

BME
Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar

Műszaki kémia előadás

I. Energiahordozók

Összeállította:
dr. Szabó Mihály

Kémiai és Környezeti Folyamatmérnöki Tanszék

2020. ősz

A természet lehetséges energiaforrásai:

-fúzió

napenergia

víz- és szélenergia

biomassza

fosszilis energiahordozók (kőszén, kőolaj, földgáz)

fúziós erőmű

-fisszió

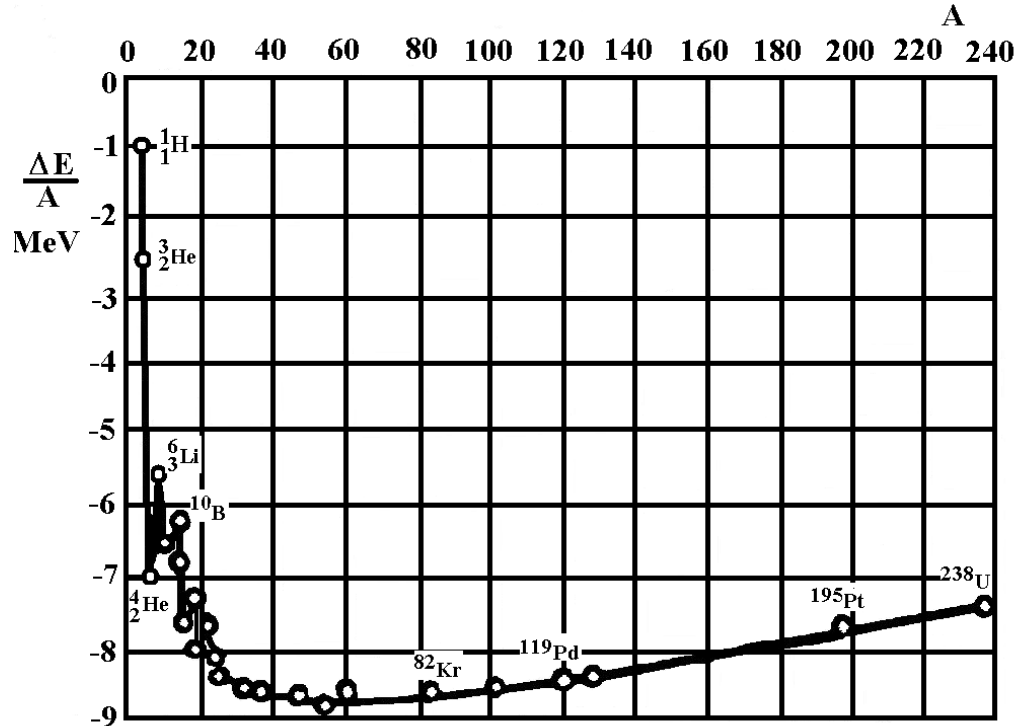
geotermális energia

atomenergia

-gravitáció

ár-apály erőművek

Az egy nukleonra eső átlagos kötési energia a tömegszám függvényében



Megújuló: az egy emberöltőnyi idő alatt keletkezett és felhasznált mennyiség különbsége nem negatív:

-közvetlen napsugárzás

-vízenergia, szélenergia

-ár-apály energia

-geotermális energia

-biomassza

Nem megújuló:

- fosszilis energiahordozók
- hasadó anyagok
- fúzióra alkalmas atomok (hidrogén, bár a készlete gyakorlatilag kimeríthetetlen)

Primer energiahordozó: közvetlenül hasznosítjuk

(ilyen szigorú értelemben nincs).

Szekunder energiahordozó: előzetesen átalakítjuk

-villamos energia

-hőszolgáltatás energiahordozó közegei

-energiatárolók

Fosszilis energiahordozók

Tüzeléstechnikai alapfogalmak

exoterm reakciók

olcsó nyersanyagok: kőszén, kőolaj, földgáz
és levegő.

lényeges szempont a felhasználáskor:

halmazállapot

az elégetéskor felszabaduló hőmennyiség.

Az égési reakció termotechnikai paramétereit

Égéshő és fűtőérték

Az **égéshő** a tüzelőanyag tömeg-, illetve térfogategységének tökéletes elézésekor szabadul fel, ha:

- a) a tüzelőanyag és a levegő hőmérséklete az elézés előtt és az égéstermékek hőmérséklete az elézés után egyaránt 20 °C,
- b) a tüzelőanyag szén- és kéntartalma szén-dioxid, illetve kén-dioxid alakjában van jelen az égéstermékekben,
- c) a tüzelőanyag és a levegő eredeti nedvességtartalma és a hidrogéntartalom elézéséből keletkezett víz az elézés után cseppfolyós halmazállapotban van jelen.

A **fűtőérték** a tüzelőanyag tömeg-, illetve térfogategységének tökéletes elégésekor szabadul fel, ha:

- a) a tüzelőanyag és a levegő hőmérséklete az elégés előtt és az égéstermékek hőmérséklete az elégés után egyaránt 20 °C ,
- b) a tüzelőanyag szén- és kéntartalma szén-dioxid, illetve kén-dioxid alakjában van jelen az égéstermékekben,
- c) a tüzelőanyag és a levegő eredeti nedvességtartalma és a hidrogéntartalom elégéséből keletkezett víz az elégés után gőzállapotban van jelen.

$$F \leq \dot{E}$$

A gyakorlatban a tüzelés hatásfokának számításakor viszonyítási alapként a fűtőértéket használják

A legnagyobb veszteség a füstgázokkal eltávozó hő.

Az égéshő meghatározása méréssel

bombakaloriméter

- 3 MPa nyomású oxigén,
- tökéletes égés,
- hőátadás ismert hőkapacitású folyadéknak,
- pontos hőmérsékletemelkedés-mérés

Junkers-féle gázkaloriméter

- 100%-os hatásfokkal működő vízmelegítő,
- ismert gázmennyiség
- a füstgázok teljes visszahűtése
- hőmérsékletemelkedés-mérés

A fűtőérték számítása

$$F = \dot{E} - R$$

R az az ún. Regnault hő, amely nem szabadul fel a le nem kondenzálódó vízgőz miatt.

