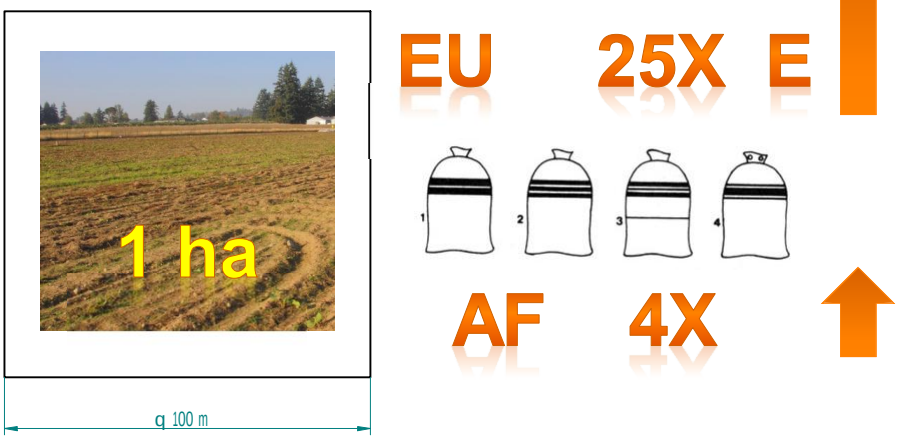


Sorensen, 2000 nyomán

AZ OPTIMÁLIS ENERGIAGAZDÁLKODÁS IRÁNYÁBA

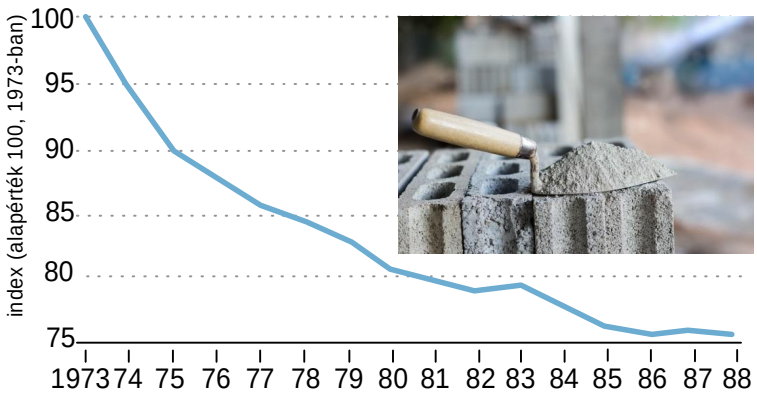
Fenntartható növekedés – környezeti problémák megoldása

A gazdaság mindenfajta növekedése minőségi jellegű

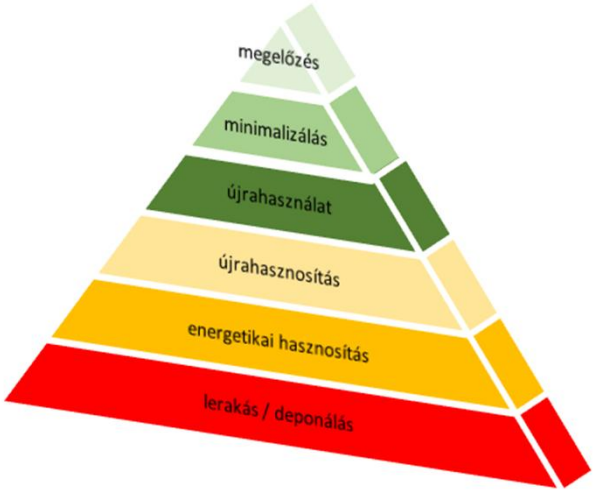


A TECHNOLÓGIAI FEJLŐDÉS ENERGETIKAI HATÁSAI

Fogyasztásban elérhető megtakarítások + innovációk



A HULLADÉKPIRAMIS – KOMPLEX HULLADÉKGAZDÁLKODÁS



PROBLÉMAFELVETÉS

- Hazánkban a lakosságnál keletkező hulladékokban lévő hasznosítható anyagok kisebb hányadát gyűjtik be szelektíven,
- A hulladék-másodnyersanyag tartalmában van hatalmas pazarlás
  - A lakosságnál keletkező csomagolási műanyag-hulladékok és az,
  - Elektronikai hulladékok nagy része nem kerül hasznosításra.

A TSZH megoszlása a gyűjtés szerint

Év / Gyűjtési mód	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010
Hagyományosan gyűjtött [ezer kg]	4052	4202	4311	4074	3861	3664	3278
Szelektíven gyűjtött [ezer kg]	540	444	400	520	692	648	755
Összesen [ezer kg]	4592	4646	4711	4594	4553	4312	4033
Arány [%]	11,7	9,5	8,5	11,3	15,2	15	18,7

PROBLÉMAFELVETÉS

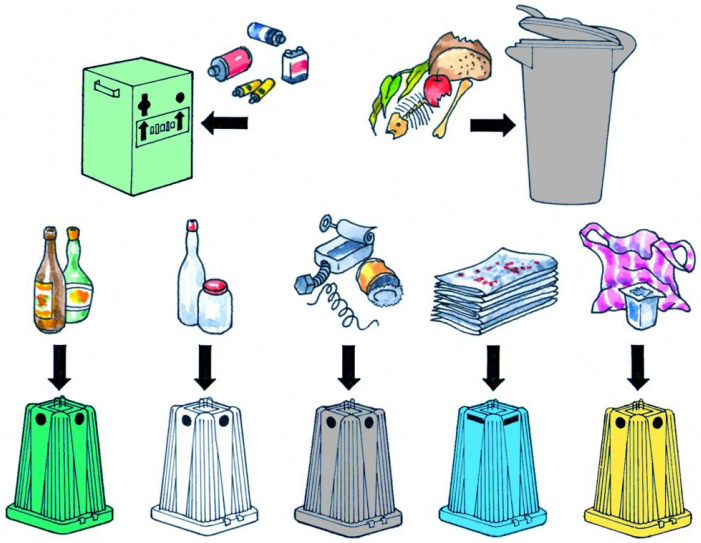
- A másodnyersanyag vonatkozásában – kinyert másodnyersanyag:
  - A termékek gyenge minősége,
  - Az alacsony feldolgozottsági fok,
  - Alacsony árbevétel – gazdaságtalan értékesítés.

