

Környezettechnológia biológiai és **kémiai** módszerei

Környezetmérnök MSc, levelező képzés, 2022

Tolner László egyetemi magántanár
Környezettudományi Intézet

Tananyag:

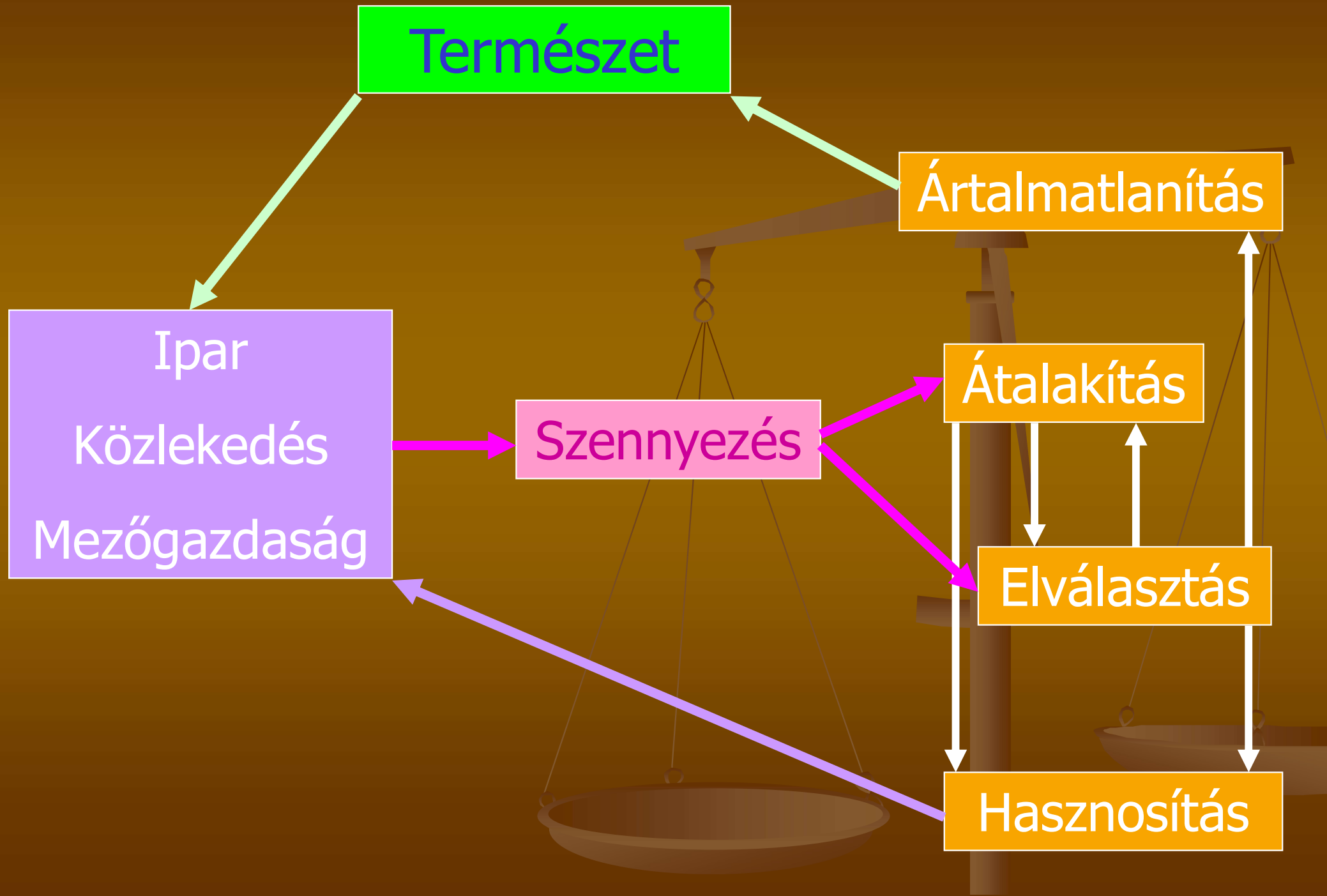
<http://www.tolner.hu/okt/Kemalaplev/Kemalaplev.html>

Barótfi: Környezettechnika (Mezőgazda kiadó 2000)

Környezettechnológia kémiai módszerei

- **A tantárgyrész rövid leírása:**
- A tantárgyrész a levegőtisztaság-védelem, szennyvízkezelés, talajtisztaság-védelem, hulladék kezelés és sugárvédelem területén alkalmazható környezetvédelmi technológiák alapját képező kémiai folyamatokat ismerteti.
(sav-bázis, redox, csapadékképződési, szorpciós, ioncsere, kémiai lebontási átalakítási folyamatok, stb.)

Anyagáramlás az emberi tevékenység hatására



Mit védünk?

Gázok, gőzök, porok

Égéstermékek, füst, por,
oldószer, szaghatás

Oldott anyagok, lebegő
anyagok

Toxikus anyagok, biológiai hatások
Oxigén, és tápanyagforgalom

Szilárd, folyékony,
légnemű szennyezés

Hulladék, szennyvíz,
Légköri ülepedés

Levegő

Víz

Talaj

Földtani közeg
Felszín alatti víz



Az égés kémiája



Miért égetünk?

Kémiai energia



Hőenergia

Hőenergia



Mechanikai energia

Mechanikai energia



Elektromos energia

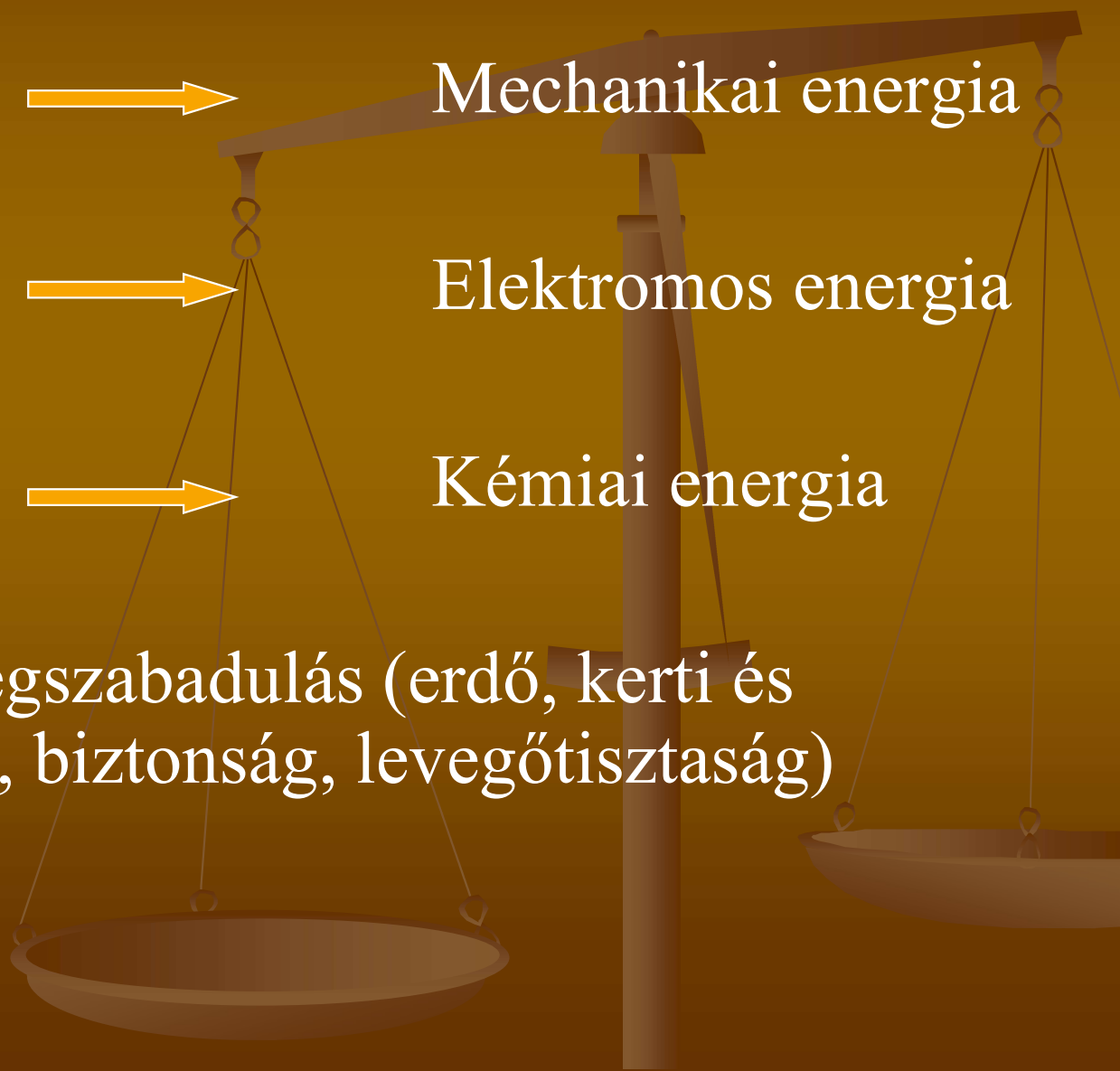
Kémiai energia



Kémiai energia

Felesleges dolgoktól megszabadulás (erdő, kerti és kommunális hulladék, biztonság, levegőtisztaság)

Gondatlanság



Mit égetünk?