R számításához ismerni kell az 1 kg tüzelőanyagból keletkező víz mennyiségét.

A tüzelőanyag kémiai összetétele (milyen vegyületekből áll) **nem ismert**

Az elemi összetétel

a tüzelőanyag 1 kg-jában levő szén atomok (karbon), hidrogén atomok, kén atomok és oxigén atomok összes tömege

könnyen meghatározható

A tüzelőanyag **elemi összetétele**, a tömegtörttel jellemezhető:

A vízmentes tüzelőanyag 1 kg-ja

m_C kg karbonból,

m_H kg hidrogénből,

m_S kg kénből és

m_O kg oxigénből áll.

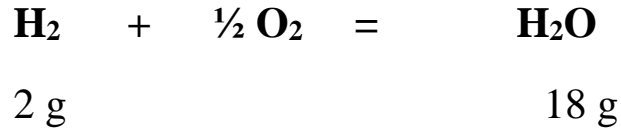
$$m_C + m_H + m_S + m_O = 1$$

Ha vizet is tartalmaz:

$$m_C + m_H + m_S + m_O + m_{\text{víz}} = 1$$

Számítsuk ki a metil-alkohol, és az etil-alkohol elemi összetételét!

A hidrogénből keletkező víz tömege a hidrogén tömegének 9-szerese:



1 kg tüzelőanyag hidrogén-tartalmából keletkező víz tömege: $9 * m_H$

1 kg tüzelőanyag füstgázában levő összes víz tömege: $9 * m_H + m_{v\acute{z}}$

$$R = L_p * (9 * m_H + m_{v\acute{z}})$$

L_p a víz párolgáshője 20 °C-on

Égési hőmérséklet

A tüzelőanyag összetételétől és az égés körülményeitől függ.

Minden tüzelőanyagra jellemző az ún. *elméleti láng hőmérséklet*:

$$T_{\max} = \frac{F}{m_1 * c_1 + m_2 * c_2 + \dots + m_n * c_n} \text{ } ^\circ\text{C}$$

ahol: F a tüzelőanyag fűtőértéke (kJ/kg vagy kJ/Nm³)

m az 1 kg, ill 1 Nm³ tüzelőanyag elégésekor keletkező égéstermék komponensek tömege (kg/kg), ill. térfogata (Nm³/ Nm³)

c az égéstermék fajhője (kJ/kg^{°C}, ill. kJ/Nm^{3°C}).

T_{\max} növeléséhez F növelése (pl. előmelegítéssel) és vagy m csökkentése (pl. levegő helyett oxigénnel tüzelünk) szükséges

A gyakorlatban nem érhető el:

porlasztó közeg lehet (a nevezőt növeli)

vezetés, sugárzás (a számlálót csökkenti)

elégtelen veszteség (a számlálót csökkenti)

termikus disszociáció (a számlálót csökkenti)



1300°C 0,1%

1800°C 5,0%

2000°C 10,0%



1400 °C 0,1%

2000 °C 2,0%

3000 °C 22,5%

Az elméleti levegőszükséglet, az elméletileg keletkező füstgáz mennyisége és összetétele

az elméleti levegőszükséglet = az egységnyi mennyiségű tüzelőanyag tökéletes eltüzeléséhez szükséges levegő mennyisége (általában térfogata)

az elméletileg keletkező nedves (és száraz) füstgáz mennyisége = az egységnyi mennyiségű tüzelőanyag tökéletes eltüzelésekor keletkező, vizet is tartalmazó (vizet már nem tartalmazó) füstgáz mennyisége (általában térfogata)

Gázok moláris térfogata:

Az ismert összefüggés szerint:

$$p * V = n * R * T, \quad \text{ahol}$$

$$R = 8,314 \frac{J}{mol * K}, \text{ az egyetemes gázállandó}$$

$p [Pa]$ a gáz nyomása

$V [m^3]$ a gáz térfogata,

$T [K]$ a gáz hőmérséklete

$n [mol]$ a gáz mólszáma

Számítsuk ki a tökéletes gázok móltérfogatát légköri nyomáson,
0 °C-on, 20 °C-on és 25 °C-on

$$p = 101,325 \text{ kPa,}$$

$$T_1 = 273,16 \text{ K,} \quad \text{vagy} \quad T_2 = 293,16 \text{ K} \quad \text{vagy} \quad T_3 = 298,16 \text{ K}$$

$$n = 1 \text{ mol}$$

$$p * V = n * R * T$$

$$V_1 = 22,41 \text{ Ndm}^3$$

$$V_2 = 24,05 \text{ Ndm}^3$$

$$V_3 = 24,46 \text{ Ndm}^3$$

A tüzeléstechnikai számításokban elfogadható pontosságot ad, ha a levegőt úgy tekintjük, amelynek a térfogatát

21 %-nyi O₂ és 79 %-nyi N₂ alkotja

Az előző összefüggés: $p * V = n * R * T$

alapján az oxigén és nitrogén mólaránya is ennyi.

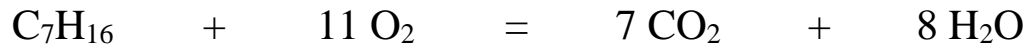
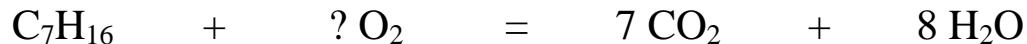
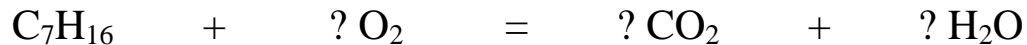
Számítsuk ki elsőként egy konkrét szénhidrogén, a heptán elméleti levegőszükségletét Nm^3 levegő/kg heptán egységben!