ÁR [€/t]	Szabvány szám	2013.09.23.	2013.09.09.	2012.09.24.
Vegyes papírok és táblák	1.02			30-40
Prémium ár				40-85
Áruházi hullámosított kartonpapír	1.04			35-45
Prémium ár				45-90
Újságpapír	2.01			75-85
Nyomtató papír	3.10			140-150
Fehér újságpapír	3.14/3.15			145-200

Vegyes papír – válogatott. Különböző papír és karton anyagok keveréke, amely anyagáram legfeljebb 40%-ban tartalmaz újságokat és folyóiratokat.

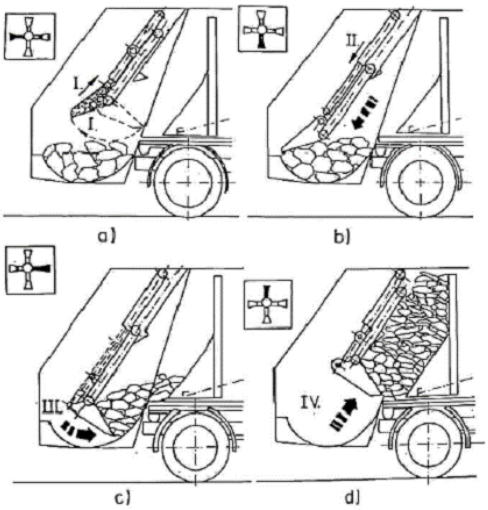
Famentes papír. Enyhén nyomtatott lapok. Színes papíroktól mentes.

SZELEKTÍV HULLADÉKGYŰJTÉS SZÜKSÉGESSÉGE



PROBLÉMÁK I.

PROBLÉMÁK II.



KITŰZENDŐ CÉL

- A hulladékok hasznos másodnyersanyagai szelektív gyűjtési hatásfokának javítása
- Az előkészítés teljesítményének és hatásfokának növelése
- Másodnyersanyagok - különösen a műanyag és fémek, nemes- és ritkafémek – előkészítése és fajtatiszta termékek előállítása

MÁSODNYERSANYAGOK ENERGETIKAI SZEMPONTBÓL

- Üveggyártás, 1500 °C a homok olvasztása,
- míg az üvegcserép (vagyis a használt üveg) már 1000 °C-on megolvad,
- minél több üvegcserepet tudnak használni annál gazdaságosabb a termelés.

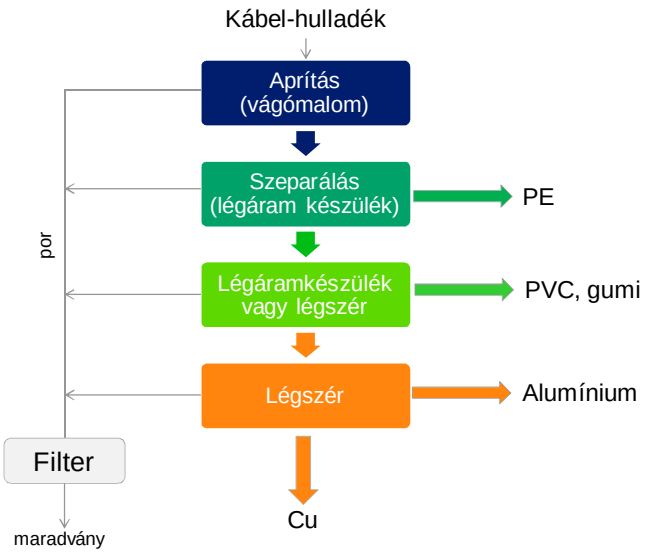
Komponens	Elsődleges fém [GJ/t]	Másodlagos fém [GJ/t]
Magnézium	400	11
Alumínium	270	14
Réz	115	19
Cink	30	10
Ólom	70	18

TERMELÉS- ÉS *TERMÉK*INTEGRÁLT KÖRNYEZETVÉDELEM

A fenntarthatóság két alappillére a termelésmenedzsmentben:

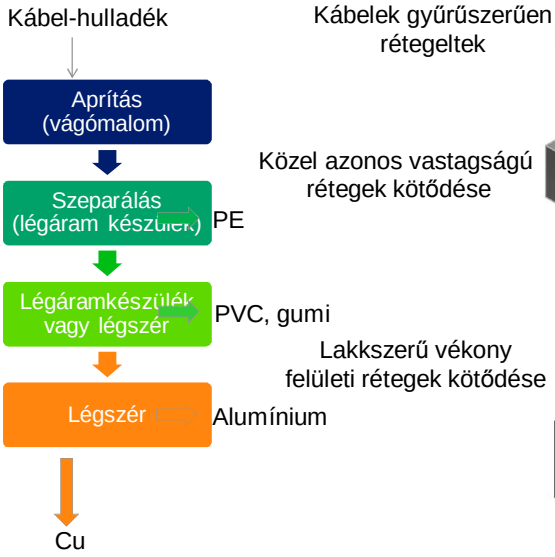
- A termékintegrált környezetvédelem
- A termelésintegrált környezetvédelem

ELHASZNÁLT ELEKTRONIKAI ÉS ELEKTROTECHNIKAI ESZKÖZÖK FELDOLGOZÁSA, ELŐKÉSZÍTÉSE

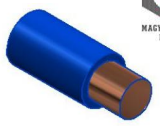


A KÁBELHULLADÉK SZÁRAZ ELŐKÉSZÍTÉSE

1

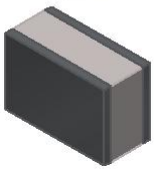


Kábelek gyűrűszerűen rétegeltek



Közel azonos vastagságú rétegek kötődése

Lakkszerű vékony felületi rétegek kötődése



A KÁBELHULLADÉK SZÁRAZ ELŐKÉSZÍTÉSE

Kábel-hulladék

2

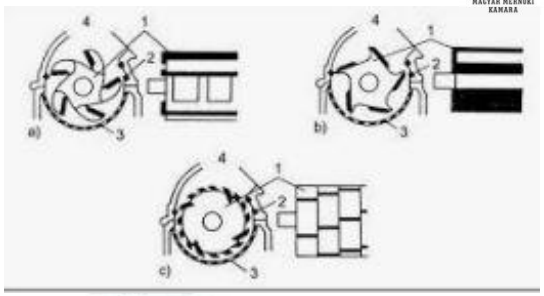
Aprítás (vágómalom)

