

# Kohászat

## Fémek előállítása

Alapanyag tisztítása

Redukció (redukáló anyag előkészítés)

Fém tisztítása

Fémalapanyag előállítása

Hulladékok kezelése, felhasználása

# Fémek előállítása

**Elemi állapot** – fizikai elválasztás

– kémiai elválasztás (pl.: cianidos techn.)

**Vegyületekből**

- Pirometalurgiai redukció
- Elektrokémiai redukció
- Termikus disszociáció

# Pirometalurgia redukció

Miből?

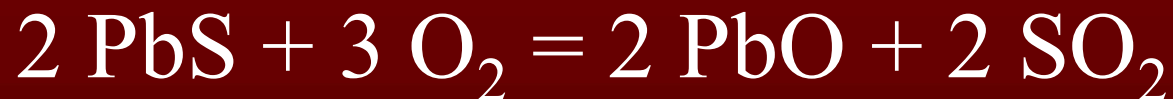
**Oxidokból** – redukció



**Karbonátokból** – hevítéssel **oxiddá** alakítják



**Szulfidokból** – pörköléssel **oxiddá** alakítják



# Pirometalurgia **redukció**

Mivel?

## **Szénnel**



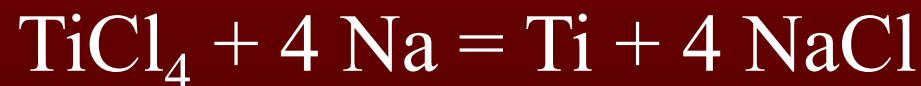
## **Alumíniummal (aluminotermia)**



## **Hidrogénnel**



## **Nátriummal**



# Elektrokémiai redukció

Cementálás



Vizes elektrolízis



Olvadékelektrolízis



## Termikus disszociáció



# Fémek előállítása

Az iparban felhasználásra kerülő szerkezeti anyagok legnagyobb része fémötvözet (>1000 Mt),

**96%-ban vas, alumínium és réz ötvözet.**

Mintegy 100 elemből két-, három-, négy-, öt-, vagy többalkotós rendszereket lehet létrehozni, ezáltal a lehetséges előállítható ötvözetek száma óriási ( $10^{25}$ - $10^{26}$ ).

- Történelem:**
- i.e. 7000 - termésrész és arany olvasztása;
  - i.e. 3000 - az ón, ólom, bronz(Cu+Sn), ezüst előállítása;
  - fújtató kell!** i.e. 1400 – Hettiták vas előállítása – i.e,1200- vaskor;  
op:1538 °C (honfoglalás kori Somogyfajszon – gyepvasérc)
  - 1500 - nyersvas, előállítása 3-5% szénttartalommal;
  - 1700 - lemezhengerlés;
  - elektrolízis!** 1855 – párizsi világkiállítás Al (ára, mint az aranyé)
  - 1856 - Siemens-Martin acélgyártás;
  - 1910 - elektroacél gyártás villamos ívkemencében;
  - 1912 - első rozsdamentes Cr-Ni acél előállítása;
  - 1920 - titán színelem előállítása;

# Fémek előfordulása

O <sub>2</sub> 46%;	<b>Ti 0,5%;</b>	<b>Ni 8.10<sup>-3</sup> %;</b>
Si 28%;	H <sub>2</sub> 0,14%;	<b>Cu 7.10<sup>-3</sup> %;</b>
<b>Al 8,2%;</b>	<b>Mn 0,1%;</b>	<b>W 6,9.10<sup>-3</sup> %;</b>
<b>Fe 5,6%;</b>	C 0,032 %;	<b>Co 2,3.10<sup>-3</sup> %;</b>
Ca 3,6%;	Zr 0,022 %;	<b>Pb 1,6.10<sup>-3</sup> %;</b>
Na 2,8%;	<b>Cr 0,02 %;</b>	<b>Mo 1,5.10<sup>-3</sup> %;</b>
K 2,6%;	<b>V 0,015 %;</b>	<b>Ag 1.10<sup>-5</sup> %;</b>
<b>Mg 2,1%;</b>	<b>Zn 0,013 %;</b>	<b>Au 5.10<sup>-7</sup> %;</b>

# Fémek gyártása

A természetben a fémek az **arany, ezüst és platina** kivételével érc (vegyület) alakban fordulnak elő

A **vasat** hematitból ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), vagy magnetitből ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ),

az **alumíniumot** bauxitból ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$ ),

a **rezet** szulfidokból ( $\text{Cu,Fe} \text{S}$ ),

vagy oxidokból ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ,  $\text{Cu}(\text{OH})_2$ ,  $\text{CuCO}_3$ ),

a **titánt** ilmenitből ( $\text{FeTiO}_3$ ) vagy rutilból ( $\text{TiO}_2$ ) nyerik



# Vasgyártás

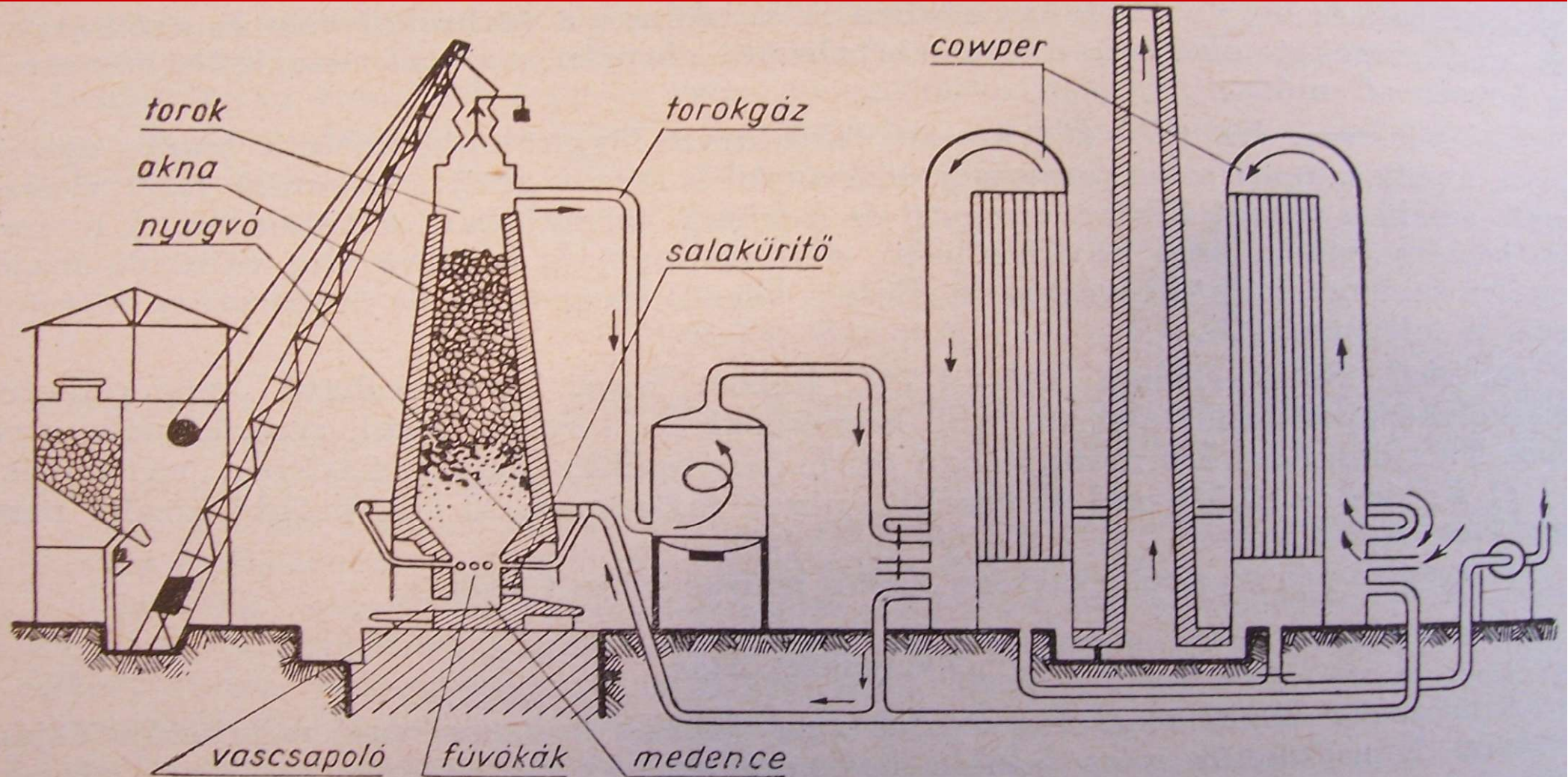
A **nyersvasgyártás** nagyolvasztóban végzett kohósítással történik a vasoxidok **szénnel** való redukálásával.