A heptán 7 szénatomos, nyílt láncú, telített szénhidrogén, tehát az összegképlete a $\text{C}_n\text{H}_{2n+2}$ összefüggés alapján C_7H_{16} .

Mivel a moláris atomtömege a szénnek 12, a hidrogénnek 1, a heptánnak

$$7 \cdot 12 + 16 \cdot 1 = 100.$$

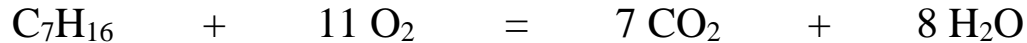
Írjuk fel az égési reakció egyenletét! Először számoljunk tömegekkel:



$$100 \text{ g} \qquad 11 \cdot 32 \text{ g} \qquad 7 \cdot 44 \text{ g} \qquad 8 \cdot 18 \text{ g}$$

$$1000 \text{ g} \qquad 1000/100 \cdot 11 \cdot 32 \text{ g} \qquad \dots \qquad \dots$$

Írjuk fel ismét az égési reakció egyenletét! Most már számoljunk gáztérfogatokkal:



$$100 \text{ g} \quad 11 * 22,41 \text{ Ndm}^3$$

$$1000 \text{ g} \quad 1000/100 * 11 * 22,41 \text{ Ndm}^3 = 10 * 11 * 22,41 \text{ Ndm}^3$$

Mivel 21 térfogatnyi oxigén 100 térfogatnyi levegőben van, 1000 g heptán elméleti levegőszükséglete:

$$L_0 = 100/21 * 10 * 11 * 22,41 \text{ Ndm}^3 = 11 * 22,41 / 21 = 11,74 \text{ Nm}^3 \text{ levegő/kg heptán}$$

Az elméleti száraz és nedves füstgáz térfogata

A tökéletes égés során keletkező víz nélküli és vízzel együttes füstgáz térfogata, (azaz, amikor nincs tökéletlen égés, illetve elhanyagolható az emiatt bekövetkező térfogatváltozás)

A száraz füstgázban az égés során keletkező **szén-dioxid** és a **kén-dioxid**, valamint a levegővel bevitt **nitrogén** található. A nedves füstgázban a víz is benne van.

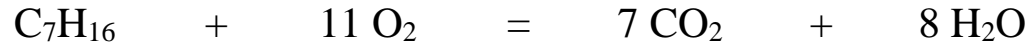
A levegő közelítőleg 21 tf% O_2 -ből és 79 tf % N_2 -ből áll.

$$V_{O_2} = 0,21 * V_{lev}$$

$$V_{N_2} = 79/21 * V_{O_2}$$

$$V_{lev} = 100/21 * V_{O_2}$$

Végezzük el a számítást a heptánra:





$$100 \text{ g} \qquad \qquad \qquad 22,41 * (7 + 8 + 11*\frac{79}{21}) Ndm^3$$

$$1000 \text{ g} \qquad \qquad \qquad 10*22,41*(7 + 8 + 11*\frac{79}{21}) Ndm^3$$

Ebből a száraz és nedves füstgáz térfogata összegezhető:

$$V_o^{sz} = 10 * 22,41 * \left[7 + 11 * \frac{79}{21} \right] Ndm^3 = 10,842 Nm^3$$

$$V_o^n = 10 * 22,41 * \left[7 + 8 + 11 * \frac{79}{21} \right] Ndm^3 = 12,635 Nm^3$$

A füstgáz elméleti összetétele

A tüzelőanyag elégetésekor keletkező gázok térfogatát osztjuk a füstgáz összes térfogatával.

Pl. 1 mol szénhidrogén elégetésekor a keletkező füstgáz CO_2 koncentrációja egyenlő a keletkező szén-dioxid térfogata, osztva az elméleti nedves, vagy száraz füstgáztérfogattal.

Számítsuk ki a heptán száraz és nedves füstgázának térfogatszázalékos összetételét!



$$100 \text{ g} \qquad \qquad \qquad 22,41 * (7 + 8 + 11*79/21) \text{ Ndm}^3$$

nedves

száraz

$$[CO_2] = ? \%$$

$$[CO_2] = ? \%$$

$$[H_2O] = ? \%$$

$$[H_2O] = ? \%$$

$$[N_2] = ? \%$$

$$[N_2] = ? \%$$

nedves

$$[CO_2] = \frac{7}{7+8+11 \times \frac{79}{21}} = 12,42 \%$$

$$[H_2O] = \frac{8}{7+8+11 \times \frac{79}{21}} = 14,19 \%$$

$$[N_2] = \frac{11 \times \frac{79}{21}}{7+8+11 \times \frac{79}{21}} = 73,40 \%$$

száraz

$$[CO_2] = \frac{7}{7+11 \times \frac{79}{21}} = 14,47 \%$$

$$[H_2O] = \frac{0}{7+11 \times \frac{79}{21}} = 0 \%$$

$$[N_2] = \frac{11 \times \frac{79}{21}}{7+11 \times \frac{79}{21}} = 85,53 \%$$

A légfesleg

A tüzelőberendezésekben sohasem lehet az elméleti levegőmennyiséggel tökéletes égést elérni, légfesleg kell alkalmazni.

A szükségesnél kisebb légfesleg esetén
az égés tökéletlen,
nagyobb légfesleg esetén
a melegen távozó füstgáz által elvitt hőmennyiség túl
nagy,

a tüzelés hatásfoka a légfesleg függvényében:

maximum-görbe szerint változik.

A légfeslegtényező:

Az égéshez ténylegesen rendelkezésre álló, és az elméletileg szükséges levegőmennyiség viszonya. (n)

Otto-motoroknál (léghiány is előfordulhat), a légfeslegtényezővel azonos fogalom a **légvizony** (λ).

$$n = \lambda = \frac{L}{L_0}$$

ahol L az égéshez ténylegesen rendelkezésre álló levegő mennyisége,
 L_0 az elméleti levegőszükséglet.