Fa, biomassza szénhidrátok (cellulóz, keményítő, lignin)

Közvetett napenergia hasznosítás

Fotoszintézis:



Cellulóz (szőlőcukor polimer) égése:

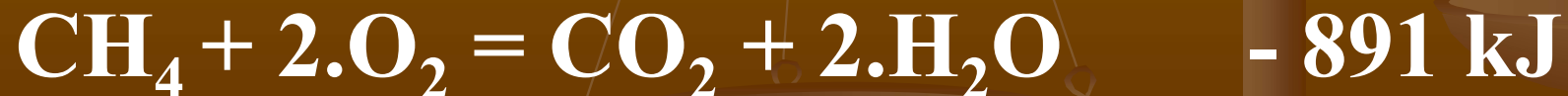


Fosszilis növényi, állati maradványok

Szén égése:



Szénhidrogén (metán) égése:



Szénhidrogén-kisebb karbonlábnyom

Néhány tüzelőanyag fűtőértéke MJ/kg-ban

fa	16
barnaszén	25
feketeszén	30
koks	32
fűtőolaj	40
zsír és olaj	35
szénhidrát	18
kenyér	10
sajt	10
hús	10-20

Szőlőcukor ~ cellulóz ~ fa

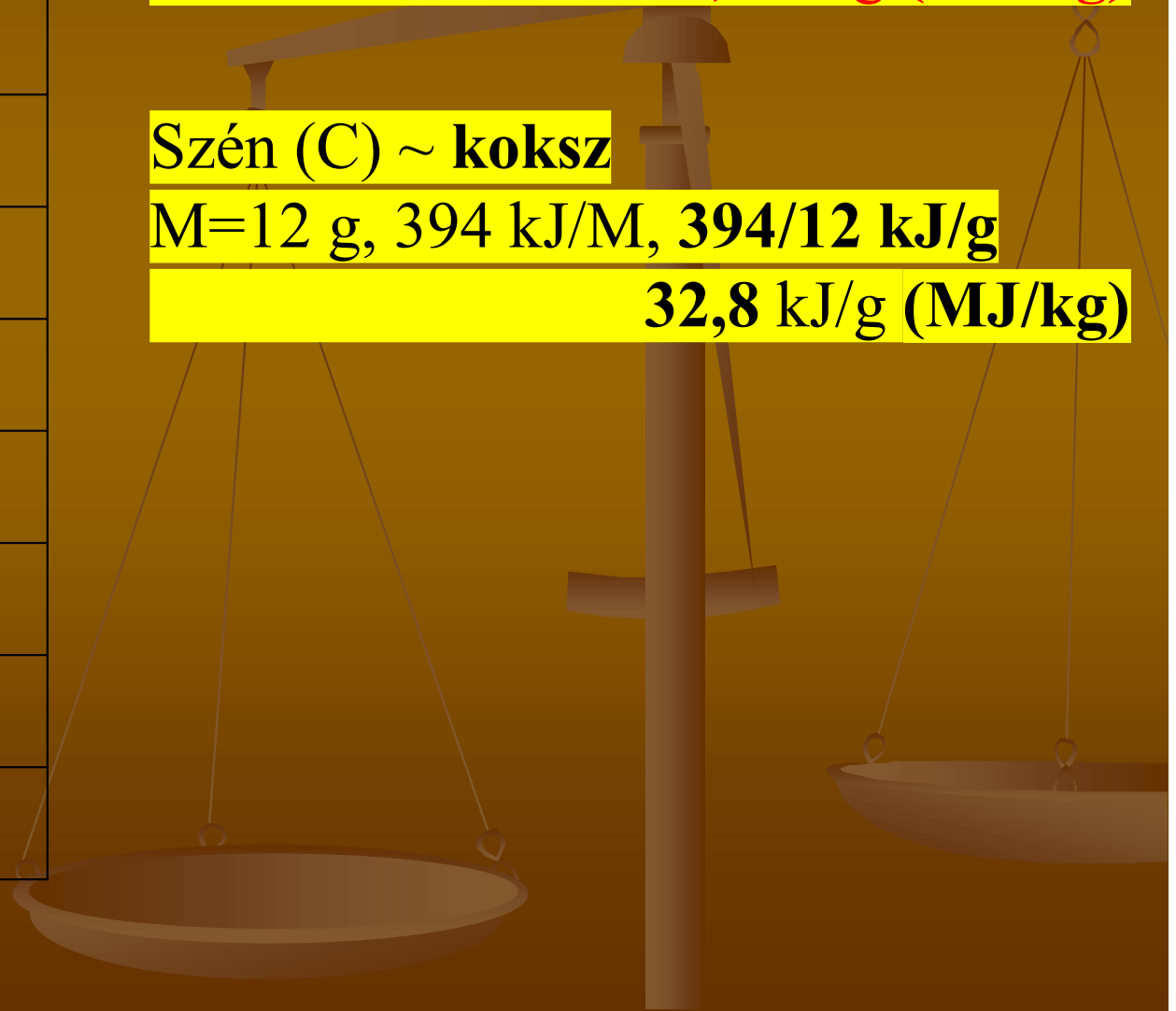
$M=180 \text{ g}$, 2809 kJ/M , $2809/180 \text{ kJ/g}$

15,6 kJ/g (MJ/kg)

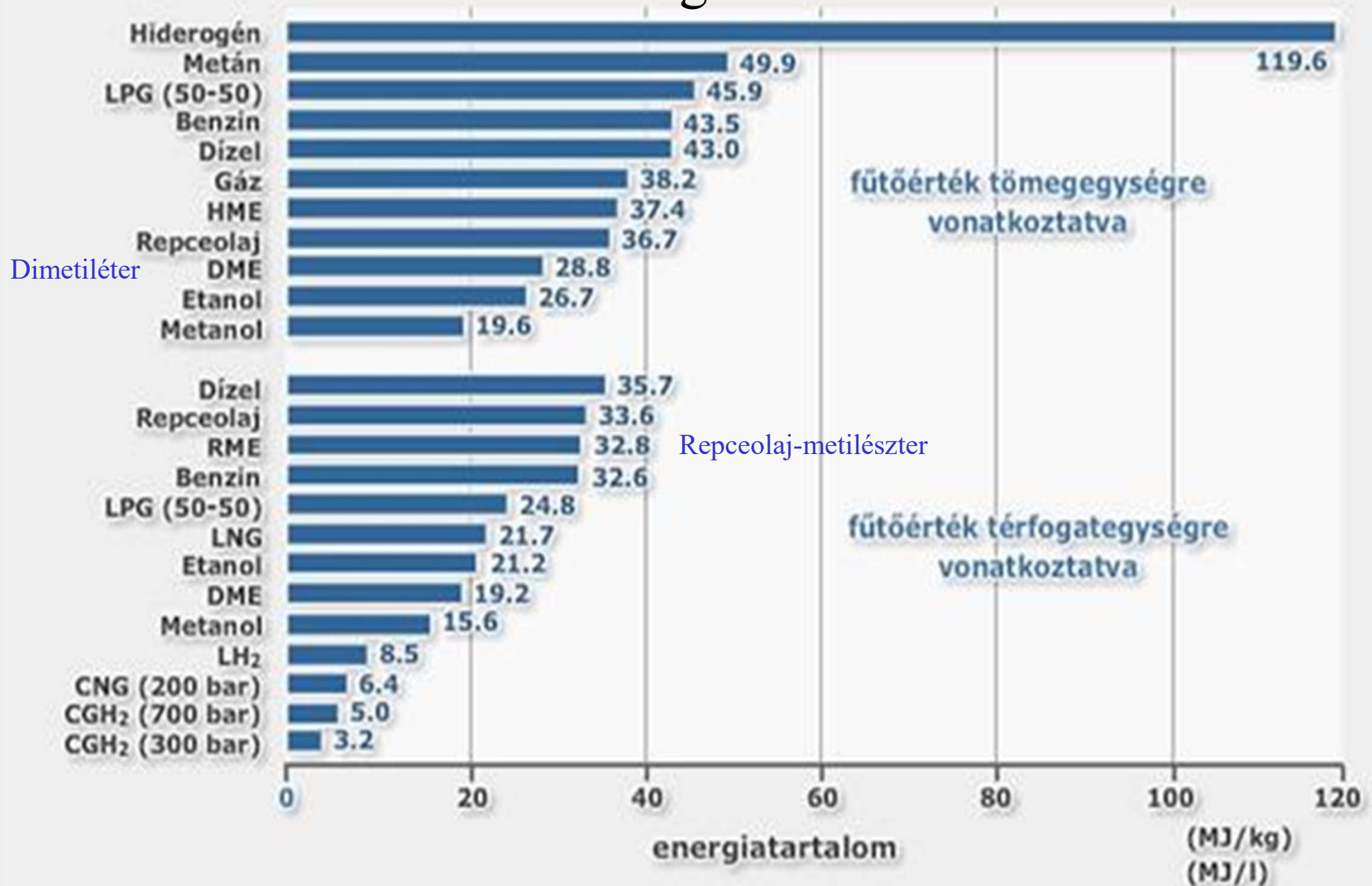
Szén (C) ~ koks

$M=12 \text{ g}$, 394 kJ/M , $394/12 \text{ kJ/g}$

32,8 kJ/g (MJ/kg)



Folyékony és gáz halmazállapotú energiahordozók fűtőértéke MJ/kg és MJ/l értékben



CNG: Compressed Natural Gas

M.Ball: The Hydrogen Economy, 2009.