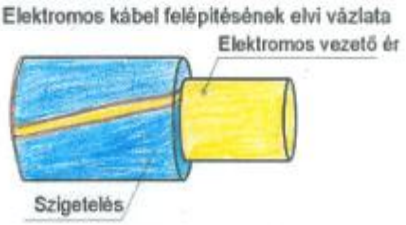
Szeparálás (légáram készülék) → PE

Légáramkészülék vagy légszér → PVC, gumi

Légszér → Alumínium

Cu





A KÁBELHULLADÉK SZÁRAZ ELŐKÉSZÍTÉSE

Kábel-hulladék

Aprítás (vágómalom)

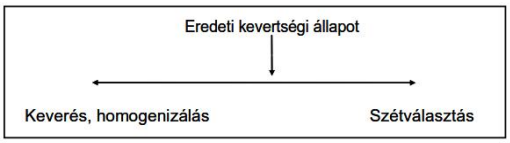
3

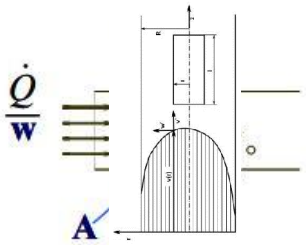
Szeparálás (légáram készülék) → PE

Légáramkészülék vagy légszér → PVC, gumi

Légszér → Al

Cu





A KÁBELHULLADÉK SZÁRAZ ELŐKÉSZÍTÉSE

Kábel-hulladék

Aprítás (vágómalom)

Szeparálás (légáram készülék) → PE

4 Légáramkészülék vagy légszér → PVC, gumi

5 Légszér → Alumínium

Cu

HÁZTARTÁSI KISGÉPEK ELŐKÉSZÍTÉSI TECHNOLÓGIÁJA

1 Háztartási kisgépek

Előaprítás (forgótárcsás nyíró-aprítógéppel)

Kézi válogatás → Veszélyes alkatrész

Aprítás (Kalapácsos shredderrel)

→ <20…40 mm

Mágneses szeparálás → Fe

Légszér ↔ Légszér

Nemvasfémek Műanyag Nemvasfémek

HÁZTARTÁSI KISGÉPEK ELŐKÉSZÍTÉSI TECHNOLÓGIÁJA

1

Háztartási kisgépek

Előaprítás (forgótárcsás nyíró-aprítógéppel)

Kézi válogatás → Veszélyes alkatrész

Aprítás (Kalapácsos shredderrel)

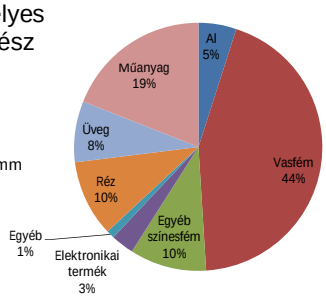
→ <20…40 mm

Mágneses szeparálás → Fe

Légszér ↔ Légszér

Nemvasfémek | Műanyag | Nemvasfémek

Elektronikai hulladékok általános anyagösszetétele



HÁZTARTÁSI KISGÉPEK ELŐKÉSZÍTÉSI TECHNOLÓGIÁJA

2

Háztartási kisgépek

Előaprítás (forgótárcsás nyíró-aprítógéppel)

Kézi válogatás → Veszélyes alkatrész

Aprítás (Kalapácsos shredderrel)

→ <20…40 mm

Mágneses szeparálás → Fe

Légszér ↔ Légszér

Nemvasfémek | Műanyag | Nemvasfémek

HÁZTARTÁSI KISGÉPEK ELŐKÉSZÍTÉSI TECHNOLÓGIÁJA

3

Háztartási kisgépek

Előaprítás (forgótárcsás nyíró-aprítógéppel)

Kézi válogatás → Veszélyes alkatrész

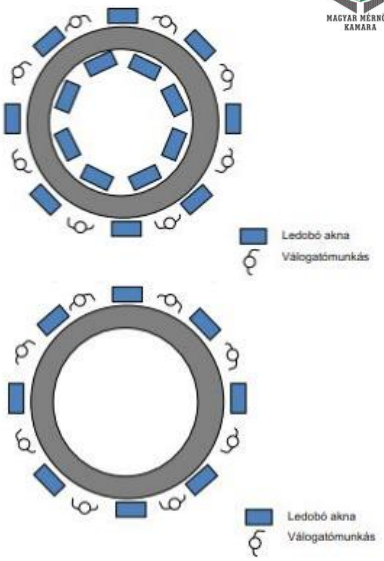
Aprítás (Kalapácsos shredderrel)

→ <20…40 mm

Mágneses szeparálás → Fe

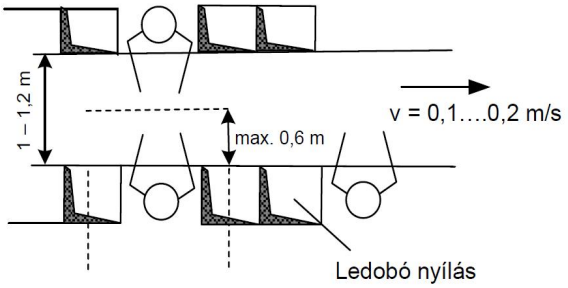
Légszér ↔ Légszér

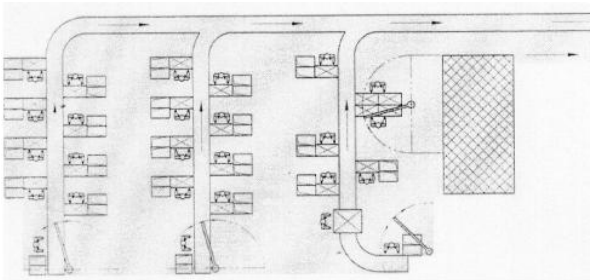
Nemvasfémek | Műanyag | Nemvasfémek



HÁZTARTÁSI KISGÉPEK ELŐKÉSZÍTÉSI TECHNOLÓGIÁJA

3





HÁZTARTÁSI KISGÉPEK ELŐKÉSZÍTÉSI TECHNOLÓGIÁJA

4

Háztartási kisgépek

Előaprítás (forgótárcsás nyíró-aprítógéppel)