L és L_0 mértékegysége megegyezik, pl.: $\frac{\text{kg levegő}}{\text{kg üzemanyag}}$, $\frac{\text{Nm}^3 \text{ levegő}}{\text{kg üzemanyag}}$

n, ill. λ dimenzió-mentes viszonyszám.

Az Otto-motorban

$\lambda > 1$ esetén légfelesleg (szegény keverék),

$\lambda < 1$ esetén léghiány (dús keverék) van a reakciótérben.

A légviszony meghatározása:

a füstgáz oxigén tartalmából, vagy
szén-dioxid tartalmából

A heptán légefeleslegben történő égetése:



Látható, hogy a levegőfeleslegtől függő mennyiségben a füstgázban oxigén marad.

Mivel tökéletes gázoknál a térfogatok arányosak a mólszámmal, a száraz füstgáz oxigén koncentrációja:

$$[\text{O}_2] = \frac{\text{O}_2 \text{ térfogat}}{\text{összes száraz fg térfogat}} = \frac{11 * (\lambda - 1)}{7 + \lambda * 11 * \frac{79}{21} + 11 * (\lambda - 1)}$$

Számítsuk ki heptánra 5 % és 10 % levegőfelesleg esetén a száraz füstgáz összetételét!

5%

10%

$[\text{CO}_2] = 13,73 \%$

13,58 %

$[\text{O}_2] = 1,08 \%$

2,13 %

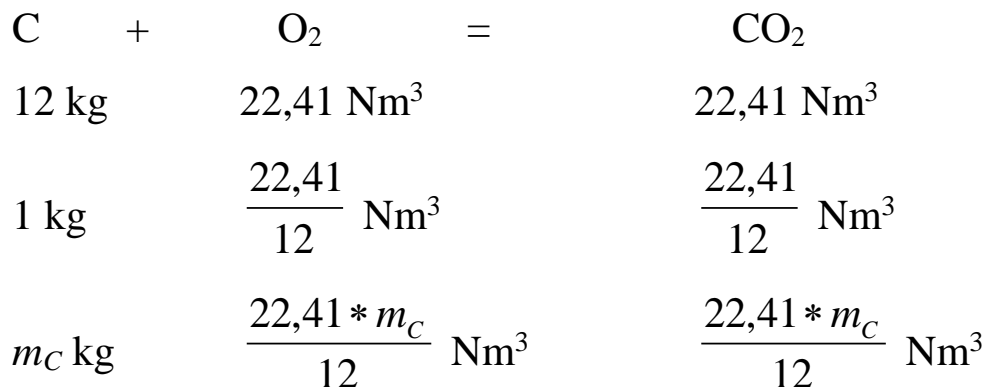
$[\text{N}_2] = 85,20 \%$

84,29 %

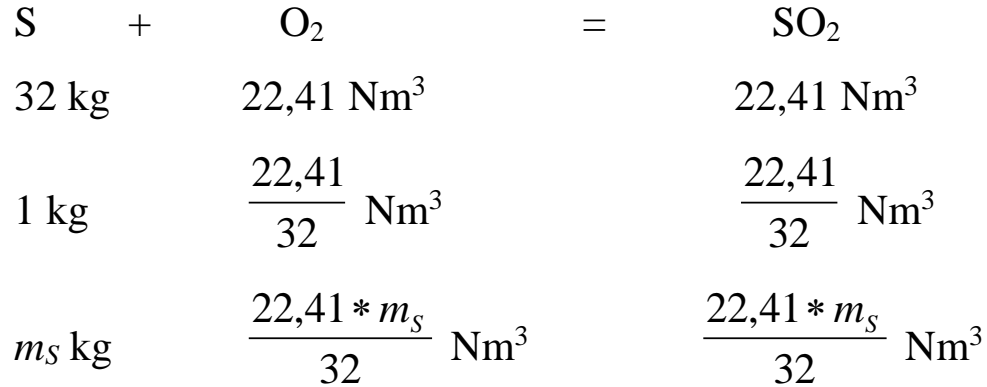
Az elméleti levegőszükséglet általában, adott összetételű tüzelőanyagra

A tüzelőanyag 1 kg-jában m_C kg szén (karbon), m_H kg hidrogén, m_S kg kén és m_O kg oxigén (atom) található.

1 kg tüzelőanyagban lévő karbon, hidrogén és kén égéséhez szükséges oxigén térfogata:



$$\begin{array}{rcl}
 4 \text{ H} & + & \text{O}_2 & = & 2 \text{ H}_2\text{O} \\
 4 \text{ kg} & & 22,41 \text{ Nm}^3 & & 2 * 22,41 \text{ Nm}^3 \\
 1 \text{ kg} & & \frac{22,41}{4} \text{ Nm}^3 & & \frac{2 * 22,41}{4} \text{ Nm}^3 \\
 m_H \text{ kg} & & \frac{22,41 * m_H}{4} \text{ Nm}^3 & & \frac{2 * 22,41 * m_H}{4} \text{ Nm}^3
 \end{array}$$



A karbon, a hidrogén és a kén elégetéséhez szükséges oxigén együttes térfogata:

$$\frac{22,41 * m_C}{12} + \frac{22,41 * m_H}{4} + \frac{22,41 * m_S}{32}$$

Ez nagyrészt a levegőből, kisebb részt a tüzelőanyagból származhat:

A tüzelőanyag oxigéntartalmának megfelelő oxigéntérfogat:

Mivel	1 mol, azaz 32 kg oxigén térfogata	22,41 Nm ³ ,
	1 kg oxigén térfogata	$\frac{22,41}{32}$ Nm ³ ,
	m_O kg oxigén térfogata	$\frac{22,41 * m_O}{32}$ Nm ³ ,

Így a tüzeléshez a levegőből szükséges oxigén térfogata:

$$V_{O_2} = \frac{22,41}{12} * m_C + \frac{22,41}{4} * m_H + \frac{22,41}{32} * m_S - \frac{22,41}{32} * m_O$$

$$V_{O_2} = 22,41 * \left[\frac{m_C}{12} + \frac{m_H}{4} + \frac{m_S}{32} - \frac{m_O}{32} \right] \text{ Nm}^3 \text{ oxigén / kg tüzelőanyag}$$

A számításainkban a levegőt 21/79 térfogatarányú oxigén/nitrogén elegyének tekinthetjük.