Reakcióhő számítása

Képződéshő

1 mól anyag képződése elemekből

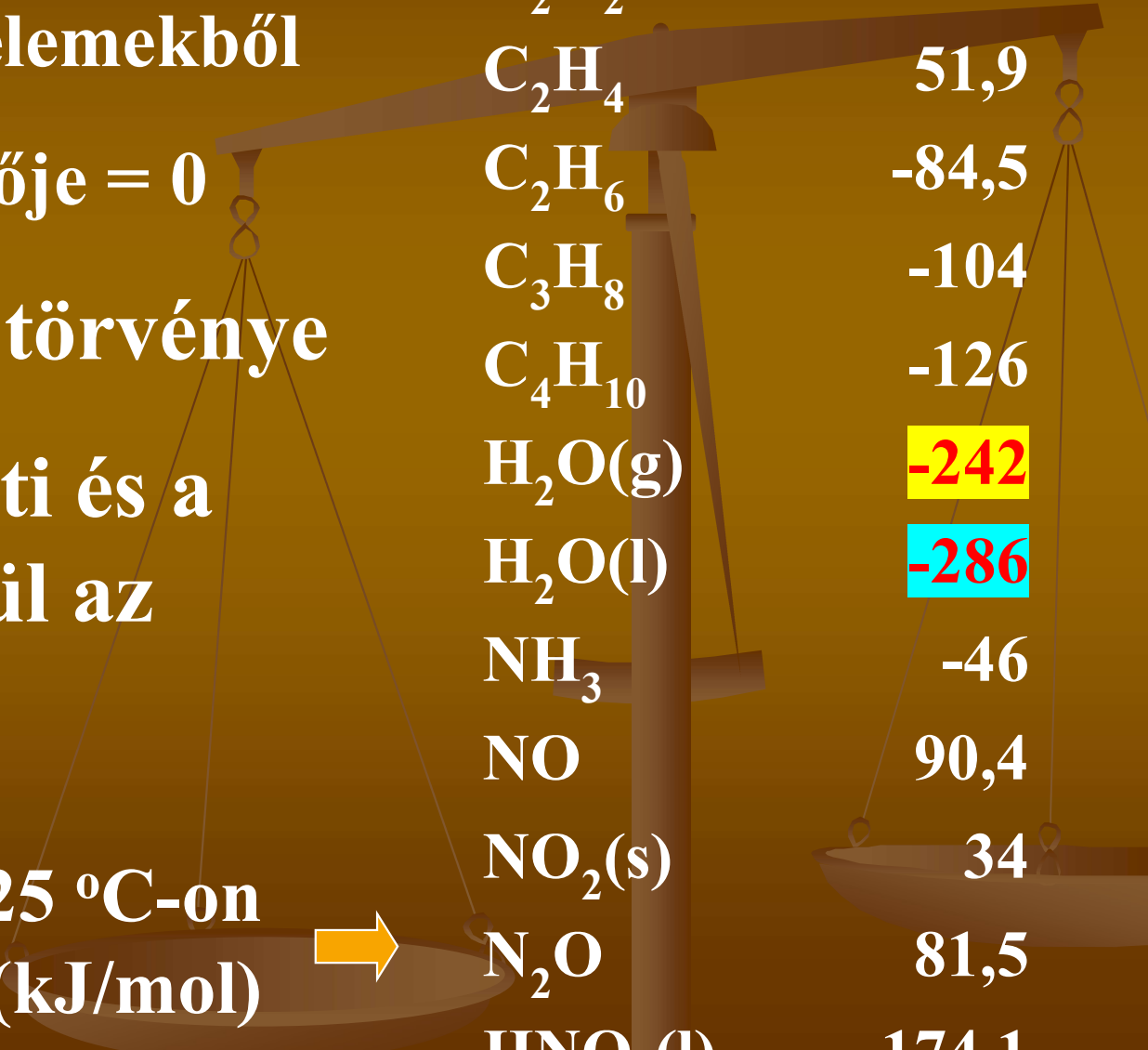
elemek képződéshője = 0

Energiamegmaradás törvénye

Meghatározó a kezdeti és a végállapot, függetlenül az átalakulás útjától

Standard képződéshők 25 °C-on

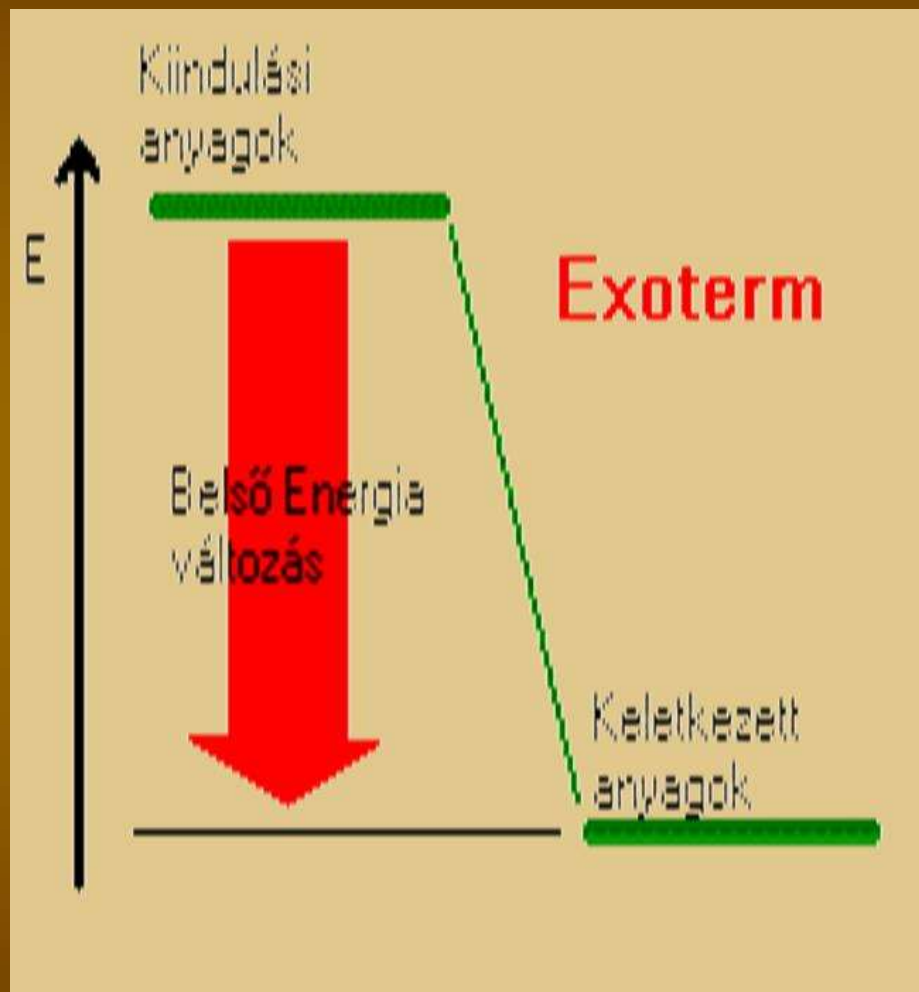
ΔH (kJ/mol)



CO	-110
CO ₂	-394
CH ₄	-74,9
C ₂ H ₂	227
C ₂ H ₄	51,9
C ₂ H ₆	-84,5
C ₃ H ₈	-104
C ₄ H ₁₀	-126
H ₂ O(g)	-242
H ₂ O(l)	-286
NH ₃	-46
NO	90,4
NO ₂ (s)	34
N ₂ O	81,5
HNO ₃ (l)	-174,1

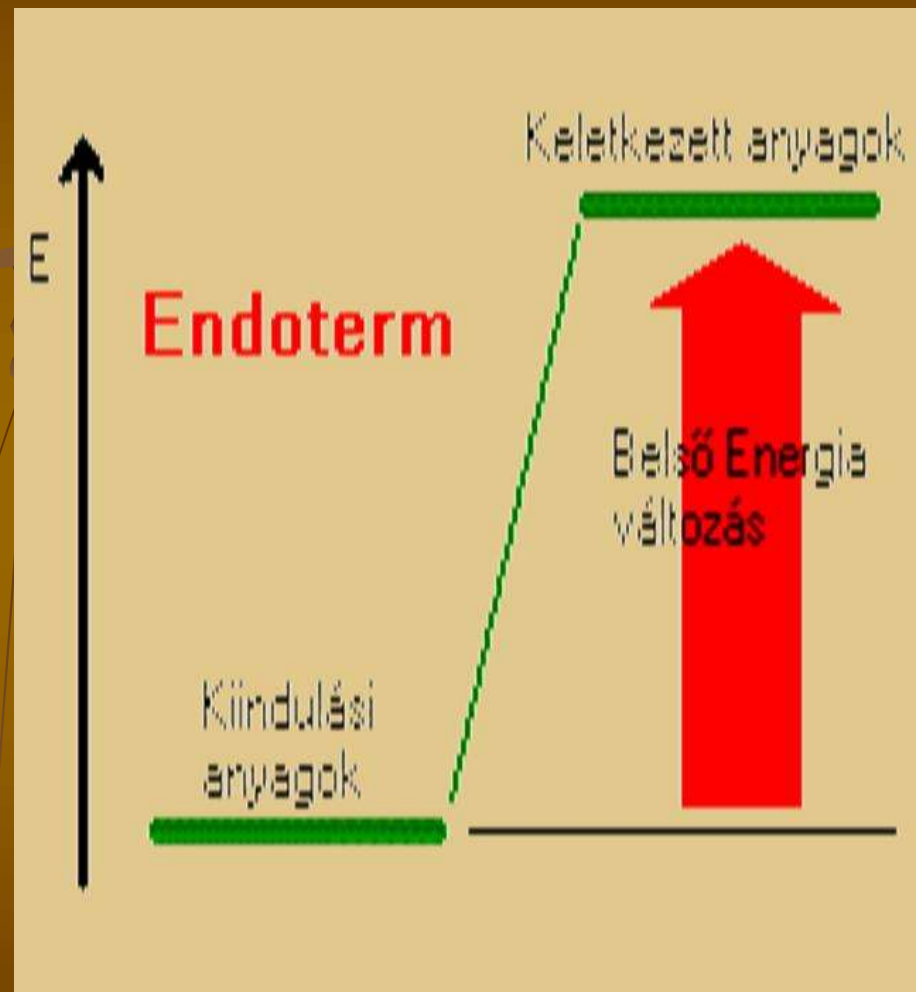
Reakcióhő és a környezet viszonya

Hő termelő folyamat



Negatív előjel

Hő elnyelő folyamat



Pozitív előjel

Reakcióhő

Mesterségesen előállított anyagok

Hidrogén:

2 mol

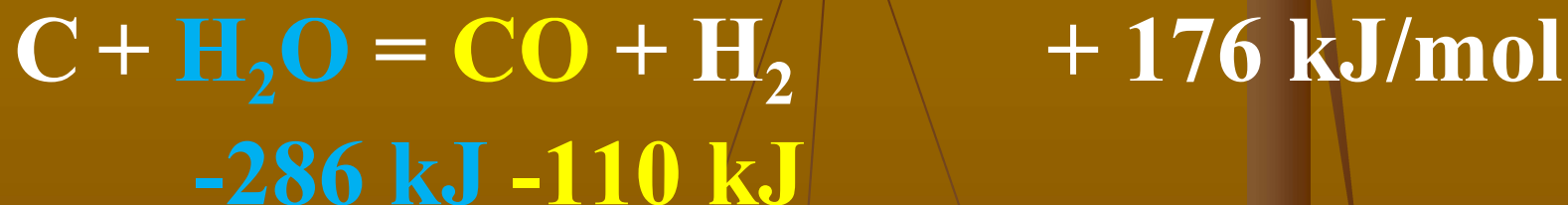
2 mol



Szénmonoxid:



Szintézis gáz, városi gáz előállítása:



A szükséges energiát további szén égetésével nyerik.



Éghető gáz előállítás pirolízissel (oxigénmentes hőbontás)
(faszén), szemét pirolízis, metánbontás

Reakcióhő – Fűtőérték – Égéshő

Metán (földgáz) égése.