Kézi válogatás → Veszélyes alkatrész

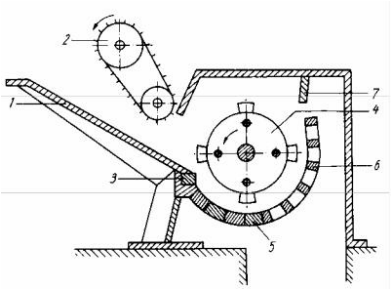
Aprítás (Kalapácsos shredderrel)

→ <20…40 mm

Mágneses szeparálás → Fe

Légszér ↔ Légszér

Nemvasfémek | Műanyag | Nemvasfémek



HÁZTARTÁSI KISGÉPEK ELŐKÉSZÍTÉSI TECHNOLÓGIÁJA

5

Háztartási kisgépek

Előaprítás (forgótárcsás nyíró-aprítógéppel)

Kézi válogatás → Veszélyes alkatrész

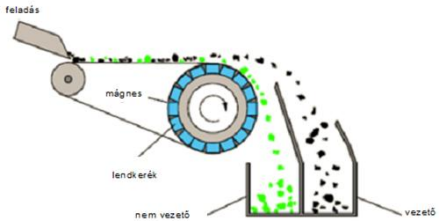
Aprítás (Kalapácsos shredderrel)

→ <20…40 mm

Mágneses szeparálás → Fe

Légszér ↔ Légszér

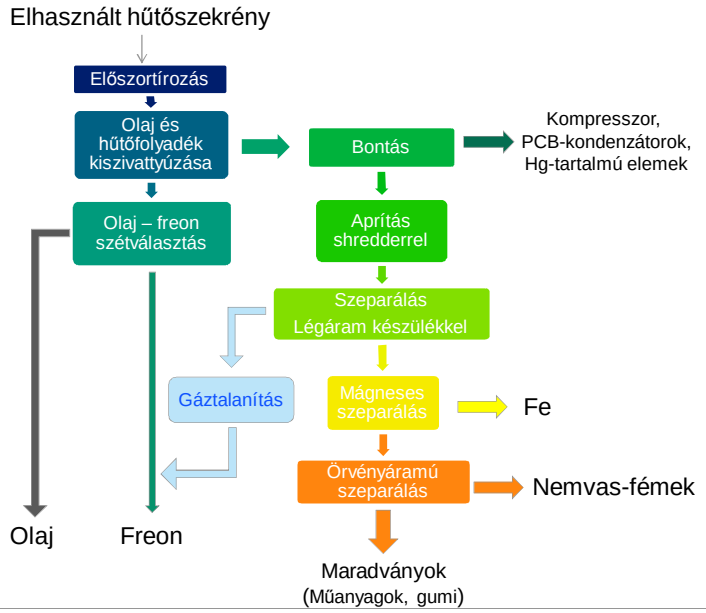
Nemvasfémek | Műanyag | Nemvasfémek



„FEHÉR ÁRÚ” ELJÁRÁSTECHNIKAI ELŐKÉSZÍTÉSE

© Molnár Sz

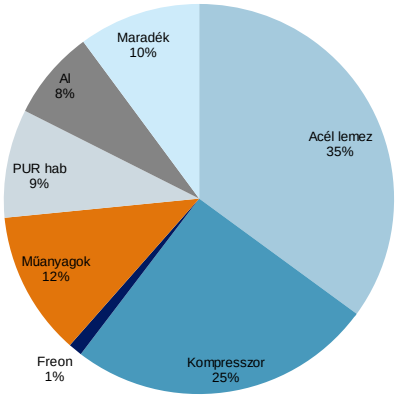
HŰTŐSZEKRÉNY ELŐKÉSZÍTÉSE



© Molnár Sz

HŰTŐSZEKRÉNY ELŐKÉSZÍTÉSE

Hűtőszekrény anyagi összetétele



© Molnár Sz

ELEKTRONIKAI HULLADÉKOK KOMPLEX KEZELÉSE

- High-tec eszközök, nagy értékű eszközök és alkatrészeik
  - LCD-panelek
  - Akkumulátorok, telepek,
  - NYÁK
  - Kondenzátor,
  - LED
  - LCD, TFT monitorok
- Legértékesebb komponensek kinyerése: RITKA FÖLDFÉMEK
  - Vas-csoport: Fe, Mn
  - Színesfémek: Al, Cu, Zn, Pb, Sn, Sb, Ni, Co
  - Nemesfémek: Au, Ag, Pd, Pt, Ru, Os, Ir
  - Ritkafémek: Be, Ta, Ga, Ge, Nb, V, Te, Ti, In
  - Ritkaföldfémek: La, Ce, Nd, Sm, Eu

© Molnár Sz

ELEKTRONIKAI HULLADÉKOK KOMPLEX KEZELÉSE

Elektronikai hulladék

Bontás

Aprítás

Fizikai szeparálás (gravitációs, mágneses, elektrosztatikus, örvényáramú) → Vas és nem-vasfémek, Műanyagok, üveg