A redukcióhoz kokszot használnak és a reakciók fenntartásához forró levegőt fújnak be.

Az így termelt nyersvas **4-5,5% szenet** tartalmaz oldott és cementit ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ) formájában.

Magas a szennyezettsége különböző oxidok, szulfidok, szilikátok és más salakanyagok alakjában.

# Nagyolvasztó



A nagyolvasztó üzeme folyamatos, a szilárd állapotú nyersanyagok és segédanyagok (mészke) betáplálását, valamint az olvadt állapotú főtermék (nyersvas) és melléktermék (salak) eltávolítását szakaszosan végzik

# Nagyolvasztó

A nagykohó 900 Celsius-fokosnál forróbb részében – a meddőben levő egyéb oxidok közvetlen redukciójából – szilícium, mangán és foszfor is képződik. A meddőkőzet és a kokszhamu szulfátjai részben elemi kénre redukálódnak.

A nagyolvasztó terméke, a fehér nyersvas ötvözőként 3,5–4 százalék szenet, 1,5–4 százalék mangánt, 0,5–1 százalék szilíciumot, továbbá szennyezésként foszfort és kén tartalmaz.

A fehér nyersvasból acélt gyártanak.

A szürke vagy öntödei nyersvas széntartalma megegyezik a fehér nyersvaséval, de a szén nagy része grafit formájában van benne jelen, ezért a nyersvasnak a törési felülete szürke

# Nagyolvasztó

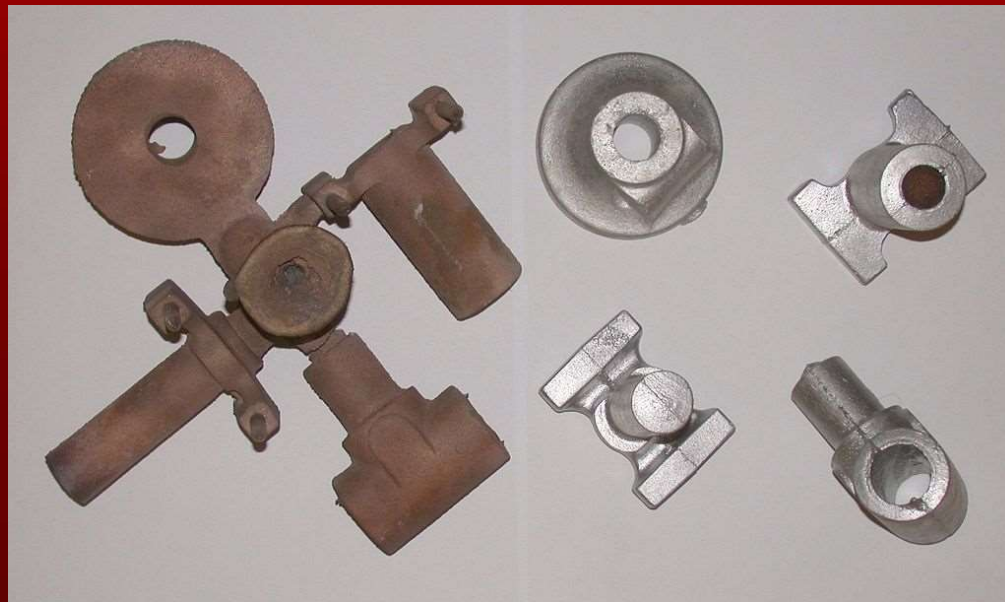
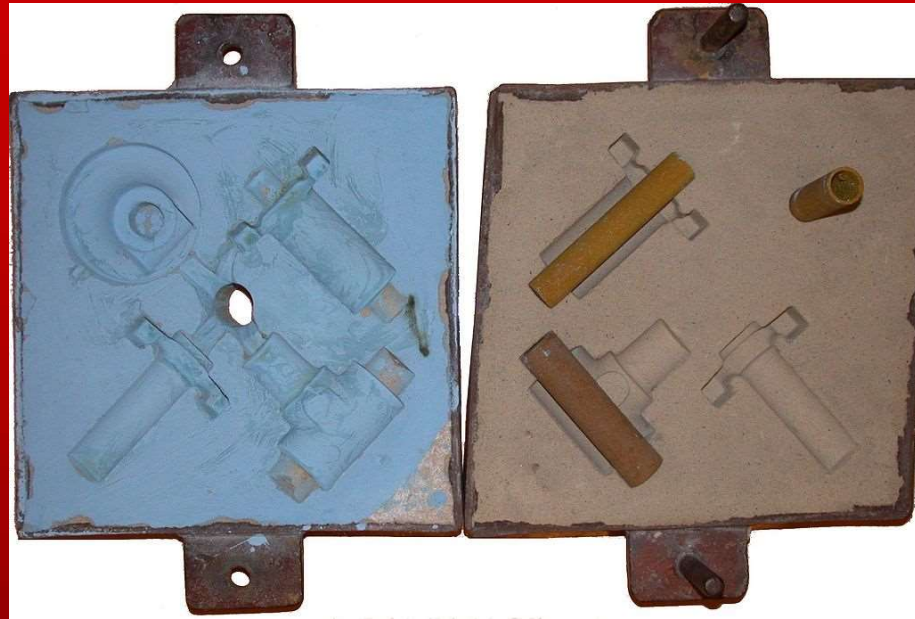
Egy tonna nyersvas gyártásakor 5500 köbméter (6,1 tonna) **torokgáz** is keletkezik.

A kohóba juttatott koksz **hőenergiájának** mintegy fele a torokgáz szén-monoxidjának felhasználásával (levegő előmelegítésére, fűvógépek üzemeltetésére) hasznosítható.

A nyersvassal csaknem azonos tömegű **salak** kalcium-alumínium-szilikátokból áll; összetételétől függően salakgyapot (szigetelőanyag) előállítására vagy (út)építésre salakként használják fel.

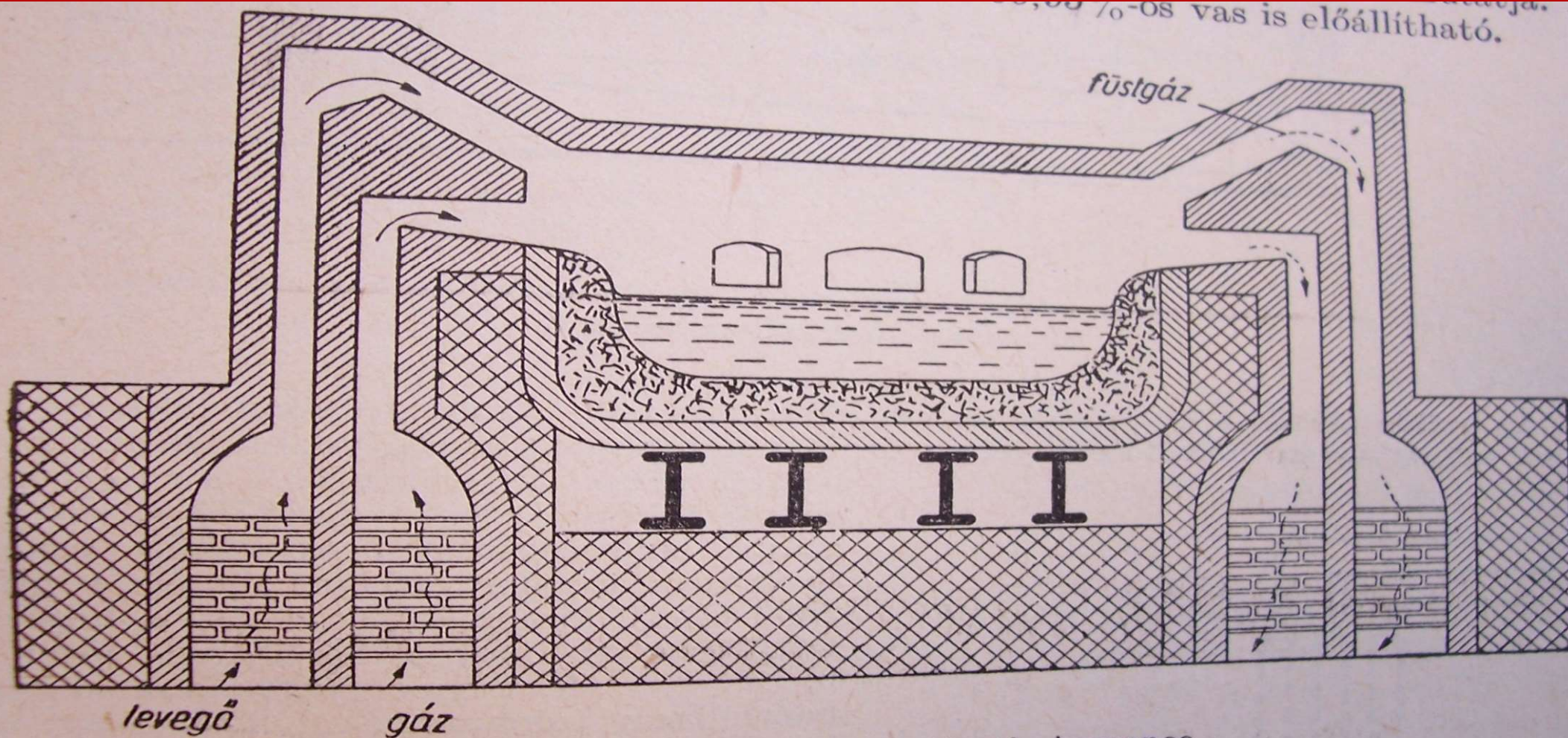
# Öntöttvas Nyersvas + ócskavas újraolvasztás