Reakcióhő1 (a képződő víz gáz halmazállapotú):



-75 kJ 0kJ -394 kJ - 484 kJ(g)

Metán 16 g/mól

-803 kJ/16 g = -50,2 kJ/g

Fűtőérték: 50,2 MJ/kg

angolul: **L**ower **H**eatng **V**alue

Reakcióhő2 (a képződő víz cseppfolyós):



-75 kJ 0kJ -394 kJ **-572 kJ(l)**

Metán 16 g/mól

-891 kJ/16 g = -55,7 kJ/g

Kondenzációs kazán Égéshő: 55,7 MJ/kg

Higher **H**eatng **V**alue

keletkezik: -394

keletkezik: -484

felhasználódik: +75

Reakcióhő1: -803 kJ

keletkezik: -394

keletkezik: -572

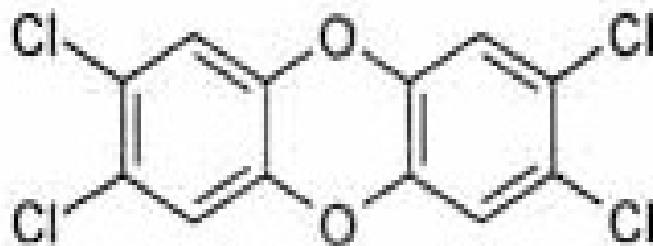
felhasználódik: +75

Reakcióhő1: -891 kJ

Égés során keletkező toxikus anyagok

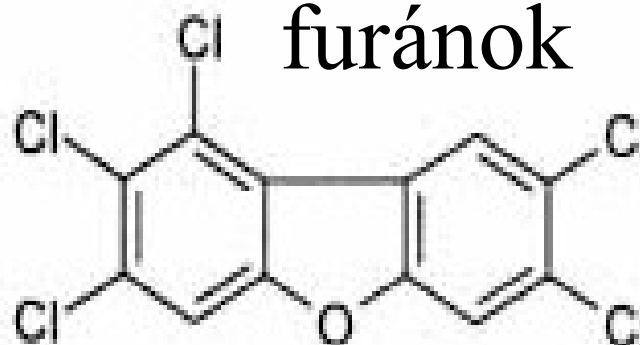
PCDD/PCDF (Poliklór- dibenzodioxin, dibenzofurán)

dioxinok



tetraklór-dibenzo-dioxin (TCDD)

furánok



pentaklór-dibenzo-furán (PCDF)

700-800 °C-on klórtartalmú anyagok (PVC) jelenlétében.
Elkerülhetők 1200 °C feletti égetéssel, gyors hűtéssel.

NO_x

1300 °C felett: $\text{N}_2 + \text{O}_2 = 2 \text{NO}$

Dízel motor, Villámlás

Tökéletlen égés

Kevés oxigén, alacsony hőmérséklet



Fűtési balesetek, kohó, belsőégésű motorok

Részleges levegőhiány - tökéletlen keveredés

Toxikus gázok (CO, H₂S)

Széngáz – a CO szagtalan – H₂S intenzív szag

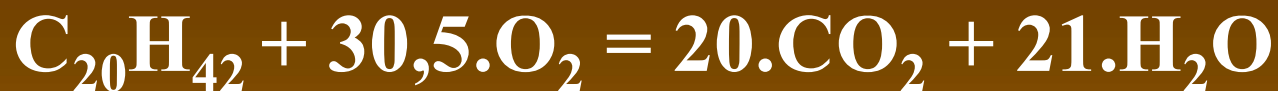
PAH (policiklusos aromás szénhidrogének),

Koromképződés

Füst

Tökéletlen égés

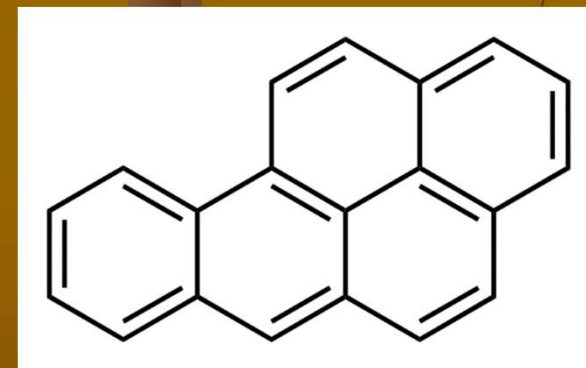
Egy parafin ($C_{18}H_{38}$ -tól szilárd) tökéletes égése:



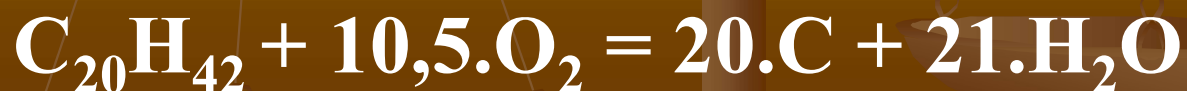
Részlegesen tökéletlen égése:



Benzopirén ($C_{20}H_{12}$)



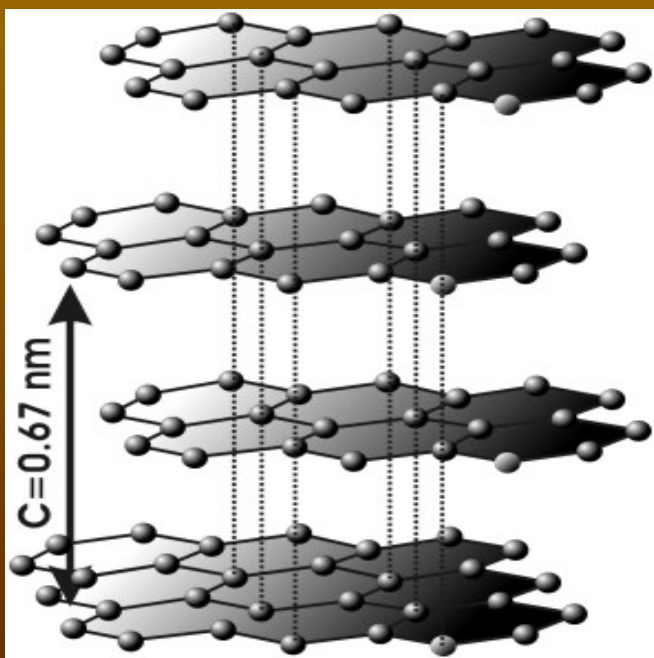
PAH (policiklusos aromás szénhidrogén)



grafitrács

KOROM (grafit)

(wikipedia)



A termikus hulladékkezelési eljárások

Tüzelés

- Levegőbevezetés: légfelesleg tényező > 1
- Tüzelési hőmérséklet: 900-1200 °C
- Keletkező reakció termékek: füstgáz, kiégett salak
- Füstgáz főbb komponensei: CO_2 , H_2O , O_2 , N_2

A vegyes kommunális hulladék égetés során nagy mennyiségű (inert) salak keletkezik. A pernye veszélyes hulladék. Az összetett füstgáztisztítás nemcsak költséges, hanem veszélyes hulladékokat is termel.

A szelektíven gyűjtött műanyag hulladék, vagy a kommunális hulladékból szeparált másodlagos tüzelőanyag (**RDF**) cementgyárakban és szénerőművekben energetikailag hasznosítható. (Évszakok közt tárolható!)



A műanyag hulladékok a
vegyes kommunális
hulladékból is szeparálhatók.

RDF Refuse **D**erived **F**uel



Pirolízis

A **hőbontás (pirolízis)** a szerves anyagú hulladék lebontása levegőtől elzárt kívülről fűtött reaktorban. A reaktor rendszerint forgó dob, vagy keverőcsigával ellátott henger.

A hőbontás során a szerves hulladékból háromféle termék:

- **pirolízis gáz** (kis szénatomszámú szénhidrogén, főleg metán) jelentős részben a reaktor fűtésére, és gázmotorral elektromos energia termelésre használják.
- **folyékony termék** (pirolízis-olaj, kátrány, szerves savakat tartalmazó vizes oldat)
- **szilárd végtermék** (piroliziskoks) keletkeznek.

A keletkező termékek aránya és összetétele függ a reakció feltételeitől:

hőmérséklet
reakcióidő,
szemcsenagyság,
keveredés

A hőbontás alaptípusai: (a hőmérséklet növelésével több a gáz)

- kis- és középhőmérsékletű eljárások (450-600 °C)
- nagyhőmérsékletű eljárások (800-1100 °C)
- nagyhőmérsékletű salakolvasztások eljárások (>1200 °C)

A salakolvasztásos eljárás célja a gáznemű végtermék-kihozatal növelése, másrészt a környezettel szemben teljesen közömbös, kiégett maradékanyag biztosítása (az olvasztott salakgranulátum gyakorlatilag bárhova lerakható)

A végtermék hasznosítható:

- **energiahordozó**ként (fűtőgáz, tüzelőolaj, koksz),
- **vegyipari másodnyersanyag**ként (pl. a gázterméket szintézisgázzá konvertálva metanol előállítás, pirolízis olajból motorhajtóanyag)
- egyéb célokra (**talajjavítás** szilárd, szénben dús maradékkal; **fakonzerválás** vizes maradékkal; granulált salakolvadék **építőipari adalékanyag**ként stb.)

Megfelelő gazdasági körülmények között a pirolízis lehet az a technológia, amellyel az óceánokon úszó szemétszigetek tankhajókkal olajfinomítókba szállítható pirolízis olajjá alakíthatók.