Kémiai, biokémiai szolubilizáció

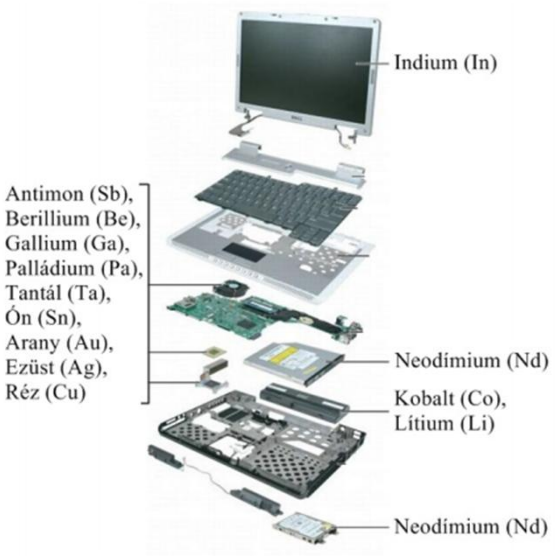
Termikus kezelés

Kémiai és/vagy elektrokémiai kinyerés, tisztítás

Nemesfémek, ritka- és ritkaföldfémek

© Molnár Sz

LAPTOP FÉMTARTALMA

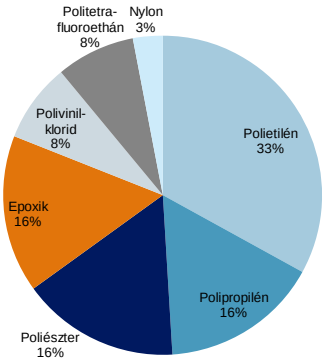


© Molnár Sz

LCD-MONITOR, TV HULLADÉK

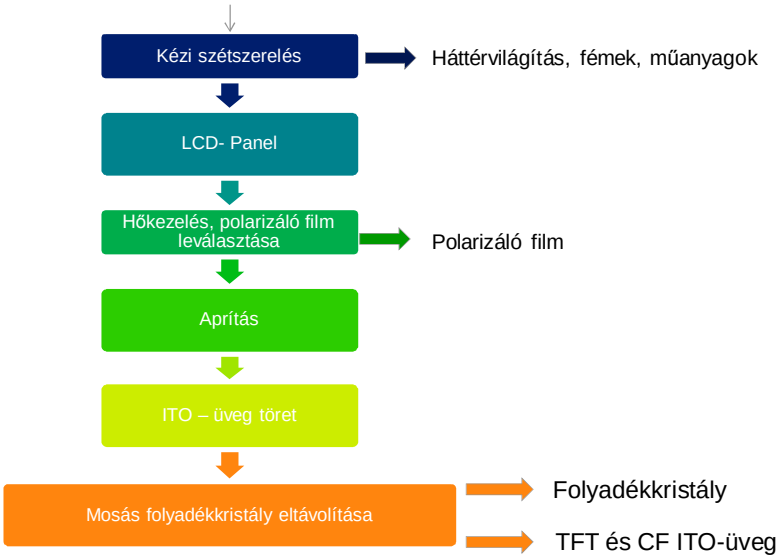
- Anyagismeret:
  - Üveg,
  - Különböző műanyagok,
  - Fóliák,
  - Tranzisztorok,
  - Folyadékkristály,
  - TFT vékonyréteg.
- Szerkezeti összetevők:

LCD panel, TV, monitor általános anyagösszetétele



LCD-MONITOR, TV HULLADÉK

LCD – Monitor, TV-hulladék



MECHANIKAI-ELŐKEZELÉS, HŐKEZELÉS, ŐRLÉS, MOSÁS ÉS OLDÁS

LCD – Monitor, TV-hulladék

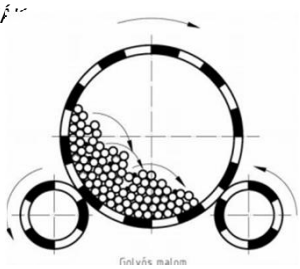
- Háttérvilágítás kiszerelése → Háttérvilágítás
- Szétszerelés → PMMA, PC, NYÁK
- LCD- Panel
- Hőkezelés, polarizáló film leválasztása → Polarizáló film
- ITO - üveg
- Őrlés, ultrahangos mosás → Folyadékkristály
- Savas oldás, In – kinyerése az oldatból → Savmaradék, üveggyártásra; Visszanyert indium

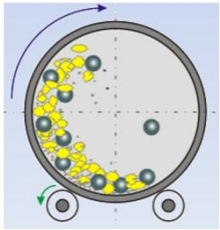
© Molnár Sz

INDIUM KINYERÉSI TECHNOLÓGIA

LCD – Monitor

- Kézi szétszerelés → PMMA, PC, PET, NYÁK
- LCD - panel
- Aprítás
- Hőkezelés, polarizáló film leválasztása → Polarizáló film (PVA)
- Ultrahangos mosás → Folyadékkristály
- Őrlés, (planéta malom)
- Őrölt ITO - üveg → Savas oldás





© Molnár Sz

ŐRLÉS, ÉGETÉS ÉS SAVAS TECHNOLÓGIAI VÁZLAT

LCD – Monitor

Bontás → Kinyert NYÁK, világítás….

LCD - modul

Őrlés

Égetés, 500 °C → Füstgáz, CO_2, H_2…

Sósavas oldás → Maradék → Üveggyártásra

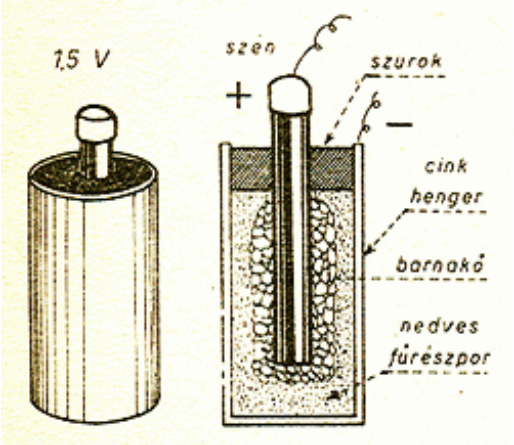
HCl

In tartalmú oldat

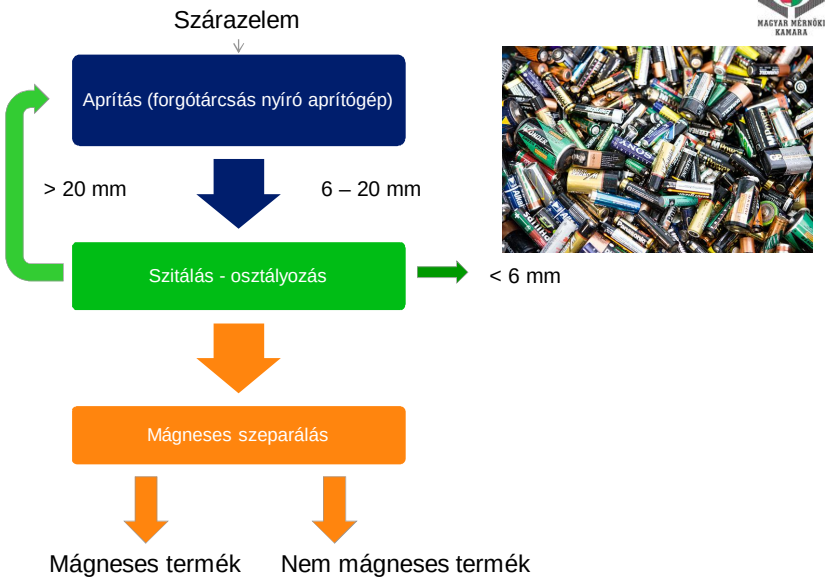
In kinyerése az oldatból → Visszanyert indium

LÚGOS ELEMEK, AKKUMULÁTOROK

- Anyagismeret:
  - Papír,
  - Műanyag,
  - Szénrúd,
  - Cinkhenger,
  - Barnakő.