2%-tól 3,6% széntartalom, rideg, jó korrózióállóság



# Acélgyártás

Az acélgyártás során a nyersvas **káros ötvözőit** (C, Si, P, S) – oxidációs úton – a kívánt mértékig **eltávolítják** a vas mellől, és ezután annyi egyéb **ötvözőelemet adnak** hozzá, hogy a kívánt tulajdonságú vasötvözetet kapják. Az eljárások egyik csoportjában oxidálószerként az ócskavas vas-oxidja és a levegő oxigénje szolgál (Siemens–Martin-eljárás).



237. ábra. Siemens–Martin-kemence

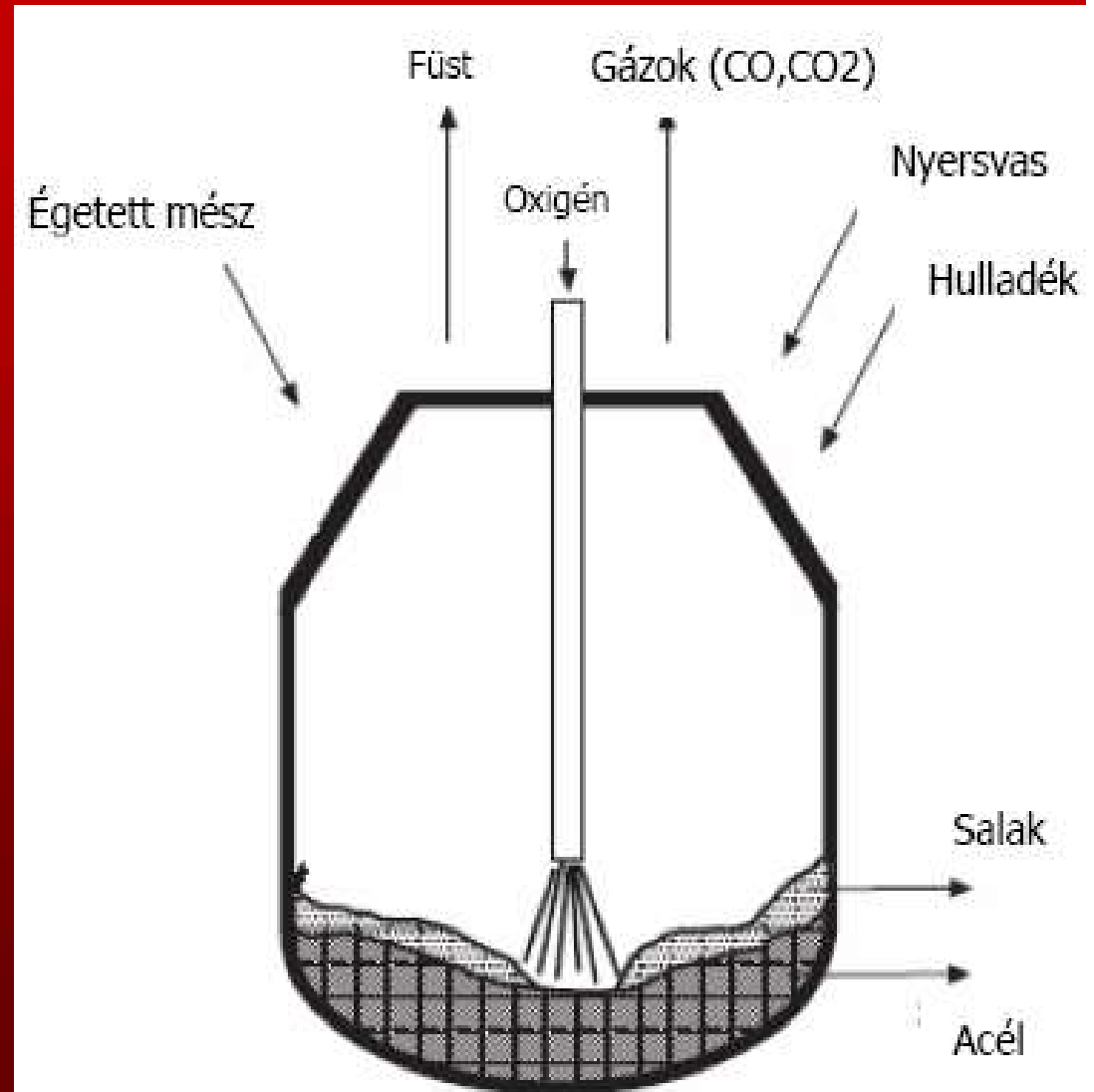
# Konverteres acélgártás

A konverterben az adaggyártás ideje 45-47 perc.

1. acélhulladék berakása,
2. nyersvas beöntése,
- 3. oxigén**fúvatás, salakképző adagolása,
4. próbavétel,
5. acélcsapolás,
6. salakcsapolás.

A konverteres acélgártás jellegzetessége, hogy nincs szükség külső tüzelőanyag-bevitelre, mert a metallurgiai folyamatokhoz szükséges hőmennyiséget:

- a nyersvas (és az acélhulladék) karbon-, szilícium-, mangán- és foszfortartalmának oxidációjából származó hő,
- a nyersvas fizikai hőtartalma és
- a salakképződés hőtartalma adja.