Az oxigénnel együtt az égésterbe jutó **nitrogén** elméleti mennyisége:

$$V_{N_2} = \frac{79}{21} V_{O_2}$$

$$V_{N_2} = \frac{79}{21} * 22,41 * \left[\frac{m_C}{12} + \frac{m_H}{4} + \frac{m_S}{32} - \frac{m_O}{32} \right] \text{ Nm}^3 \text{ nitrogén / kg tüzelőanyag.}$$

A levegőszükséglet a kettő összege:

$$L_o = \frac{100}{21} * 22,41 * \left[\frac{m_C}{12} + \frac{m_H}{4} + \frac{m_S}{32} - \frac{m_O}{32} \right]$$

Nm³ levegő / kg tüzelőanyag.

Az elméletileg keletkező füstgáz mennyisége és összetétele általában, adott összetételű tüzelőanyagra

Az előző reakcióegyenletek alapján:

$$V_{CO_2} = \frac{22,41 * m_C}{12} \qquad V_{SO_2} = \frac{22,41 * m_S}{32}$$

$$V_{N_2} = \frac{79}{21} * 22,41 * \left[\frac{m_C}{12} + \frac{m_H}{4} + \frac{m_S}{32} - \frac{m_O}{32} \right]$$

$$V_{H_2O} = \frac{2 * 22,41 * m_H}{4}$$

Az elméleti száraz füstgáz térfogata

$$V_o^{sz} = V_{CO_2} + V_{SO_2} + V_{N_2} = \frac{100}{21} * 22,41 * \left[\frac{m_C}{12} + \frac{0,79 * m_H}{4} + \frac{m_S}{32} - \frac{0,79 * m_O}{32} \right]$$

Nm³ száraz füstgáz / kg tüzelőanyag

Az elméleti nedves füstgáz térfogata

A száraz füstgáz és az égéstermékben lévő vízgőz együttes térfogata:

$$V_o^n = V_{CO_2} + V_{SO_2} + V_{N_2} + V_{H_2O} = V_o^{sz} + \frac{2 * 22,41 * m_H}{4} \quad \text{rendezve,}$$

$$V_o^n = \frac{100}{21} * 22,41 * \left[\frac{m_C}{12} + \frac{1,21 * m_H}{4} + \frac{m_S}{32} - \frac{0,79 * m_O}{32} \right]$$

Nm³ nedves füstgáz / kg tüzelőanyag

Ha a tüzelőanyagnak is volt víztartalma ($m_{\text{víz}}$ kg víz/kg tüzelőanyag), az ebből keletkező vízgőz térfogata a fenti képlethez hozzáadandó:

18 kg vízgőz térfogata

$$22,41 \text{ Nm}^3$$

1 kg vízgőz térfogata

$$\frac{22,41}{18} \text{ Nm}^3 ,$$

$m_{\text{víz}}$ kg vízgőz térfogata

$$\frac{22,41 * m_{\text{víz}}}{18} \text{ Nm}^3 .$$

1. Feladat: igazoljuk a V_0^n képlet helyességét esetén.

Számítsuk ki V_0^n értékét a reakció egyenlet felírásával, valamint a képletbe történő behelyettesítéssel!

A füstgáz elméleti összetétele adott elemi összetételű tüzelőanyagra

Az 1 kg tüzelőanyag elégetésekor keletkező gázok térfogatát osztjuk a füstgáz összes térfogatával.

Pl. a keletkező füstgáz CO_2 koncentrációja egyenlő a keletkező szén-dioxid mennyisége, osztva az elméleti nedves, vagy száraz füstgáztérfogattal.

2.a Feladat: számítsuk ki az alábbi motorbenzin nedves kipufogógázában jelen levő gázok elméleti összetételét [V/V%]. Valamennyi komponenst azonos pontossággal adjunk meg!

$$m_C = \dots\dots\dots, \quad m_H = \dots\dots\dots, \quad m_S = \dots\dots\dots, \quad m_O = \dots\dots\dots$$

A légviszony meghatározása adott elemi összetételű tüzelőanyag esetén:

Adott elemi összetételű tüzelőanyagnál a füstgáz elméleti oxigénkoncentrációja 1 kg tüzelőanyagra:

$$[O_2] = \frac{O_2 \text{ térfogat}}{\text{összes száraz fg térfogat}} = \frac{(L - L_o) * 0,21}{V_o^{sz} + (L - L_o)}$$

$$L = L_o * \lambda \quad \text{behelyettesítésével}$$

$$\lambda = 1 + \frac{[O_2 \%]}{21 - [O_2 \%]} * \frac{V_o^{sz}}{L_o}$$

A száraz füstgáz (fg) CO₂ koncentrációja

$$[CO_2] = \frac{CO_2 \text{ térfogat}}{\text{összes száraz fg térfogat}}$$

Az imént már felírtuk, hogy az 1 kg tüzelőanyagban lévő m_C kg-nyi karbonból keletkező CO₂ térfogata:

$$V_{CO_2} = \frac{22,41}{12} * m_C$$

A CO₂ koncentráció:

$$[CO_2] = \frac{\frac{22,41}{12} * m_C}{V_o^{sz} + (L - L_0)},$$

Legyen

$$CO_{2max} = \frac{\frac{22,41}{12} * m_C}{V_o^{sz}}$$

$L = L_o * \lambda$ -t behelyettesítve

$$\lambda = 1 + \frac{[CO_{2max} \% - CO_2 \%]}{[CO_2 \%]} * \frac{V_o^{sz}}{L_o}$$

A gyakorlatban működő légviszony mérők (λ szondák) a maradék oxigén koncentrációját mérik.