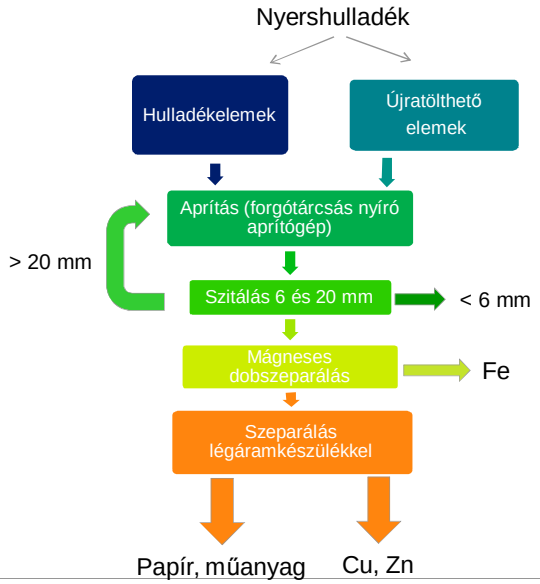


ELJÁRÁSTECHNOLÓGIA I.



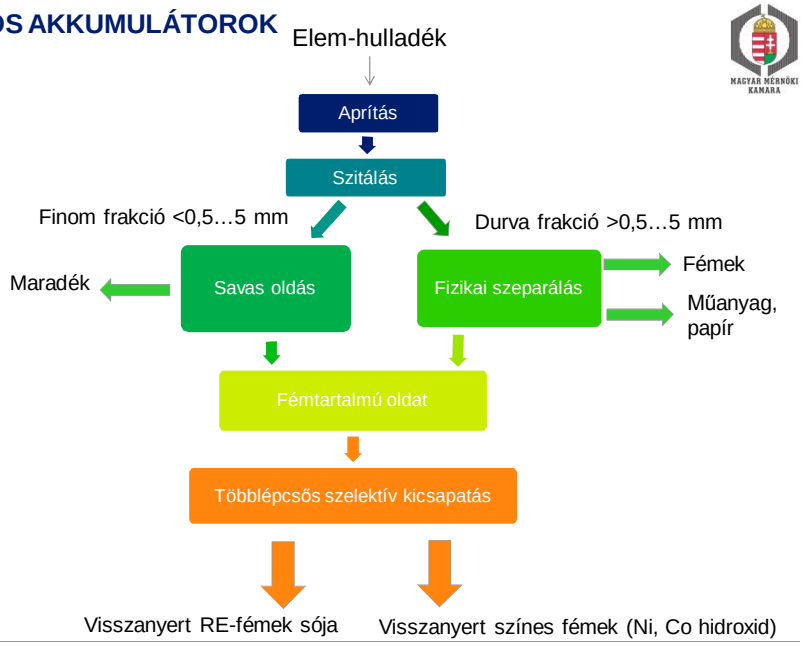
© Molnár Sz

ELJÁRÁSTECHNOLÓGIA II.