A konverter bemenő és kimenő anyagai

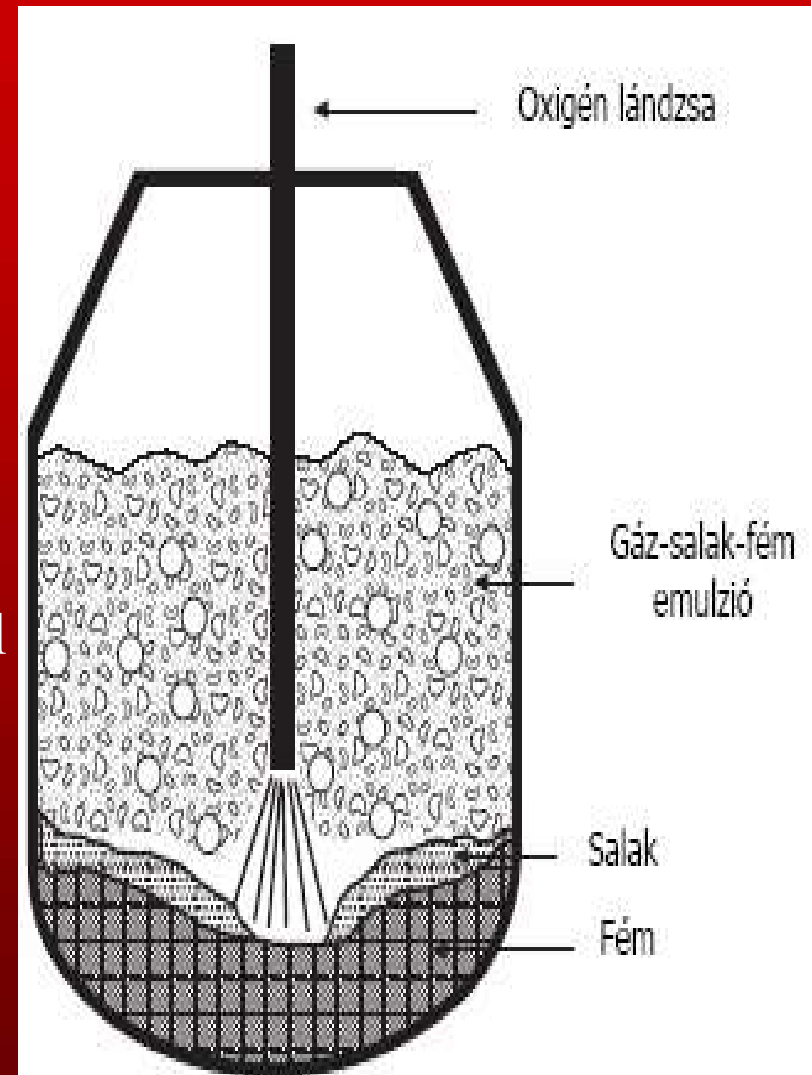
# Konverteres acélgyártás

A **salak** kialakításához égetett meszet, salakfolyósítóként folypátot ( $\text{CaF}_2$ ) adagolnak. A mész mennyiségét a nyersvas szilíciumtartalma, a salak bázicitása, a mész összetétele és szemnagysága határozza meg.

**Oxigén** lándzsán keresztül nagy tisztaságú (99,8%), nagy nyomású és nagy intenzitású oxigén gázt fuvatnak.

A konverteres acélgyártás feladata a szén-, mangán-, szilícium-, foszfor- és kéntartalomnak a gyártandó acél minőségi előírásainak megfelelő mértékre való csökkentése, oxidálással.

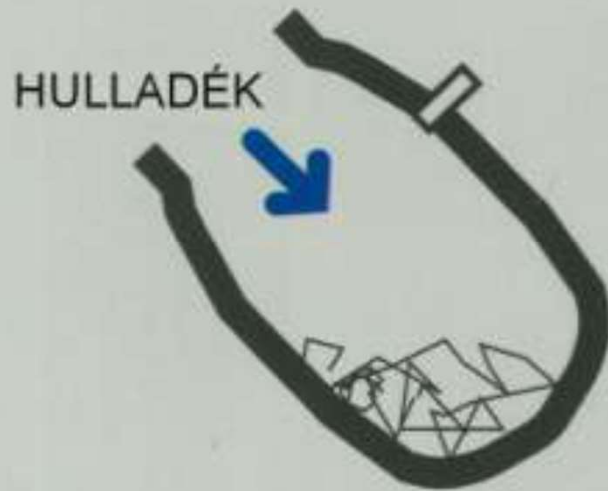
Az oxigénsugárnak a hang terjedési sebességénél nagyobb a sebessége, nagy energiája a folyékony fűdőt apró cseppekre fűjja szét, amelynek következtében a konverterben igen **nagy felületű gáz-salak-fém emulzió** keletkezik. A fémekben oldott elemek oxidációja ezeken a felületeken megy végbe.



A konverter fizikai állapota a fűvatás közben



# KONVERTEREZÉS TECHNOLÓGIAI LÉPÉSEI



# Konverteres acélgártás

Szállítóüstből nyersvas beöntés a konverterbe



*Az acél széntartalma 0-1,7% között lehet, az öntöttvasé 1,7 és 6,67 %*

# Környezetvédelem

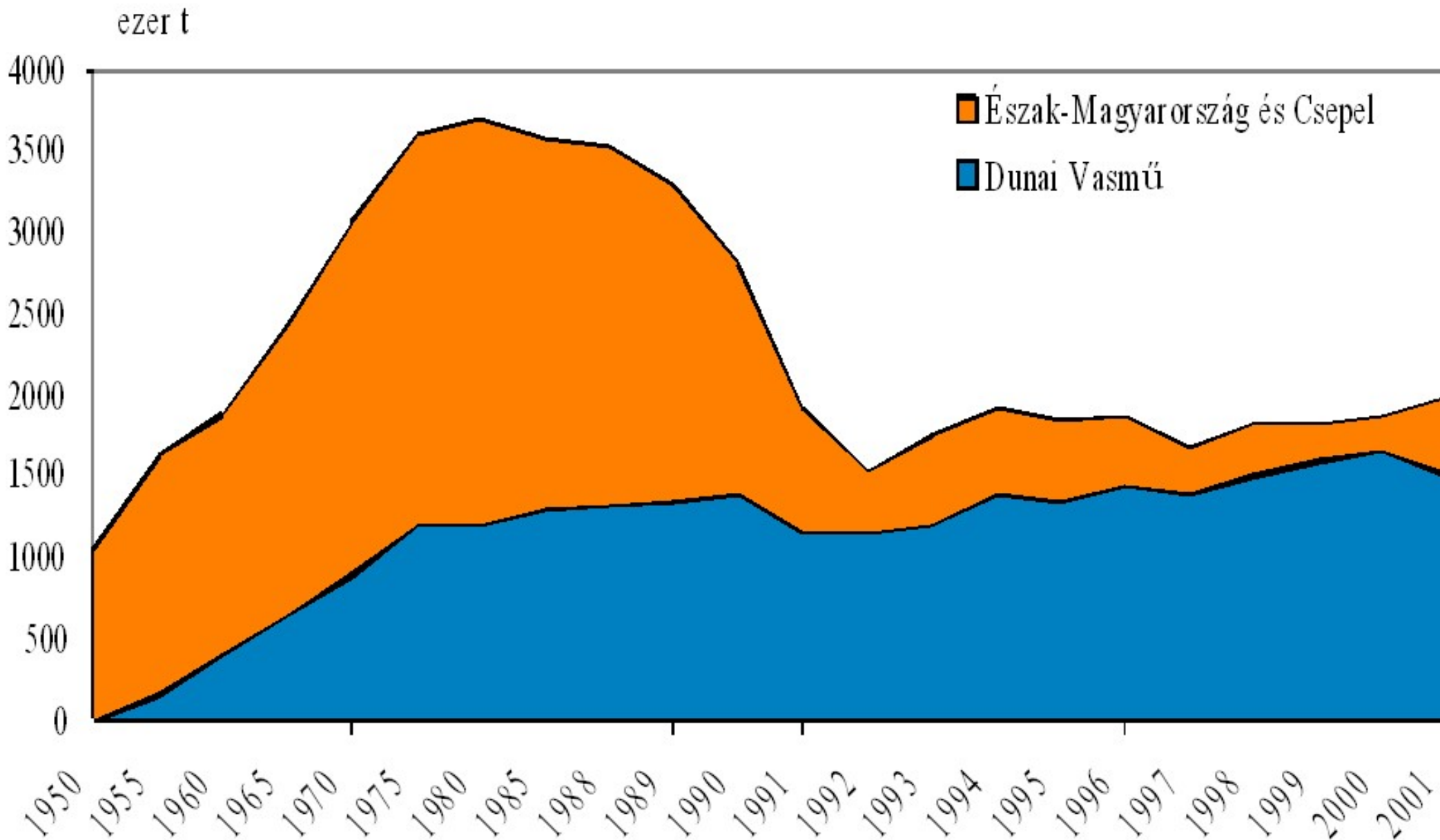
A vaskohászat környezetterhelése mindenütt jelentős; csökkentésére ezért világszerte jelentős erőfeszítéseket tesznek. Fontos és sürgős feladat az EU elvárásainak a teljesítése is.

A vaskohászat egyik legsúlyosabb gondja a magas fajlagos légszennyezés gáz (CO, CO<sub>2</sub>) és **porkibocsátás**.

**Salakhasznosítás** elsősorban az útépítés területén. Kettős eredmény a környezet megóvásában: csökkenteni lehet a környezet károsító kőbányászatot és eltüntethetők a salakhányók.