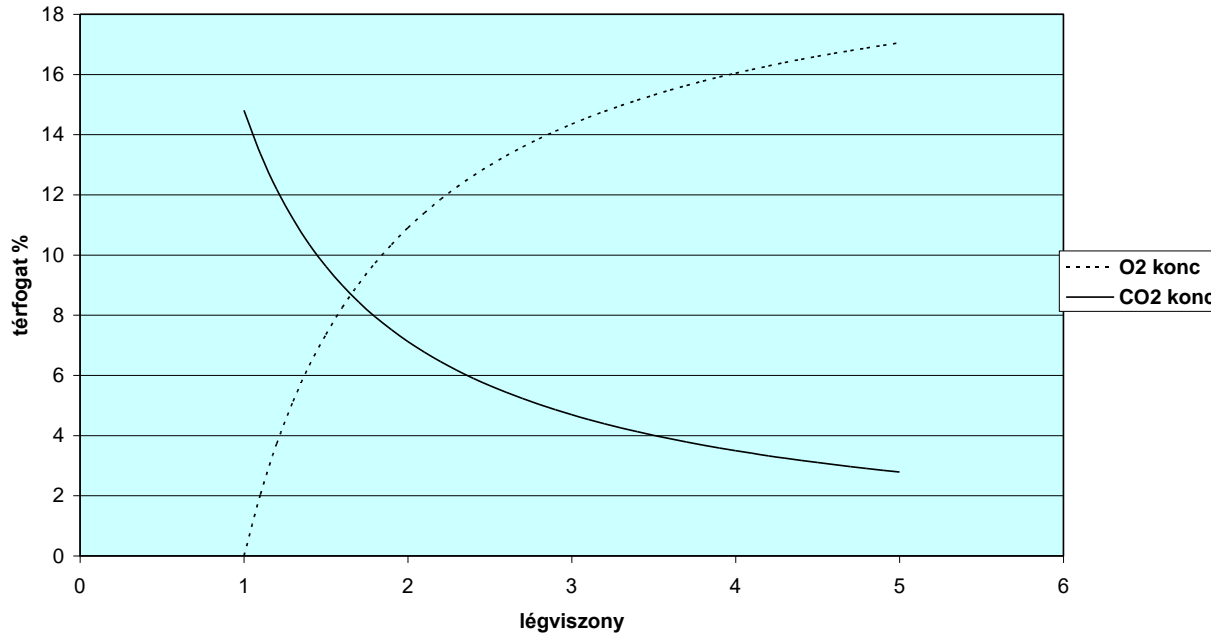
Kazánoknál előfordul a CO₂ koncentráció mérése is.

A szükséges légfelesleg mértéke a tüzelőanyagtól, a tüzelőberendezéstől és a tüzelési folyamat vezetésétől függ. (ld. táblázat a jegyzetben)

2.b Feladat: számítsuk ki a fenti összetételű motorbenzinre CO_{2max} értékét a nedves és a száraz füstgázban.

A füstgáz elméleti és tényleges összetétele a légviszony függvényében

Az elméleti oxigén és szén-dioxid koncentráció
 $mC = 0,85$ és $mH = 0,15$ esetén



Az égés folyamata

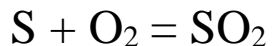
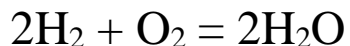
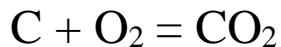
Az égéshez

éghető anyag,

égéstápláló közeg és

a gyulladási hőmérséklet elérése szükséges

Kémiai reakciók:



Az égés szakaszai:

a gyulladás

az égés

A gyulladási késedelem

a tüzelőanyag gyulladási hőmérsékletre hevítéséhez szükséges időtartam

A gyulladási hőmérséklet

az a legkisebb hőmérséklet, amelyen az előzetesen felhevített anyag levegővel érintkezve, magától meggyullad. (ld. táblázat a jegyzetben)

Az égés mechanizmusa:

gyökös láncreakció

Az égés sebessége:

lassú égés (0,3-3 m/s lineáris égési sebesség),

gyors égés, robbanás (1-3 km/s robbanási sebesség)

Az égés során keletkező anyagok:

füstgáz
szilárd tüzelőanyag esetén salak (hamu).

A tüzelőanyag nem éghető részei képezik a hamualkotókat, az égés utáni alkotórészei:

szilícium-dioxid,
alumínium-oxid,
vas-oxid,
kalcium-oxid,
magnézium-oxid.

A füstgáz alkotói:

az égés során keletkező és visszamaradó anyagok

tökéletes égéskor szén-dioxid, vízgőz és kén-dioxid

tökéletlen égéskor szén-monoxid, szénhidrogének (HC), hidrogén,
pernye, korom.

nagy tüztérhőmérséklet esetén (pl. a belsőégésű motorokban)

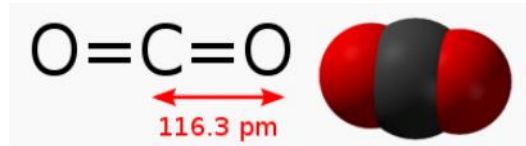
nitrogén-oxidok (NO és NO₂, együtt NO_x)

a levegőből származó nitrogén,

levegőfelesleg alkalmazása esetén oxigén

A füstgázalkotók hatása:

A **szén-dioxid** (CO₂) nem mérgező, de az üvegházhatás fő okozója.

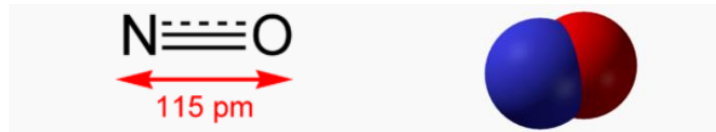


A **szén-monoxid** (CO) színtelen, szagtalan, íztelen gáz, igen erős mérég, levegővel jellegzetes kék lánggal ég

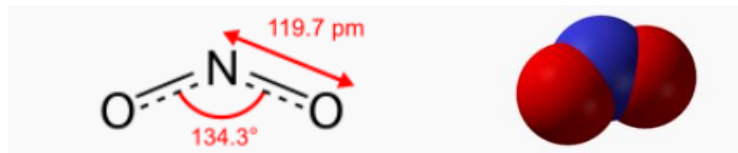


A **nitrogén-oxidok** (NO_x) a tüdőt roncsolják, valamint savas esőt okoznak.