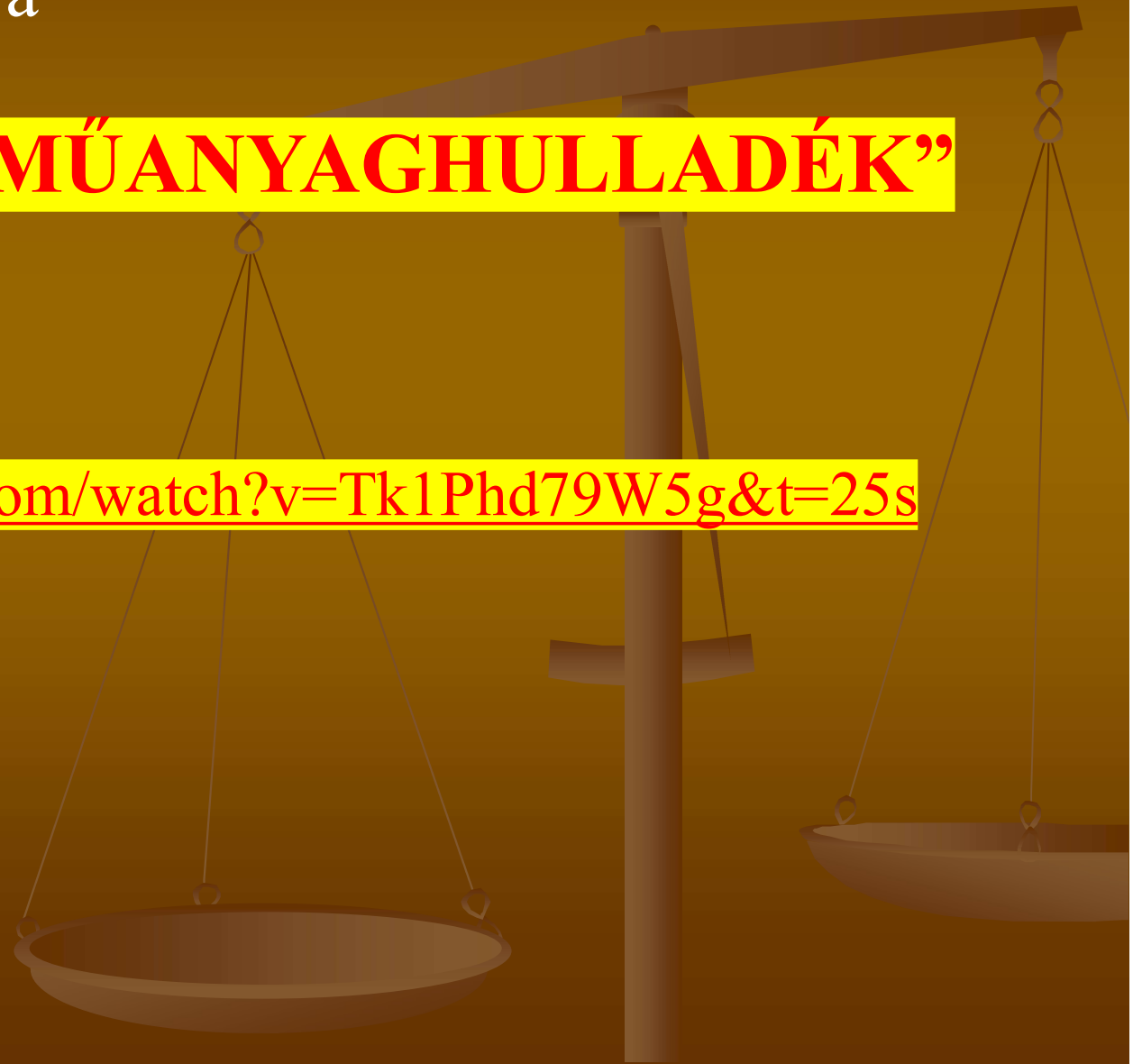
Kérem nézzék meg a

„SZEMÉLT-E A MŰANYAGHULLADÉK”

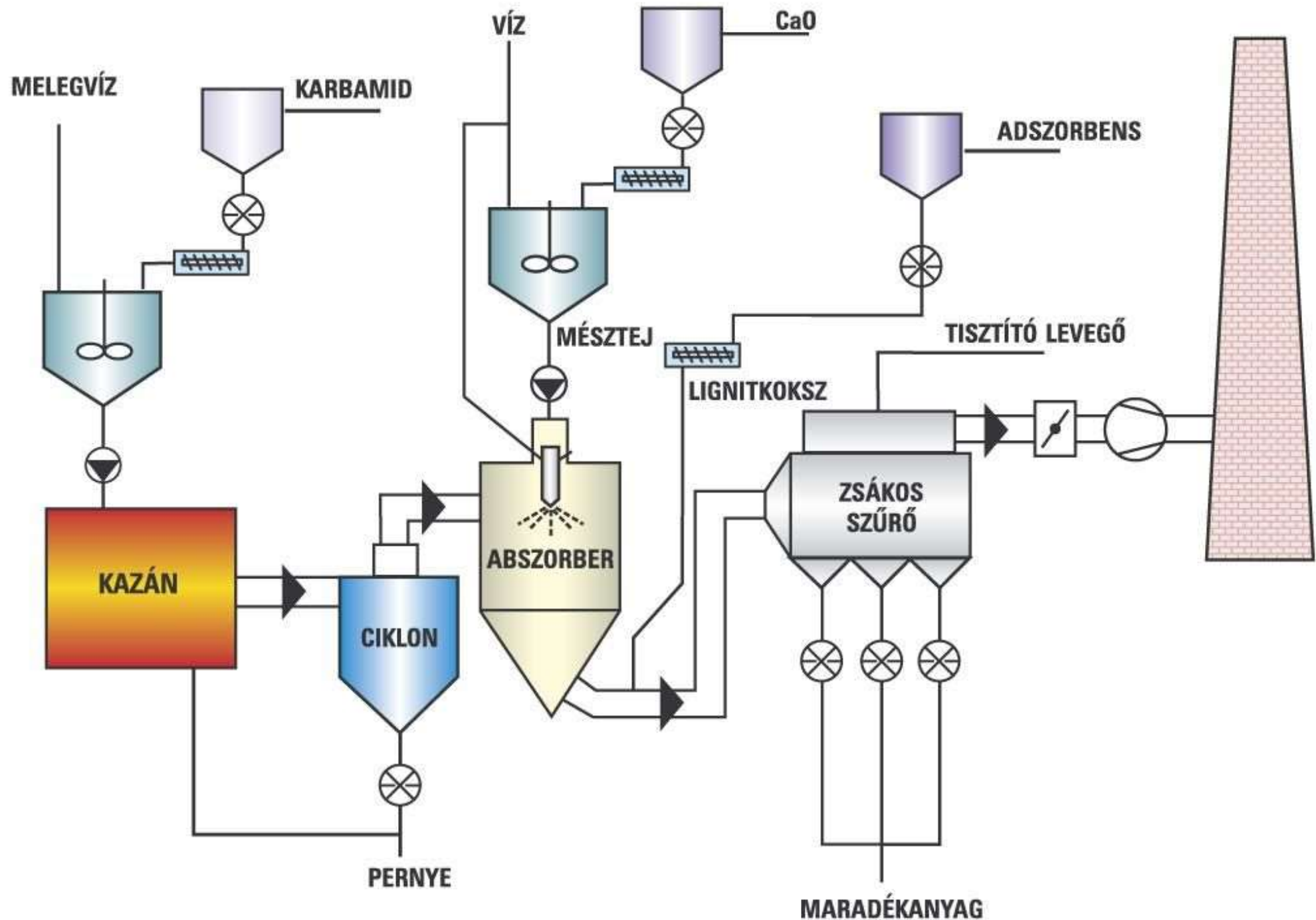
című előadásomat.

<https://www.youtube.com/watch?v=Tk1Phd79W5g&t=25s>

linken.



Rákospalotai szemétegető - füstgáztisztítás



Reakciók

+2 -2

-3 +1

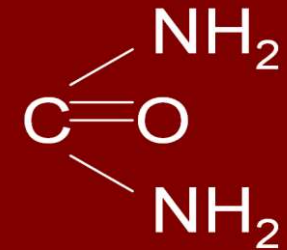
0

+1 -2

**NO redukció
ammóniával**



Ammónia-előállítás karbamidból



Mésztej előállítás: $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} = \text{Ca}(\text{OH})_2$



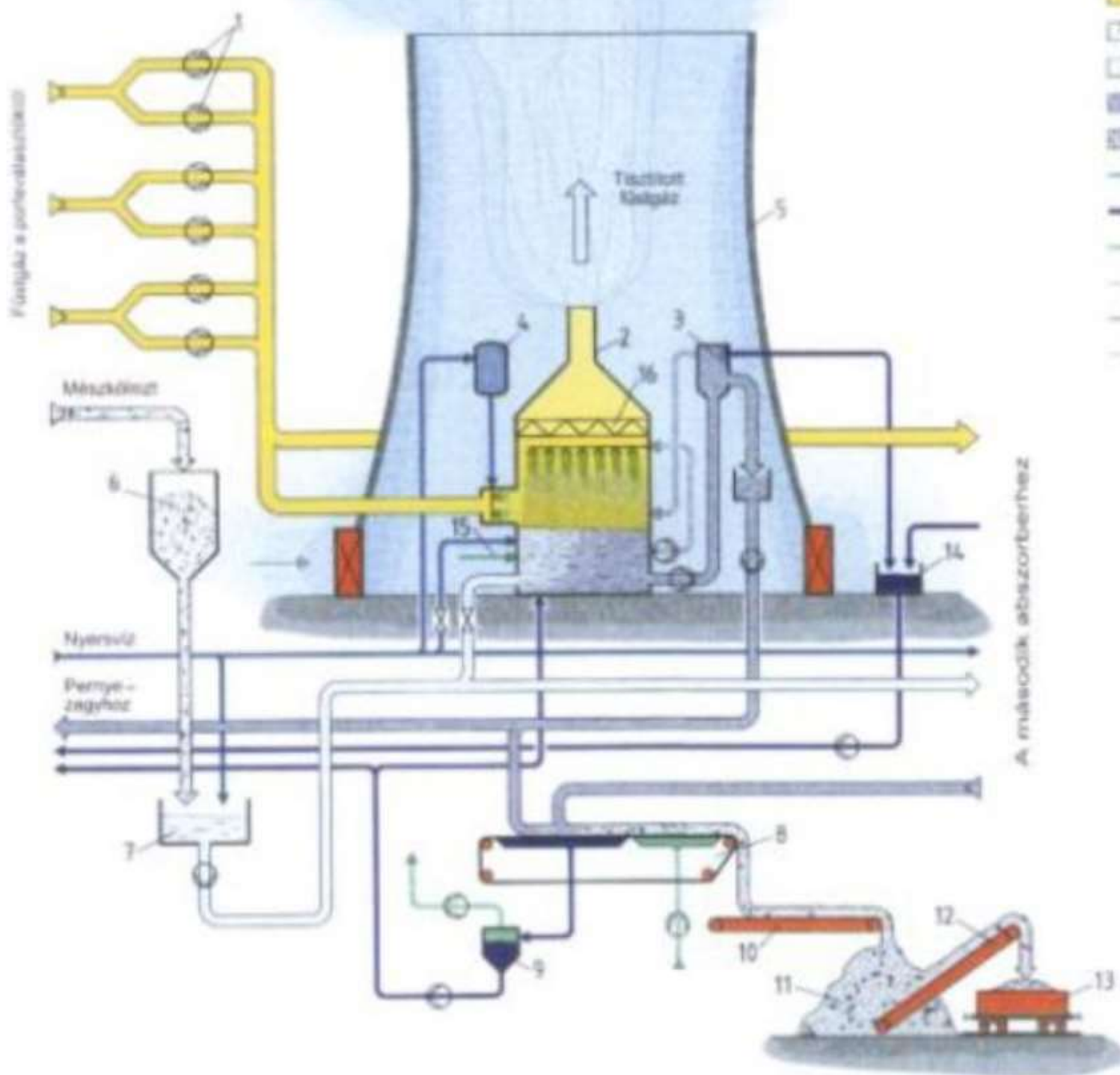
A lignitkoksza adszorbeál (nehézfémek, dioxinok)