# Az acéltermelés változása Magyarországon

(Forrás: MVAE, Dunafer)

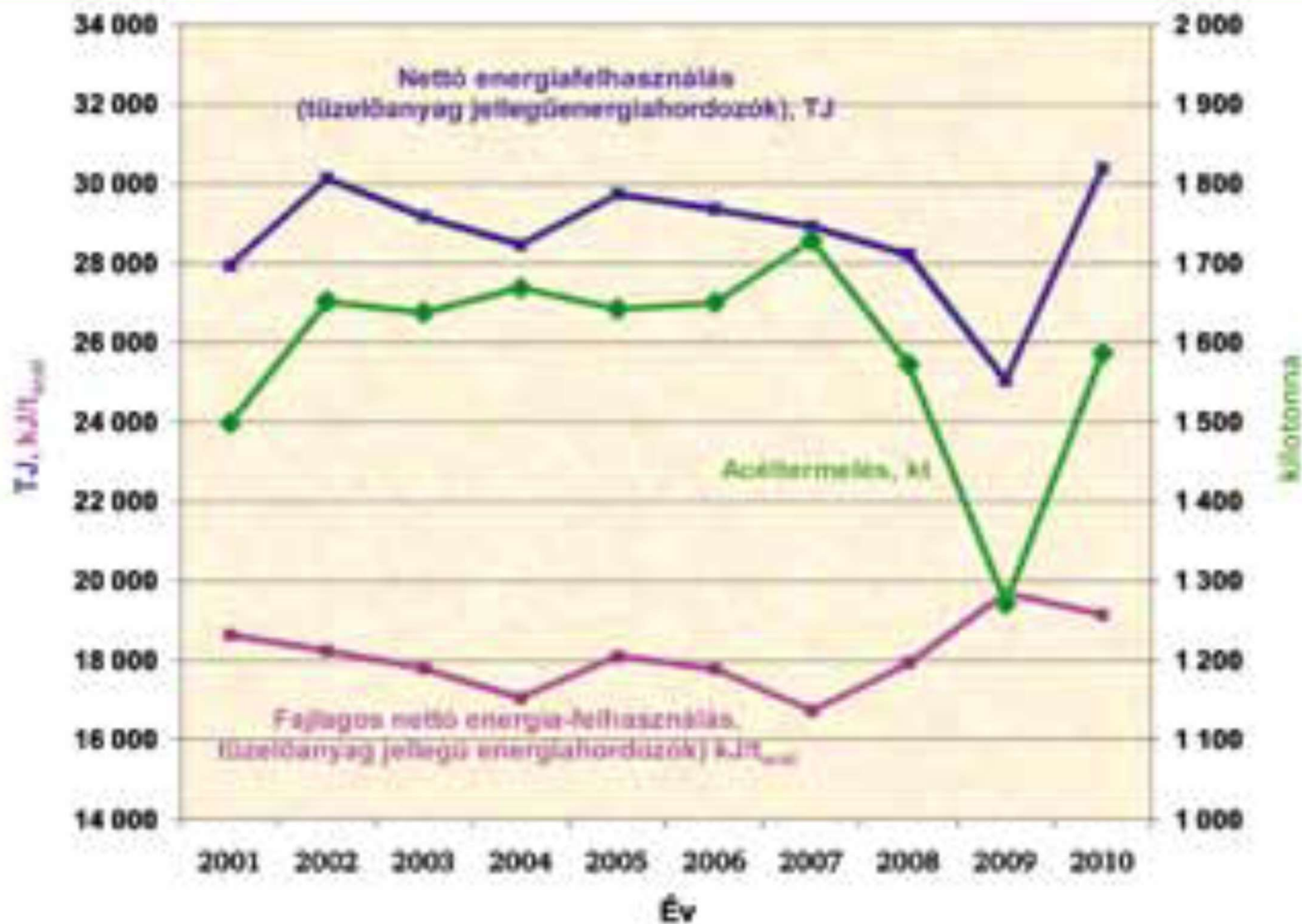


A diósgyőri Vasmű (autóipari beszállító) 2009-ben bezárt (Gazdasági válság).

# Dunaferr vállalatcsoport dunaújvárosi telephelyének

(ukrán majd orosz érdekkör)

energiafelhasználása termelt acélra vetítve 2001–2010 között



# Alumíniumgyártás - Timföldgyártás

**Bauxit** szárítása

Bauxit őrlése

Bauxit feltárása



Ülepítés, szűrés      üledék – **vörösiszap** (Fe, Ti)