© Molnár Sz

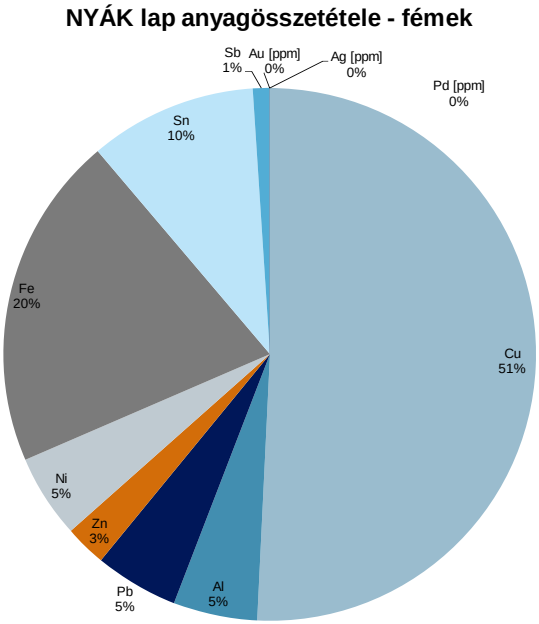
LI-IONOS AKKUMULÁTOROK



© Molnár Sz

NYÁK LAPOK

- Anyagismeret:
  - Fémek
  - Kerámiák
  - Műanyagok

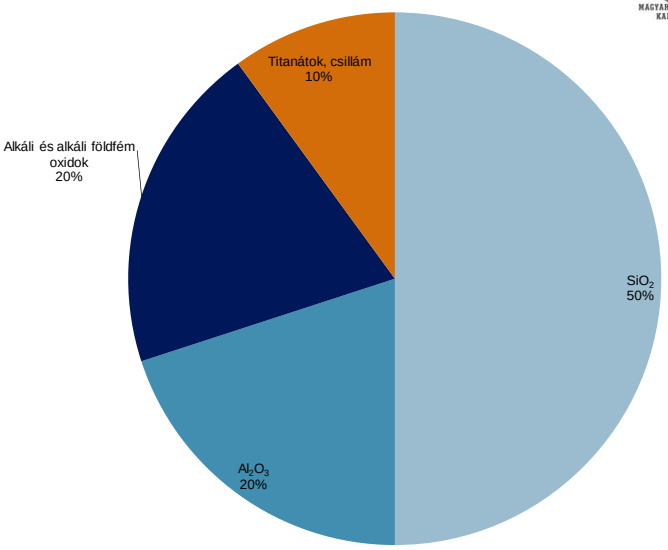


© Molnár Sz

NYÁK LAPOK

- Anyagismeret:
  - Fémek
  - Kerámiák
  - Műanyagok

NYÁK lap anyagösszetétele - kerámiák

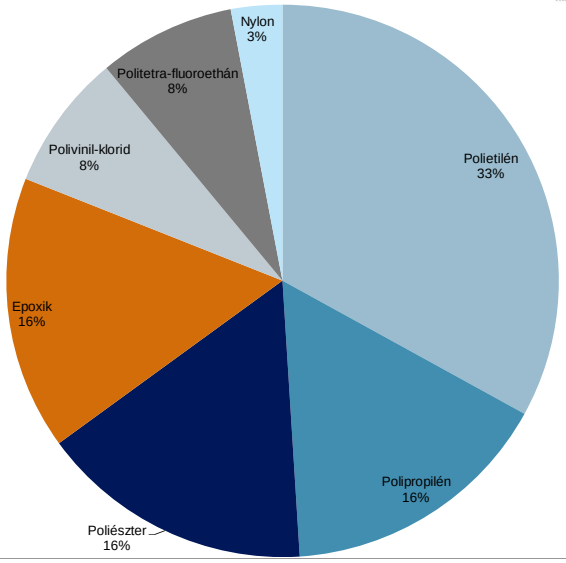


© Molnár Sz

NYÁK LAPOK

- Anyagismeret:
  - Fémek
  - Kerámiák
  - Műanyagok

NYÁK lap anyagösszetétele - műanyagok



© Molnár Sz

NYÁK HULLADÉK FELDOLGOZÁSI TECHNOLÓGIÁJA

NYÁK

↓

Aprítás shredderrel

↓

Mágneses és örvényáramú szeparálás → Vas és alumínium

↓

Forraszanyag oldása → Forrasz-anyag kinyerése

↓

Cu oldása, $(NH_4)_2SO_4$ → Cu kinyerése az oldatból

Kémiai technológia

↓

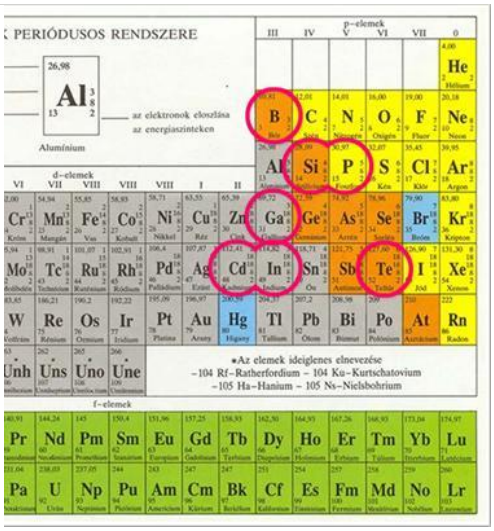
Nemes és ritkafémek, majd Ni és Zn kinyerés → Ag, Au, Pd

→ Zn, Ni

© Molnár Sz

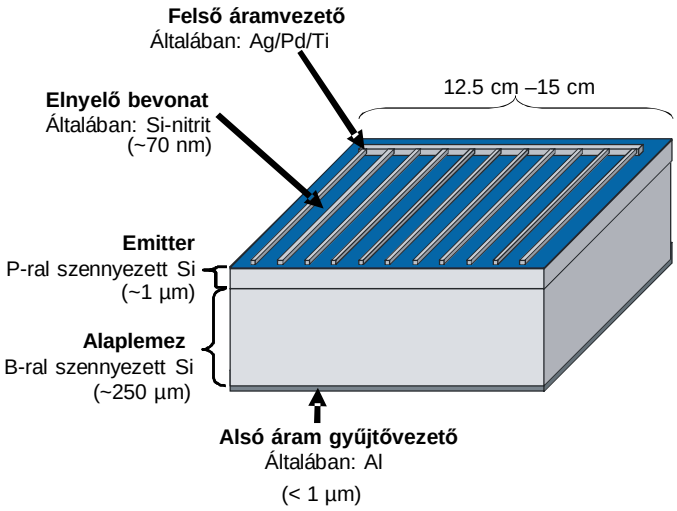
NAPELEM, MINT HULLADÉK – TERMÉKINTEGRÁLT KÖRNYEZETVÉDELEM

- E-hulladék (EU szabályozás),
- veszélyes hulladék,
- az újrahasznosított napelem cella előállításához 30%-kal kevesebb energia kell, mint a „primer” PV cella előállításához.