Az adszorbens eltávolítása szűréssel → veszélyes hulladék lerakó

Füstgáz-kéntelenítés a Mátrai Erőműben

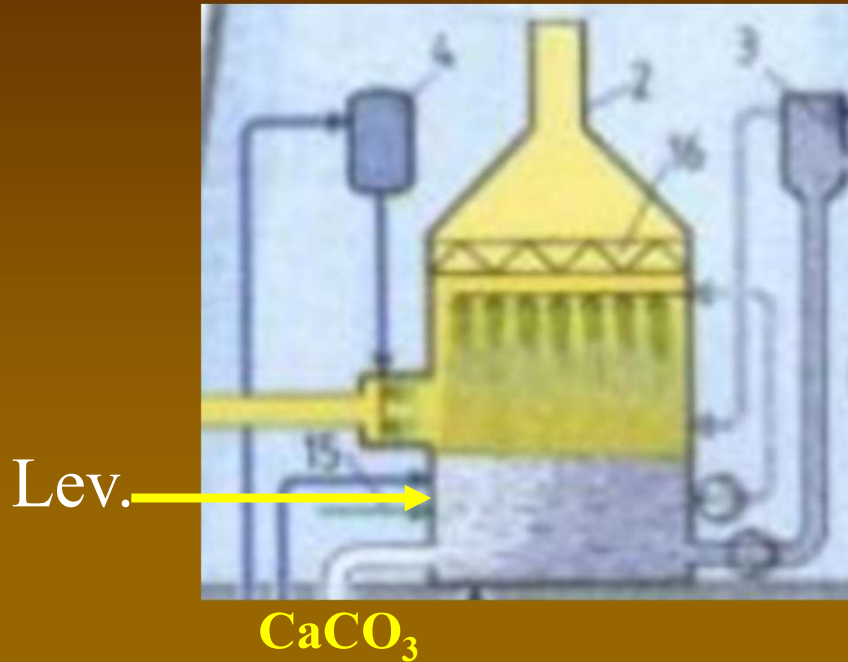
Jelmagyarázat:

- Füstgáz
- Mészkőliszt
- Mészkő-szuszpenzió
- Gipszszuszpenzió
- Szárazgipsz
- Nyersvíz
- Szennyvíz
- Levegő
- Szivattyú
- Kompresszor, légszivattyú
- Mennyiség szabályozó

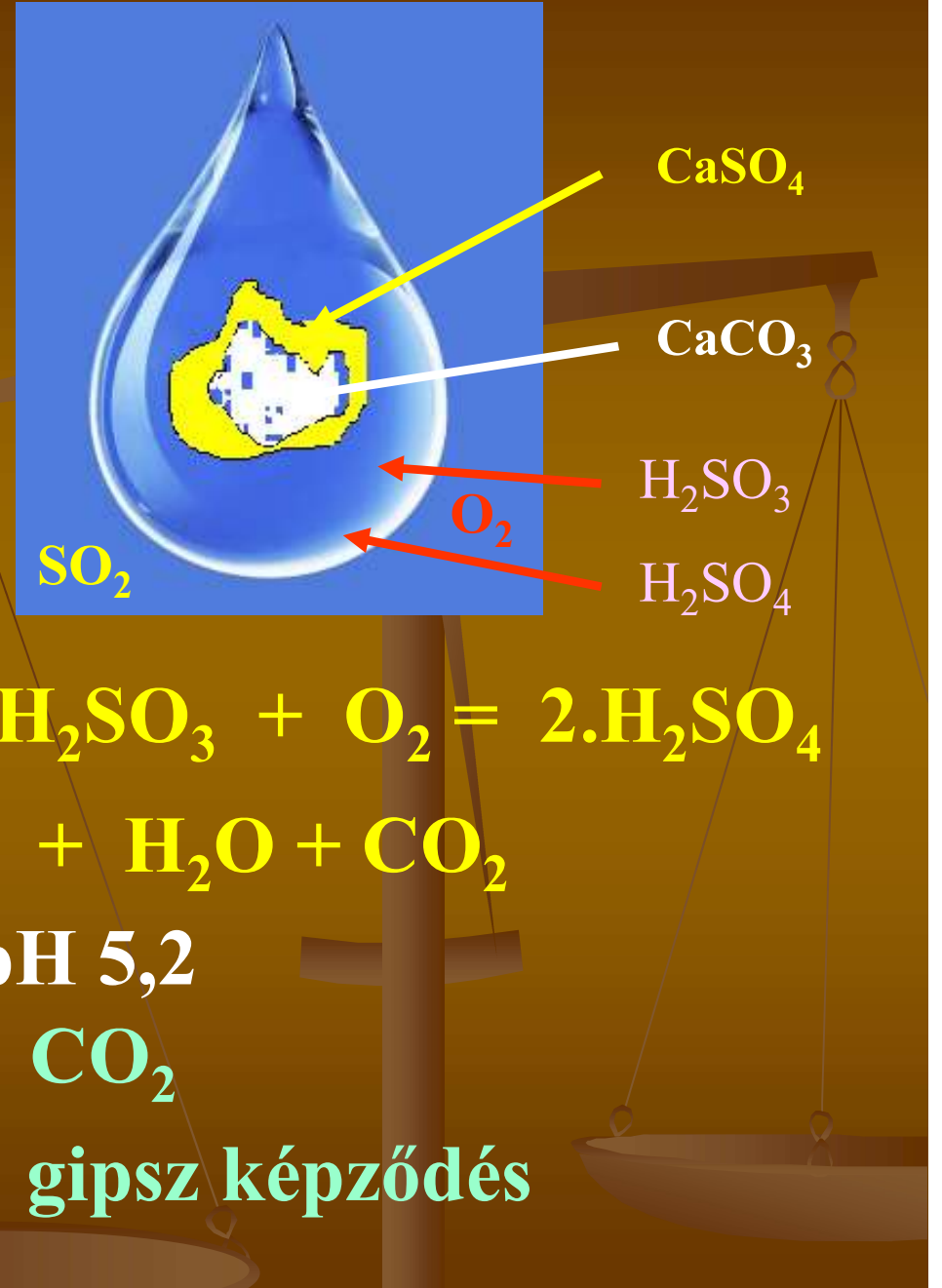


- 1 Füstgáz ventilátorok
- 2 Abszorber
- 3 Hidrociklon
- 4 Víz tartály
- 5 Száraz hűtőtorony
- 6 Mészkőliszt hombár
- 7 Mészkőszuszpenzió-tartály
- 8 Szalagszűrő
- 9 Légtelenítő edény
- 10 Kihordó szalag
- 11 Szárazgipsz tárolása
- 12 Rakodó szalag
- 13 Szállító kocsi
- 14 Szennyvíz-tartály
- 15 Oxidációs levegő
- 16 Csepletválasztó

Mátra Erőmű - füstgáztisztítás



CaSO_4



CaCO_3 adagolás – pH 5,2



Javaslat: RDF égetés (PVC) $2.\text{HCl} + \text{CaCO}_3 = \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