Az oldatban maradó Na-aluminát elbontása

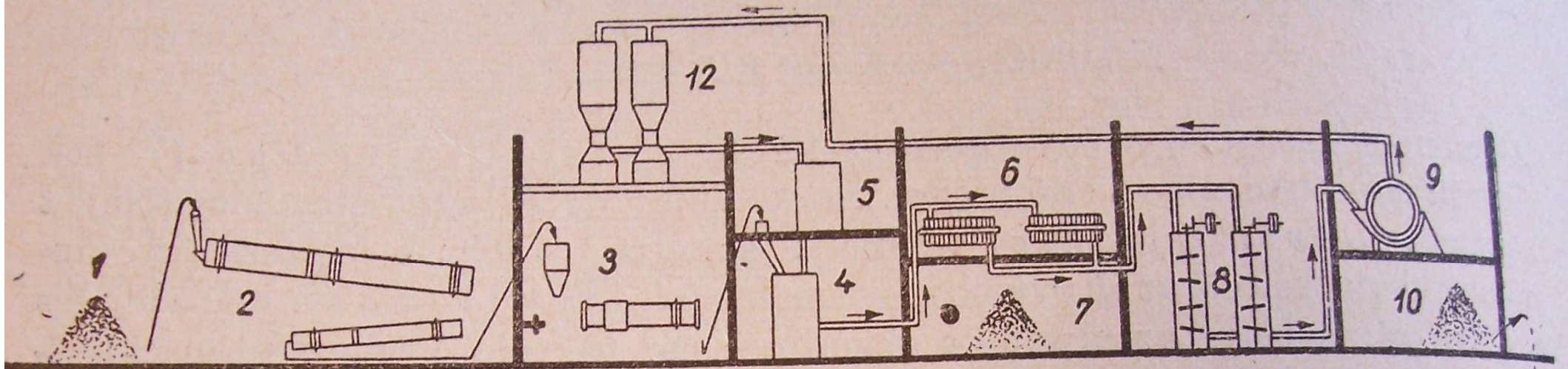


Szűrés, a NaOH visszaforgatása

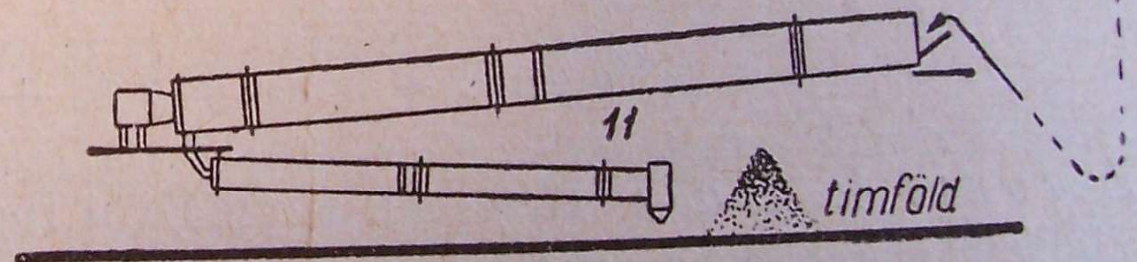
Kalcinálás - **Timföld**



# Alumíniumgyártás/1 Timföldgyártás



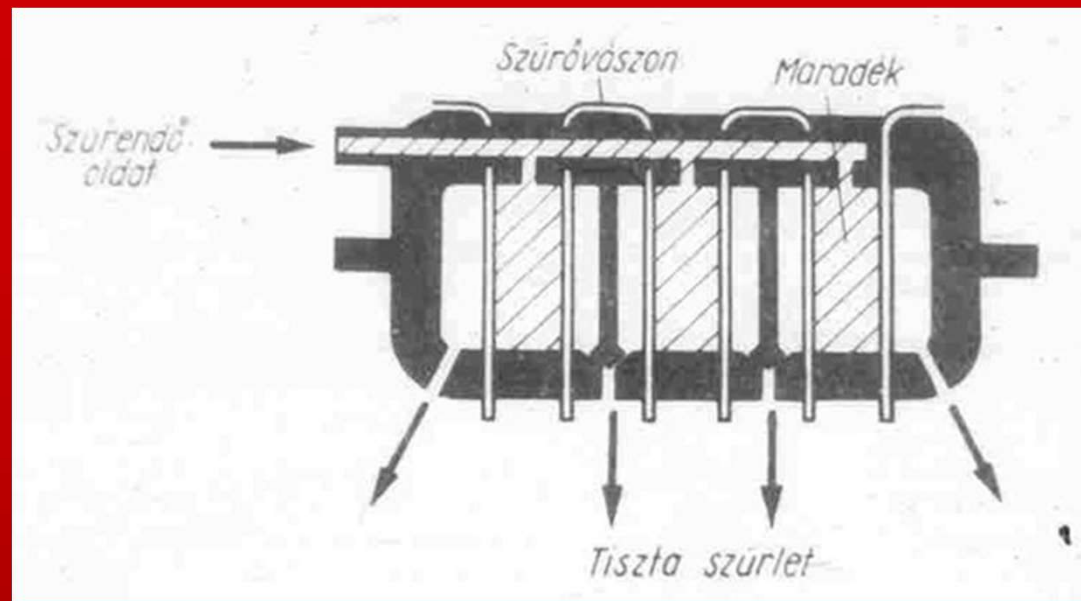
- 1 bauxit-tároló
- 2 szárító dobok
- 3 golyós malmok
- 4 autoklávok
- 5 lúgtartályok
- 6 szűrősajtók
- 7 vörösiszap
- 8 kikeverők
- 9 dobszűrő
- 10 timföldhidrát
- 11 kalcináló kemence
- 12 lúgbepárló



217. ábra. A Bayer-féle timföldgyártás vázolata

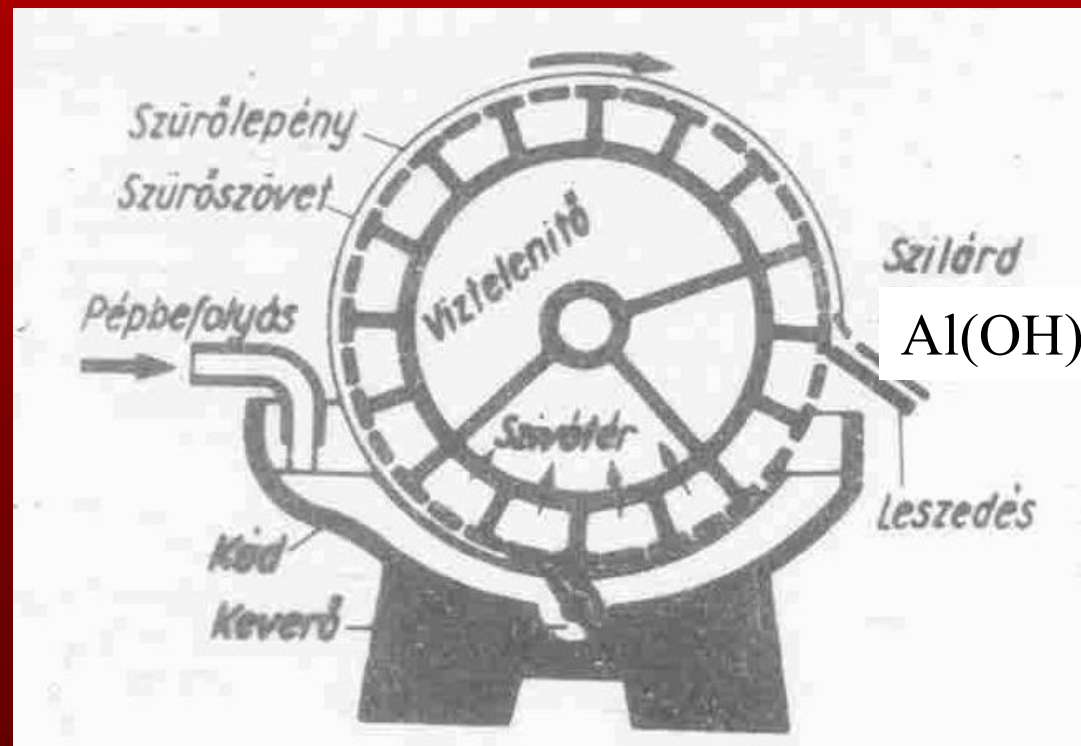
# Vörösiszap szeparálás

## 6. Keretes szűrőprés



# $\text{Al(OH)}_3$ szeparálás

## 9. Dobszűrő





# Alumíniumgyártás – Olvadék-elektrolízis

Katód az elektrolizálókád grafitbélése



Anód grafitrudak



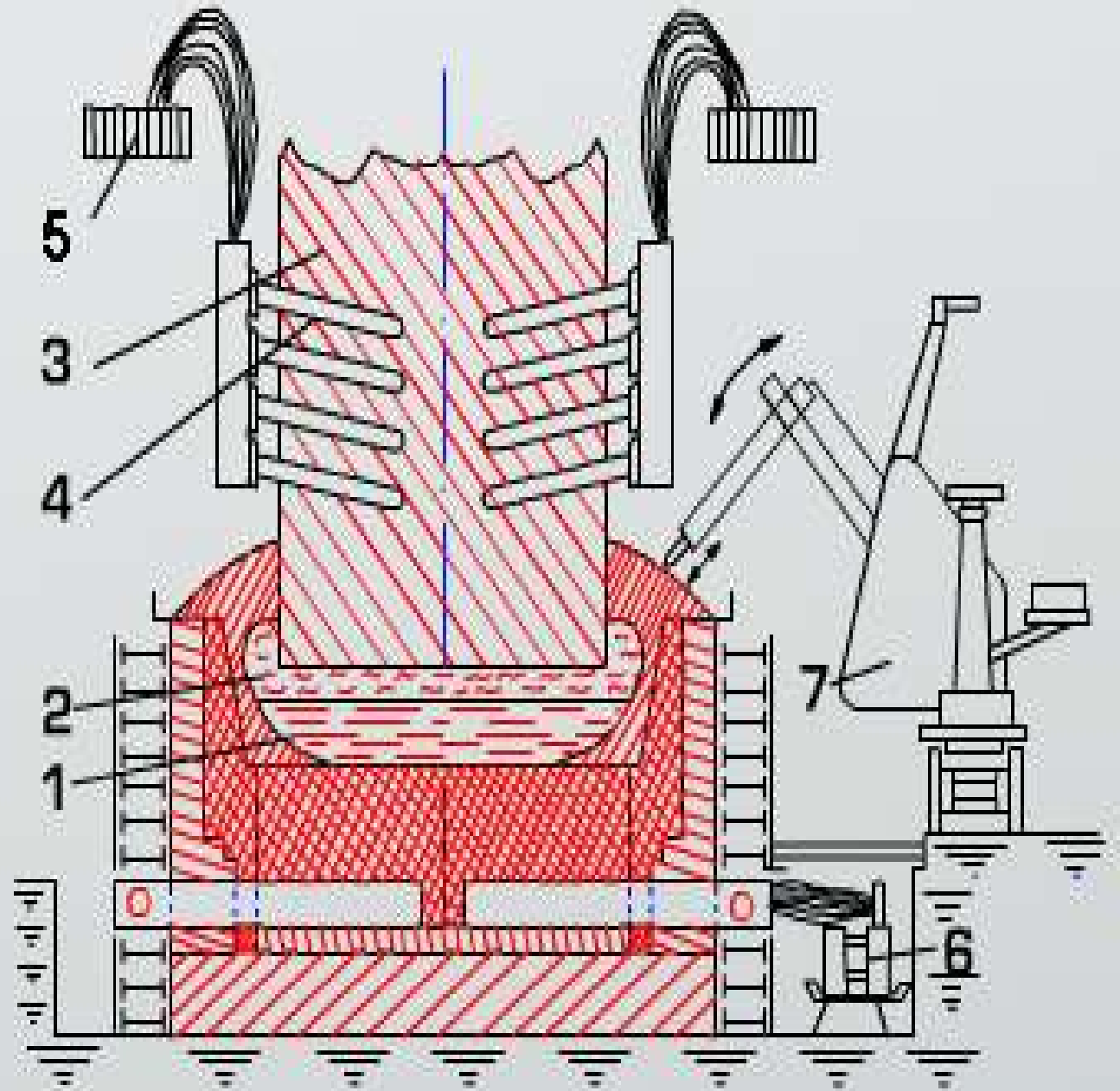
A **timföld** ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) olvadáspontját 2000 °C-ról kriolit ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ) hozzáadásával 1000 °C-ra csökkentik.