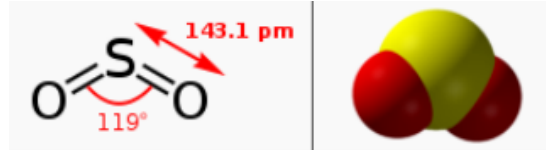
A nitrogén-monoxidból (NO) közönséges hőmérsékleten a levegő oxigénjével azonnal vörösbarna színű nitrogén-dioxid keletkezik. Párosítatlan elektront tartalmaz, reakcióképes.



A nitrogén-dioxid (NO_2) vörösesbarna színű, szúrós szagú, mérgező gáz, vízben jól oldódik.



A **kén-dioxid** (SO₂) színtelen, szúrós szagú gáz, igen erős mérreg, a tüdőt roncsolja, savas esőt okoz.



A **szilárd részecskék** nagy része rákot okoz.

Tüzelési veszteségek

füstgázveszteség
sugárzás és vezetés
elégtelen veszteség (pl. salakéghető-veszteség)
termikus disszociáció

Robbanóelegyek

alsó és felső robbanási határ

Csak a két robbanási határ közötti összetételű, és gyulladási hőmérsékletre felhevített gázelegy gyújtható meg.

Robbanási határok

Gáz	Alsó robbanási határ, tf.%	Felső robbanási határ, tf.%
Hidrogén	4,1	74,0
szén-monoxid	12,5	74,0
Metán	4,3	14,0
Etán	3,2	12,5
Propán	2,4	9,5
<i>n</i> -Bután	1,6	8,5
<i>n</i> -Heptán	1,1	6,0
<i>n</i> -Oktán	1,0	5,3
Etilén	3,0	29,0
Propilén	2,2	9,7

Acetilén	2,5	80,0
Etil-alkohol	4,3	20,0
Aceton	3,0	11,0
Benzol	1,4	6,7
Ammónia	15,7	27,4

3. Feladat: a táblázatban szereplő néhány vegyületre számoljuk ki, hogy az alsó és felső robbanási határ milyen λ értéknél van? (Az alsó robbanási határnál $\lambda > 1$, a felső robbanási határnál $\lambda < 1$.)

Tüzelőszerkezetek

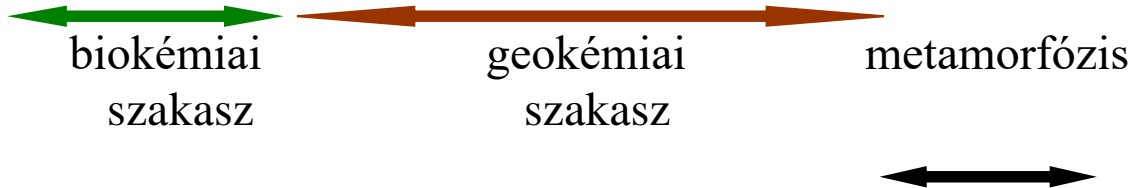
Ld. jegyzet

A kőszén

Keletkezése: az elmúlt geológiai időszakok lánövényszeretének maradványából, süllyedést követően, fedőréteg alatt.

A szénülés folyamata:

tőzeg → barnaszén → feketeszén → antracit → grafit



Oxigén tartalmú csoportok, alifás láncok, CO₂, CH₄, H₂ szakadnak le.

A kőszenek kora: néhány millió év - mintegy 0,6 milliárd év

Móltömegek, kor:

barnaszén	M~1400	60–75 millió év
feketeszén	M~3000-100000	300–350 millió év

Ásványi alkotók:

pirit (FeS_2), CaCO_3 , $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, FeCO_3 , agyagásványok, gipsz (Ca_2SO_4),
kvarc (SiO_2),
ezekből hamu keletkezik égéskor.