Reakciókinetika

Reakciósebesség



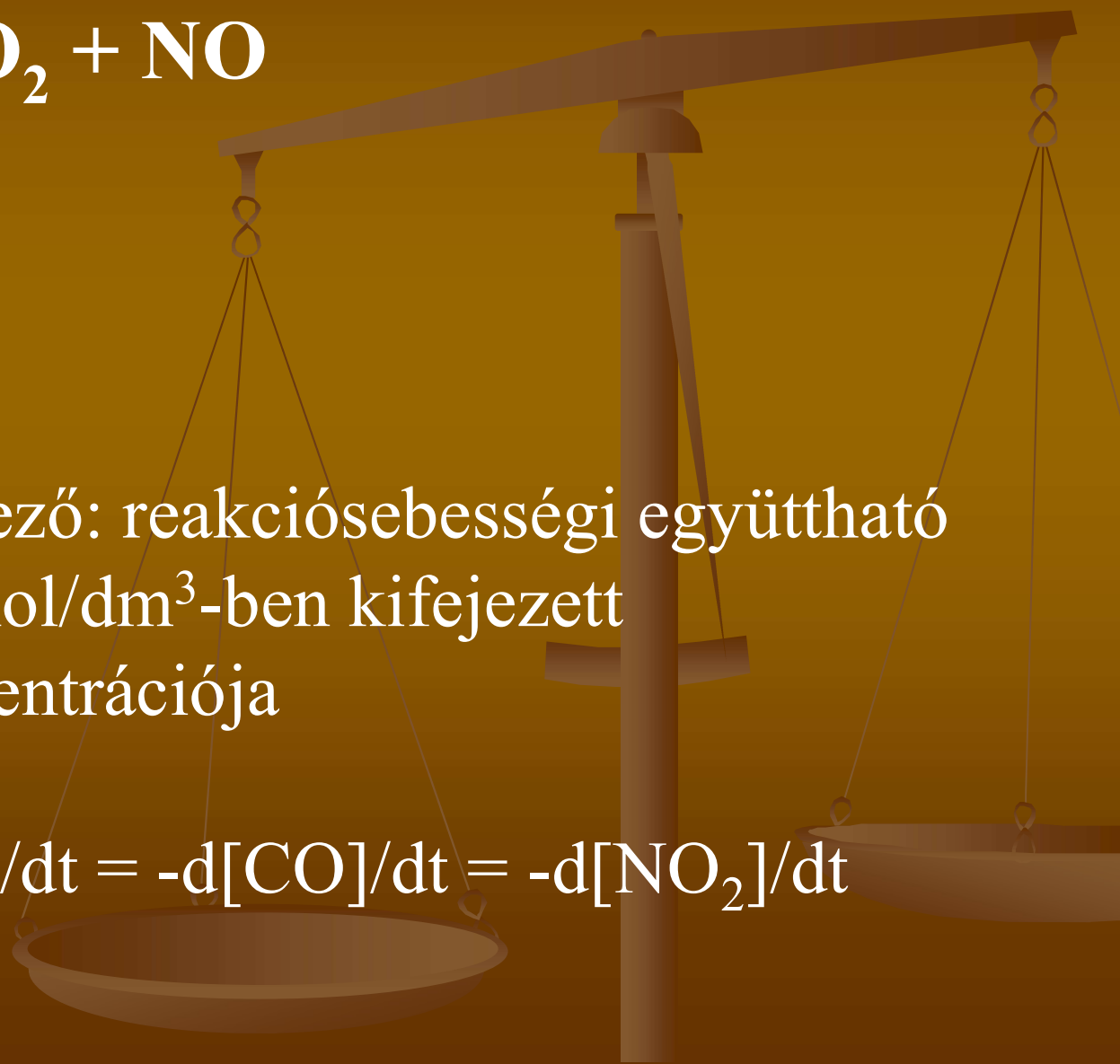
$$v = k[\text{CO}][\text{NO}_2]$$

v reakciósebesség

k arányossági tényező: reakciósebességi együttható

[...] az adott anyag mol/dm³-ben kifejezett
pillanatnyi koncentrációja

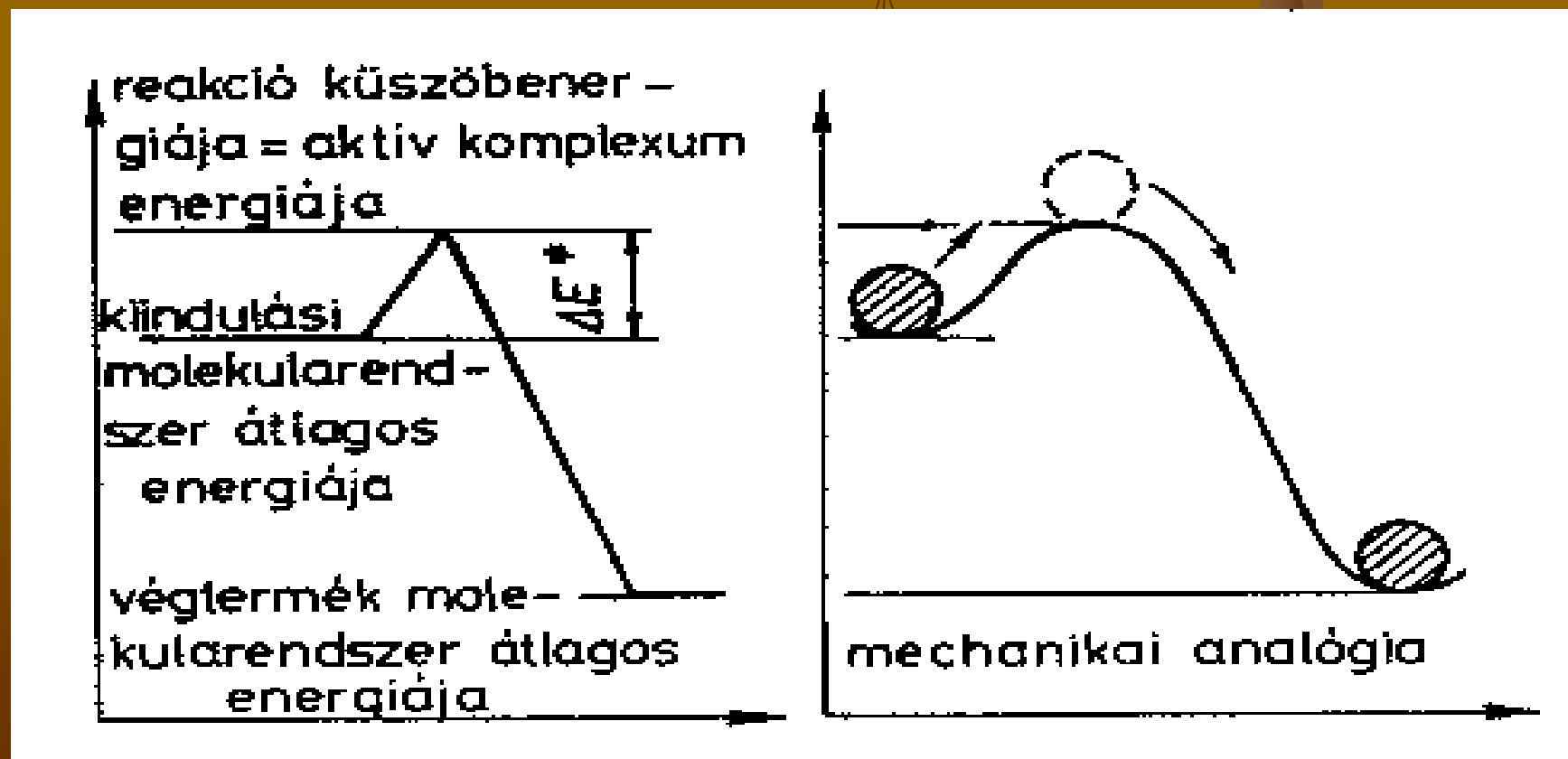
$$v = d[\text{CO}_2]/dt = d[\text{NO}]/dt = -d[\text{CO}]/dt = -d[\text{NO}_2]/dt$$



A reakciósebesség hőmérsékletfüggése

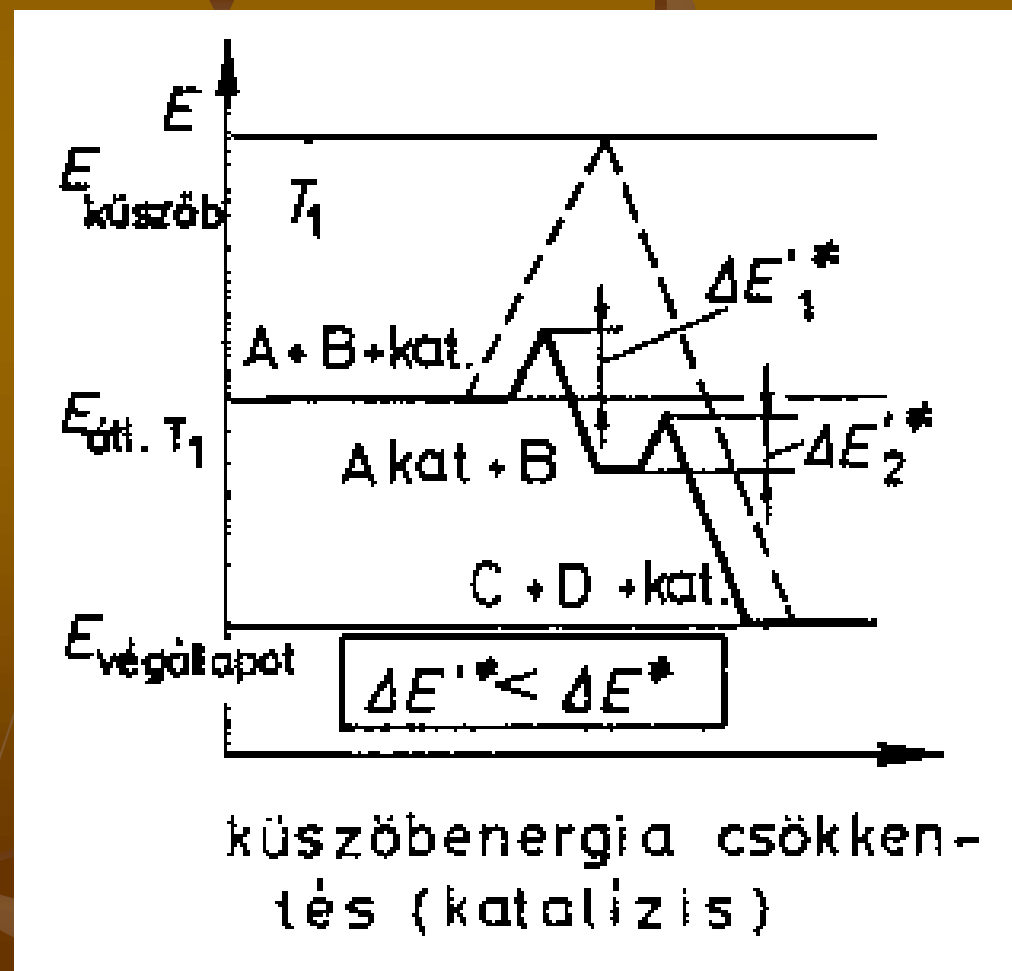
A reakciók létrejöttének szükséges feltétele a részecskék ütközése,
De ez nem elegendő feltétel!

Akkor megy végbe a reakció, ha az ütköző atomok vagy molekulák rendelkeznek egy energiatöbblettel, az ún. **aktiválási energiával (E^*)**.