Kis egyenfeszültség (6V), és nagy áramerősség.

A **fém alumínium** a szénbélésű kád alján gyűlik össze, a felszabaduló **oxigén** az anódot égeti (CO!).

# Alumíniumgyártás – Olvadék-elektrolízis

- 1 - nyers alumínium
- 2 - timföld + kriolit
- 3- szén anód
- 4 - anódtüske
- 5- anódáram csatlakozás
- 6 - katód csatlakozás
- 7 - szivattyú



# Alumínium kohászat

- **Anyagmérleg:**
  - 4 t bauxit
  - 2 t timföld
  - 1 t alumínium
- **Energia igény:**
  - 15.000 kWh/ 1 t kohóalumínium
  - 20.000 kWh/ 1 t finomított alumínium

Rendszerváltás után: A magyar alumínium kohászat megszűnt.  
A bauxitbányászat megszűnt.  
**A timföldgyártás folytatódott.**

# Ajkai Vörösiszap Katasztrófa

2010.10.04.



Vörösiszap sújtotta terület speciális légifotója

Forrás - Greenpeace

# Vörösiszap fémtartalma

A vörösiszap összetételének minősítésére nincsenek előírások, ezért viszonyítási alapként a mezőgazdaságban, talajjavításra használható szennyvíziszapokra (EU lista szerinti kódszámuk 20 03 06) megengedett határértékeket tekintettük.

Minták	Vörösiszap fémtartalma (mg/kg)						
	As	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	Zn
MTA KK AKI 2010.10.05 <sup>1a</sup>	<b>135- 144</b>	n.d.	632- 677	1,64- 8,59	192- <b>219</b>	189- 195	47,9 56,7
MTA KK AKI 2010.10.05 <sup>1b</sup>	33,4- 35,7	n.d.	83,4- 85,8	n.d.	64,3- 73,1	43,2- 53,9	36,8- 43,6
Bálint Analitika 2010.10.05 <sup>2</sup>	43,6- 44,5	2,30- 2,42	689- 721	0,54- 0,67	281- 289	80,9- 83,2	142- 155
Bálint Analitika 2010.10.05 <sup>3</sup>	27,9- 32,3	0,24- 0,34	57,6- 74,5	0,18- 0,28	26,3- 36,4	7,52- 11,8	64,2- 77,9
MÁFI 2010.10.06 <sup>4</sup>	<b>81,6- 131</b>	0,82- 1,44	360- 694	0,61- 2,83	143- <b>322</b>	96,2- 177	108- 172
<b><i>Határértékek szennyvíziszapra<sup>6</sup></i></b>	<b>75</b>	<b>10</b>	<b>1000</b>	<b>10</b>	<b>200</b>	<b>750</b>	<b>2500</b>

n.d. nem mérhető

MTA

# A vörösiszap kioldható fémtartalma

A fémek kioldódását száraz vörösiszap mintákon, desztillált vizes, illetve az MSZE 21420-31 szabvány szerinti pH=4,5-s ammónium-acetátos pufferben kezelések után határozták meg.

Minták	Kioldható fémtartalom (µg/l)						
	As	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	Zn
MTA KK AKI 2010.10.05 <sup>1</sup> desztillált víz	k.h.a	k.h.a	k.h.a	k.h.a	190	60	k.h.a
MTA KK AKI 2010.10.05 <sup>1</sup> ammónium-acetát puffer	k.h.a	k.h.a	k.h.a	k.h.a	k.h.a	k.h.a	k.h.a
<i>Mérés kimutatási határa</i>	<i>20</i>	<i>3</i>	<i>1</i>	<i>4</i>	<i>0,7</i>	<i>8</i>	<i>0,8</i>
<i>Határértékek szennyvízre<sup>12</sup></i>	<i>200</i>	<i>20</i>	<i>2500</i>	<i>10</i>	<i>1000</i>	<i>1000</i>	<i>5000</i>

k.h.a. - kimutatási határ alatt

**A vörösiszap a hatályos EU szabályozás (94/904/EC direktíva) szerint nem veszélyes anyag.**

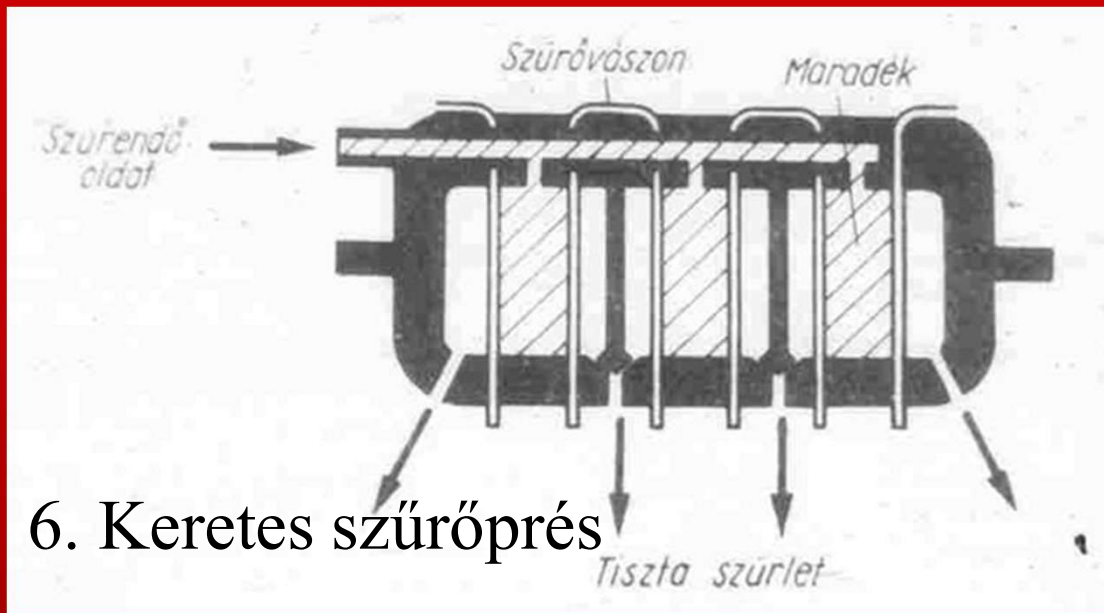
**A hulladékokra vonatkozó EU-s lista, a European Waste Catalogue and Hazardous Waste List szerinti kódszáma 01 03 09.**

**A környezetbe kikerülő vörösiszap azonban potenciális veszélyforrás, amely mind a vele érintkező lakosságot, mind az élővilágot, mind a környezetet (levegő, víz, talaj) veszélyeztetheti.**