© Molnár Sz

PV CELLA FELÉPÍTÉSE



PV CELLÁK BONTÁSÁNAK ELJÁRÁSTECHNIKÁJA

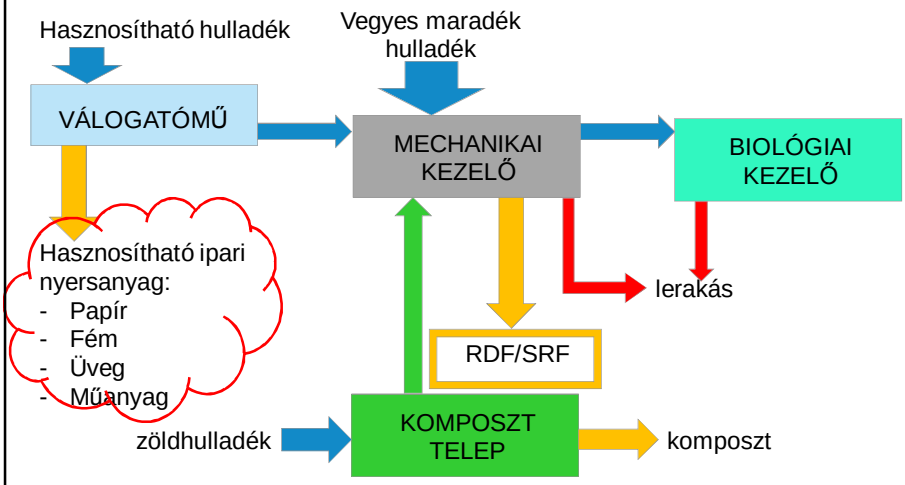
PV panel

- Leszerelés (bontás)
- Bontás (helyszínen is) → Kábelek, fémkeret…

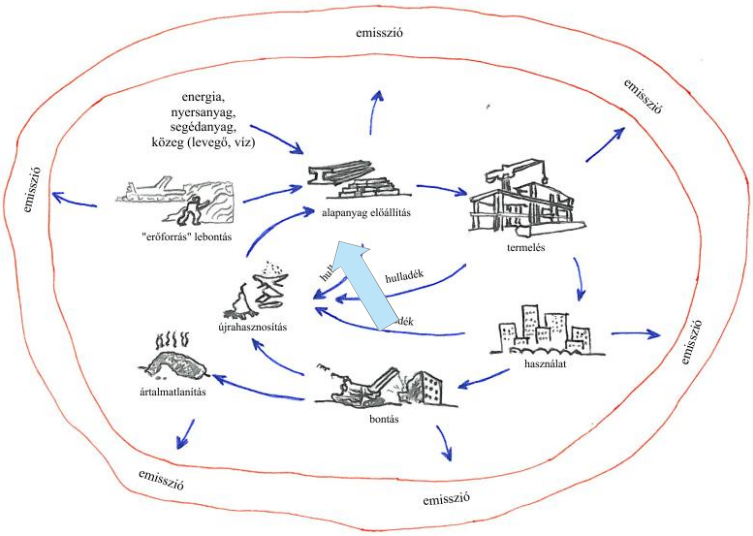
- PV cella
- Kézi válogatás → Idegen anyagok
- Őrlés → Fizikai feltárás
- (Égetés, 500 °C) → Műanyagok kiégnek, marad: üveg, fém, szolárcella
- Szeparálás (mágneses-, örvényáramú-, optikai szep.) → Fe, Al, üveg külön frakciókba
- Kémiai maratás → Szolárcella felületein lévő rétegek lemaratása

ÖSSZEFOGLALÁS – KOMPLEX HULLADÉK KEZELÉS

Kezelési folyamatok általános sémája

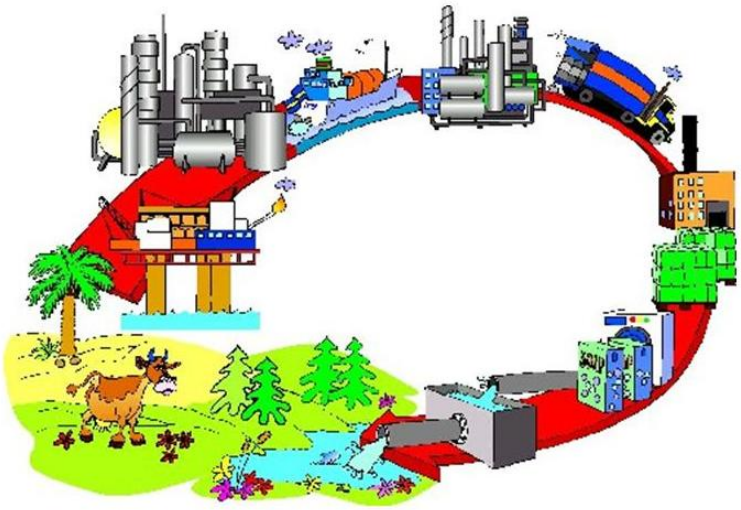


MÁSODNYERSANYAG HASZNOSÍTÁS



TUDATOS MAGATARTÁS

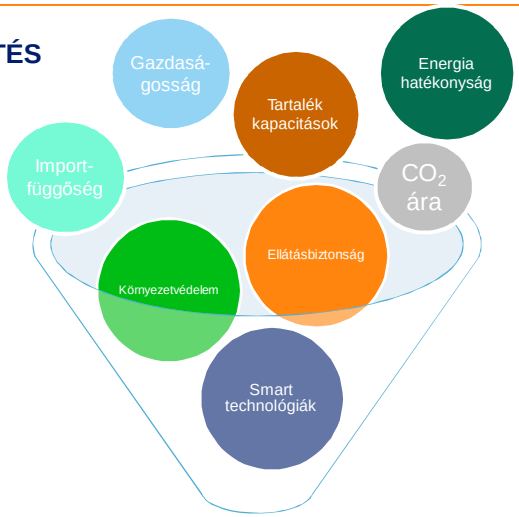
TUDATOS MAGATARTÁS



FENNTARTHATÓ FEJLŐDÉS

**„OLYAN FEJLŐDÉS, AMELY BIZTOSÍTANI TUDJA
A JELEN SZÜKSÉGLETEINEK KIELÉGÍTÉSÉT ANÉLKÜL,
HOGY VESZÉLYEZTETNÉ
A JÖVŐ GENERÁCIÓK LEHETŐSÉGEIT SAJÁT SZÜKSÉGLETEINEK KIELÉGÍTÉSÉRE”**

KÖVETKEZTETÉS



Energetikai fenntartható fejlődés

KÖSZÖNÖM SZÉPEN MEGTISZTELŐ FIGYELMÜKET!

Molnár Szabolcs
szabolcsmo@gmail.com
+36 20 439 83 51

FELHASZNÁLT FORRÁSOK

Prof. Dr. Csőke Barnabás előadásai,
Prof. Dr. Csőke Barnabás: Hulladékok feldolgozása mechanikai eljárásokkal, Miskolci Egyetem, Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézet
Prof. Dr. Csőke Barnabás: Hulladékaprítás, Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézet
Prof. Dr. Csőke Barnabás: A hulladékfeldoglozás mechanikai szeparátorai, Nyersanyagelőkészítési és Környezeti Eljárástechnikai Intézet
Schubert, G. – Csőke B.: Nem-rideg hulladékok aprítóberendezései. BKL, Bányászat (HU ISSN 0522-3512) 145. évfolyam (2013) 1. szám.
Dr. Gács Iván előadásai és szóbeli közlései,
Leitol Csaba előadásai,
http://www.cewep.eu/

© Molnár Sz

https://www.forbes.com/sites/michaelshellenberger/2018/05/23/if-solar-panels-are-so-clean-why-do-they-produce-so-much-toxic-waste/#2a6089a3121c

2008/98/EK az Európai Parlament és a tanács irányelve

Bartus Gábor (2006): *A hulladékgazdálkodás alapjai,* tanári kézikönyv, nemzeti szakképzési intézet, Budapest

http://www.iswa.org