Katalízis

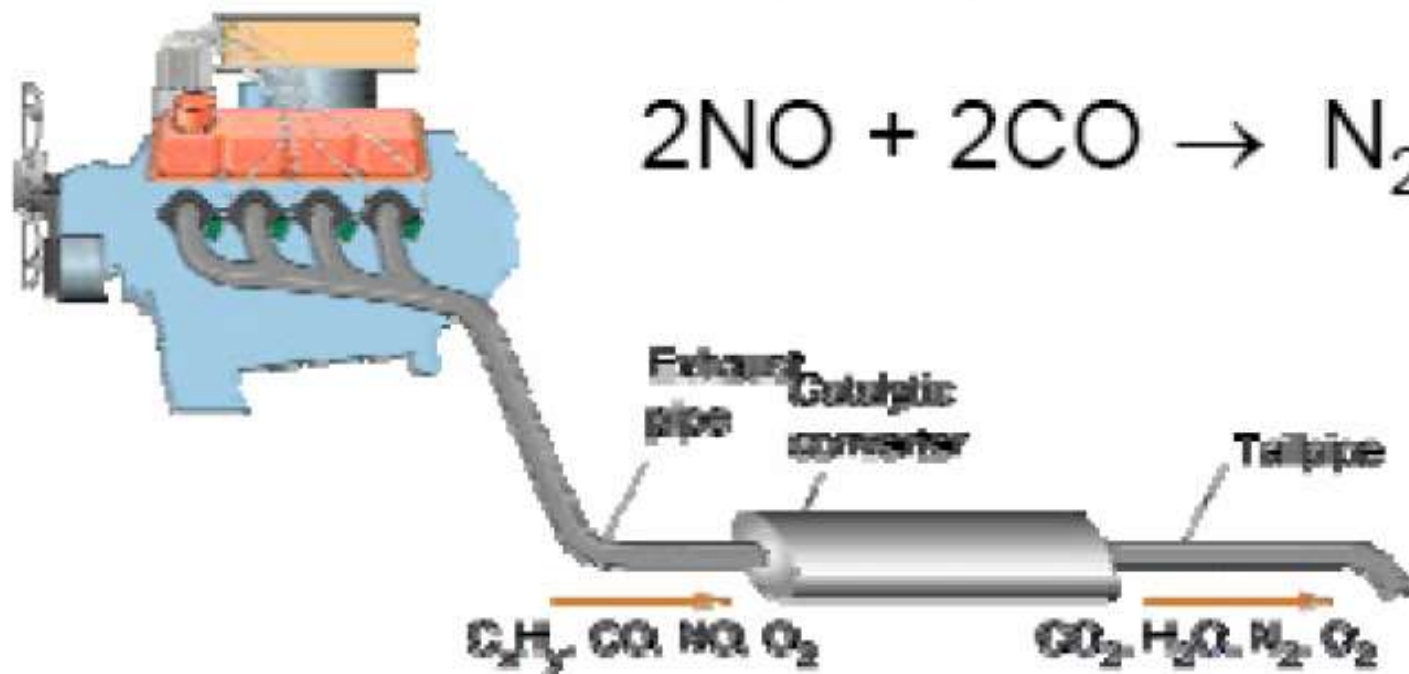
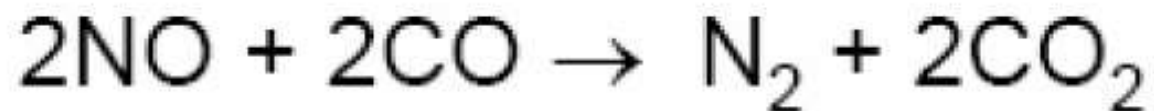
Katalízis: katalizátorok segítségével az aktiválási energia kisebb egységekre bontható. A katalizátor olyan anyag, amely vagy a reakció sebességét változtatja meg, vagy a termodinamikailag lehetséges de kinetikailag gátolt reakciót lehetővé teszi.



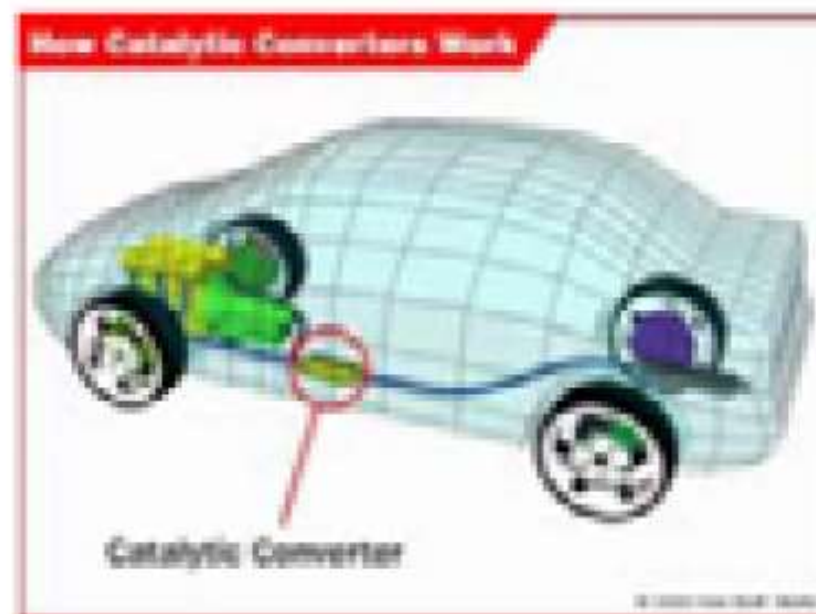
Catalysis in Automobile Catalytic Converter

Metals: Pt, Pd and Rh

Main Overall Reaction:

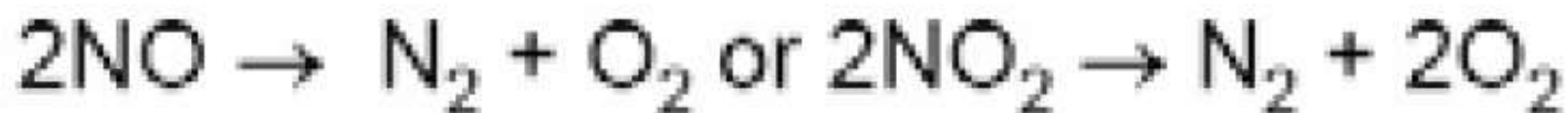


Reduction & Oxidation Catalytic Converter Reactions

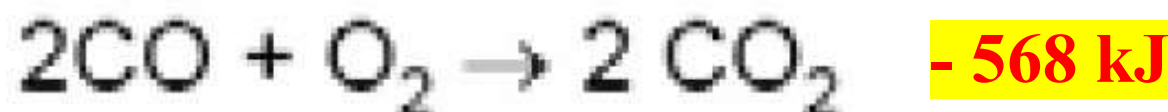


400-800 °C-fok

-181 kJ Reduction Catalysis on Pt/Rh: **- 68 kJ**



Oxidation Catalysis on Pt/Pd:



Exoterm folyamatok!

Pictures of Catalytic Converter

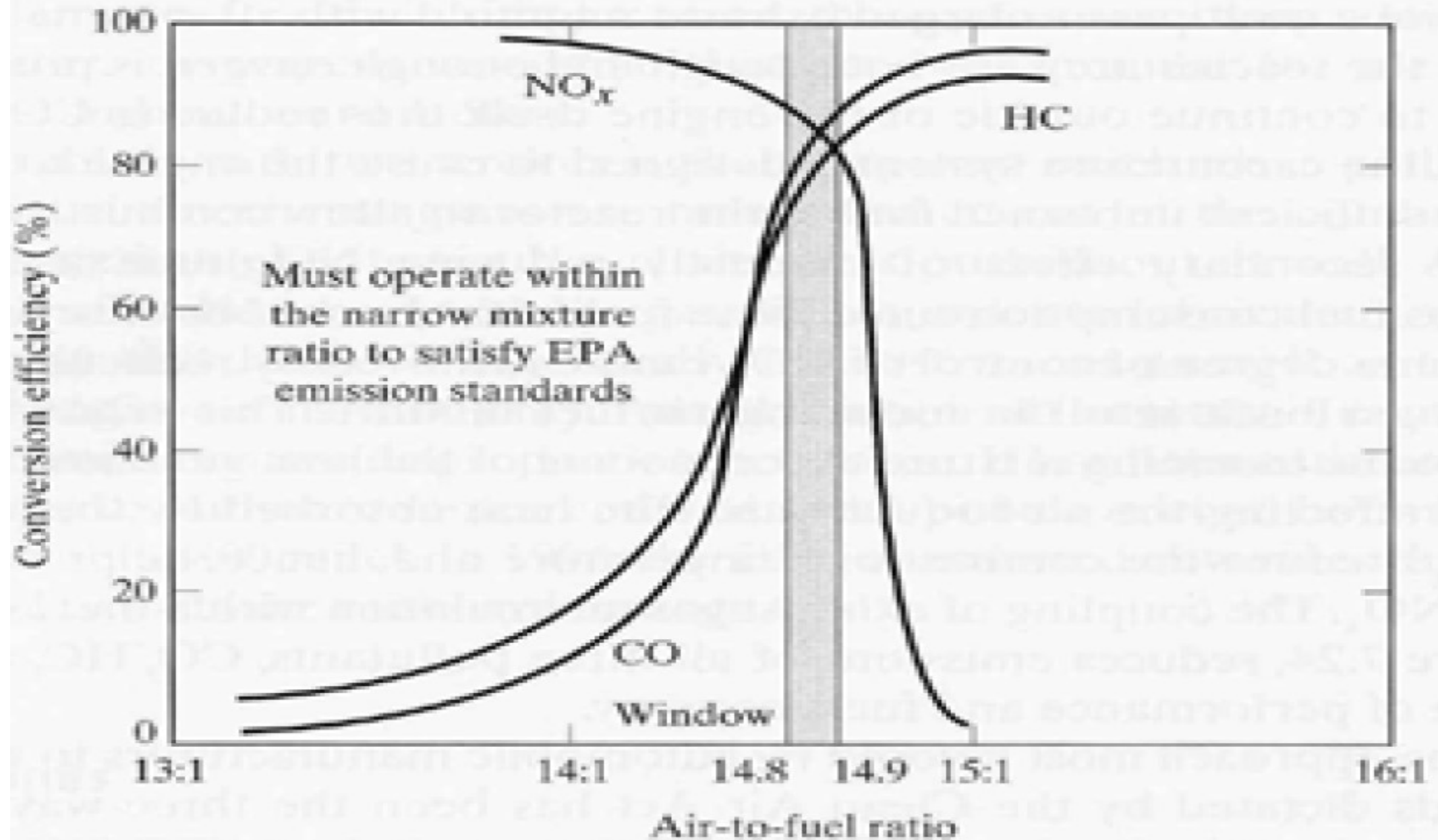


- A** Reduction catalyst
- B** Oxidation catalyst
- C** Honeycomb



Ceramic Honeycomb
Catalyst Structure

A tisztítás hatékonysága – levegő:üzemanyag arány kg/kg



optimális arány – elektronikus motorvezérlés