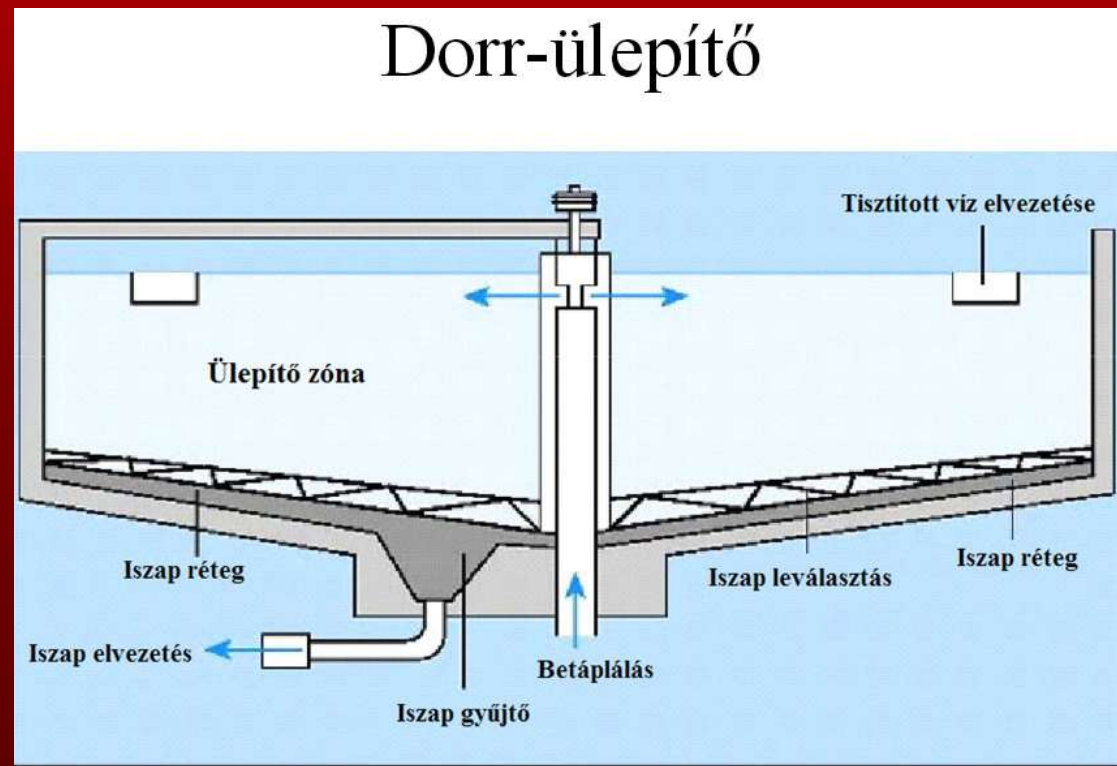
**A vörösiszap elsősorban erősen lúgos jellege miatt veszélyezteti az élővilágot, valamint az épített és a természeti környezetet.**

# Vörösiszap szeparálás

## Száraz technológia



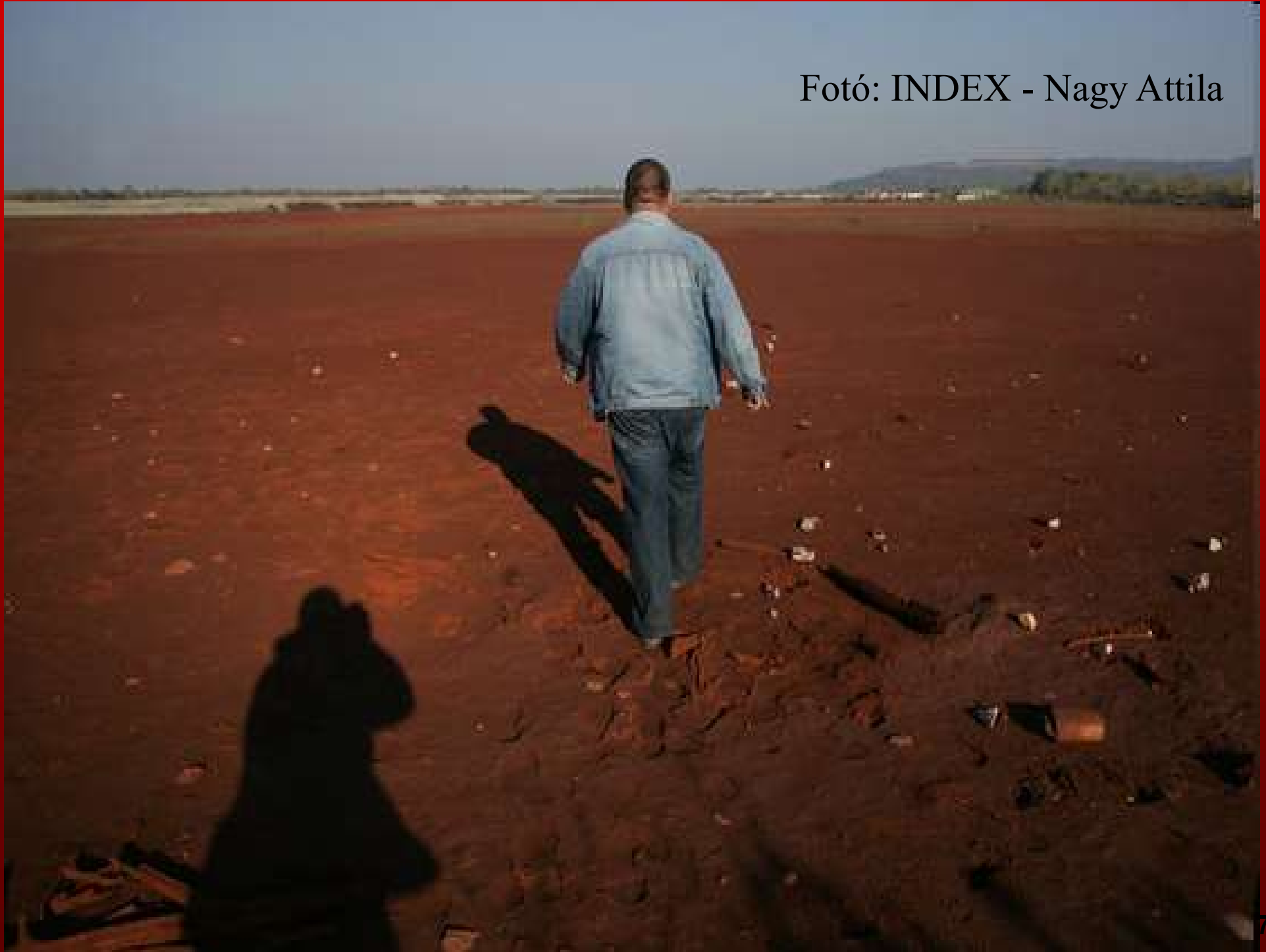
## Híg zagyos technológia





# Az almásfüzitői vörösiszap-tározó A VII-es kazetta még rekultiváció előtt

Fotó: INDEX - Nagy Attila



## A híg zagyos technológia lehetséges kivitelezése:

„A körkörösén betáplált vörösiszap zagy a betáplálás helyétől távolodva elvesztette a szemcse tartalmát, az így „letisztult” folyadékot a kazetta közepén elhelyezett nyelő műtárgyon és a hozzá csatlakozó nyelővezetéken át a szivattyútelepre, ahonnan a retúr csövön keresztül a gyárba visszajuttatták újbóli felhasználásra.”

„a klasszikus technológiákban a híg lúgot visszapároolták és visszajáratták a folyamatba,” „Többek közt ezt a célt szolgálta a korábban a MAL Zrt. tevékenységéhez is kötődő ajkai hőerőmű, aminek hulladék hője volt a retúrlúg bepároolásához használva, árama pedig az energiaigényes alumínium iparban. Ezt a szinergiát megbontotta a Privatizáció.,,

# Rekultiváció

„A termő- és külterületekről több mint 800.000 m<sup>3</sup>, a belterületekről pedig több mint 300.000 m<sup>3</sup> épülettörmelékkel és szennyezett földet szállítottak vissza a tározókra.”

- A talaj termőrétegét 60 cm mélységig eltávolították
- Élelmiszertermelésből kizárták
- A lúg elszivárgott, illetve a talaj pufferelte (a trágyázás miatt a talajok savanyodása a jellemző)
- A vörösiszap csak a lúgtartalma miatt veszélyes, határérték feletti szennyezést nem tartalmazó földszerű anyag.
- Elég lett volna csak a vörösiszap eltávolítása. Az esetleg maradó néhány cm-es réteg bedolgozható lett volna.

- **Az ólomgyártás kémiai reakciói karbonátból illetve szulfidból kiindulva**
- **Pirometalurgiai reakcióegyenletek (redukáló anyag: C, CO, Al, H<sub>2</sub>, Na)**
- **Példa cementálásra, vizes oldat- illetve olvadákelektrolízisre (reakcióegyenletek)**
- **Termikus disszociációval előállított fémek (reakcióegyenletek)**
- A vaskohászatban mit használnak salakképzőnek, mi a szerepe, és hogyan hasznosítják?
- Hogyan lesz a nyersvasból acél,
- A konverteres acélgyártás
- **A timföldgyártás reakcióegyenletei**
- A vaskohászat környezetszennyező hatása
- Az alumíniumgyártás teljes folyamatának környezeti hatásai
- Ajkai vörösiszap katasztófa