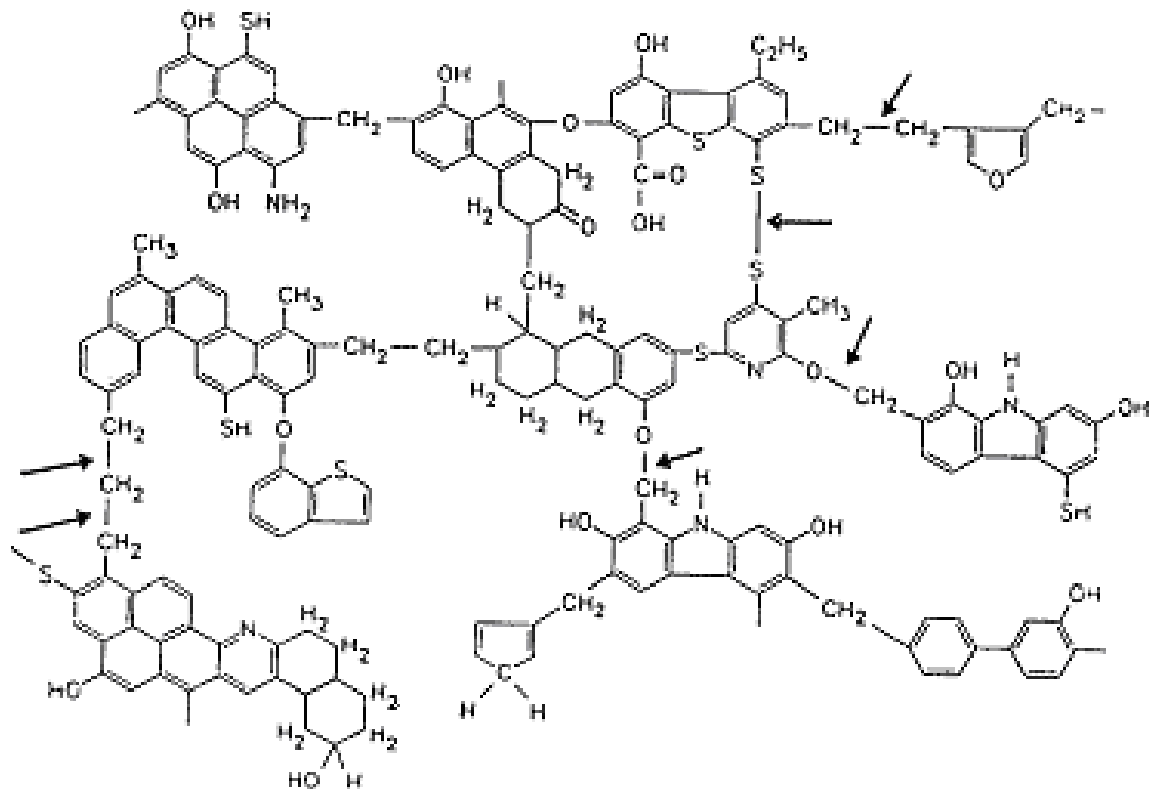


Az összetétel és az égéshő változása a geokémiai szakaszban

Széntípus	Nedvesség %	Nedvesség- és hamumentes állapotra számított				Égéshő [MJ/kg]
		Illórész %	Karbon %	Hidrogén %	Oxigén %	
Lágy barnaszén	50-65	50-60	65-70	5-8	18-37	24-27
Kemény barnaszén						
Fényes barnaszén						
Lángszén						
Gázlángszén						
Gázszen						
Zsírshén						
Kovácsszen						
Sovány szén						
Antracit	<1,0	<12	>91,5	<3,75	<2,5	35-34

(A táblázatban az S (0,5-5%) és N (1-2%) tartalom nem szerepel!)

A kőszén szerkezet modellje



Bányászat:

külszíni (Visonta, lignit)

mélyművelésű – veszélyek: gyakran karsztvíz betörés, sújtólégrobbanás

Szénelőkészítés:

dúsítás

-ülepítéssel (a nagyobb sűrűségű meddő elválasztása)

-flotálással (a szén szemcse hidrofób, a meddő hidrofil)

brikettezés

(porszén darabosítása kötőanyaggal, vagy anélkül)

szárítás

Széntüzelés:

F=5-25 MJ/kg

(ld. szilárd tüzelőanyagok tüzelőszerkezetei)

Jelentős környezetszennyezés:

SO₂ (elnyelehető meszes mosón, de hatalmas beruházás, sok gipsz keletkezik),

por (a porleválasztás nagy beruházási igényű),

NO_x

Szénfeldolgozás

1. Szénlepárlás vagy kigázosítás (kokszolás)

A kőszenet levegőtől elzárt térben mintegy 1250 °C–ra hevítik.

Termékek:

- koks (kohászat, tüzelőanyag)
- kamragáz (éghető gáz, régen városi gáz komponens)
- kátrány (desztillációval párlatok és szurok, sokféle szerves vegyület)
- gázvíz (víz + szerves vegyületek)

Megvalósítás:

8-10 m hosszú

40-45 cm széles

5-6 m magas kamrákban

20-22 óra alatt, kívülről hevítve.

A keletkező kokszt kitolják, vízzel hűtik.

A kőszén felhasználásának a vasgyártáshoz ma sem nélkülözhető módja, Dunaújvárosban működik kokszoló.



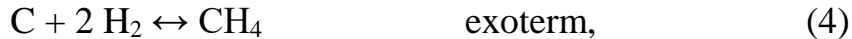
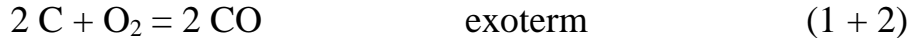


Metallurgical Coke

2. Szénelgázosítás

Izzó állapotú szén reakcióba lép oxigénnel és vízgőzzel.

A fontosabb reakciók:



A kialakuló gázösszetétel a nyomás, hőmérséklet és a betáplált anyagok függvénye (ld. egyensúlyok)

A reakcióterben lepárlás is lejátszódik.

Termékek:

éghető gáz

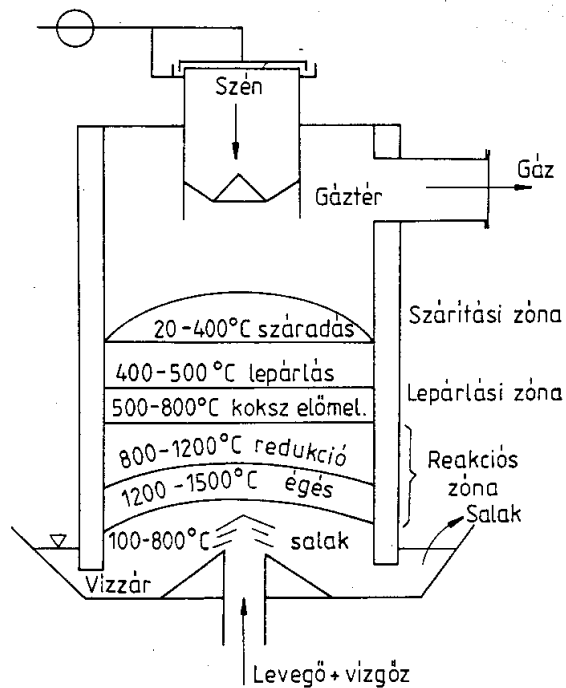
salak

Célja:

korábban: éghető gáz nyerése (a gáztüzelés előnyei miatt)

ma: szintézisgáz (CO és H₂ tartalmú gáz) előállítása vegyipari szintézisekhez.

Megvalósítás gázgenerátorban



3.3. ábra. A generátor zónáiban lejátszódó folyamatok

A technológia alkalmazása

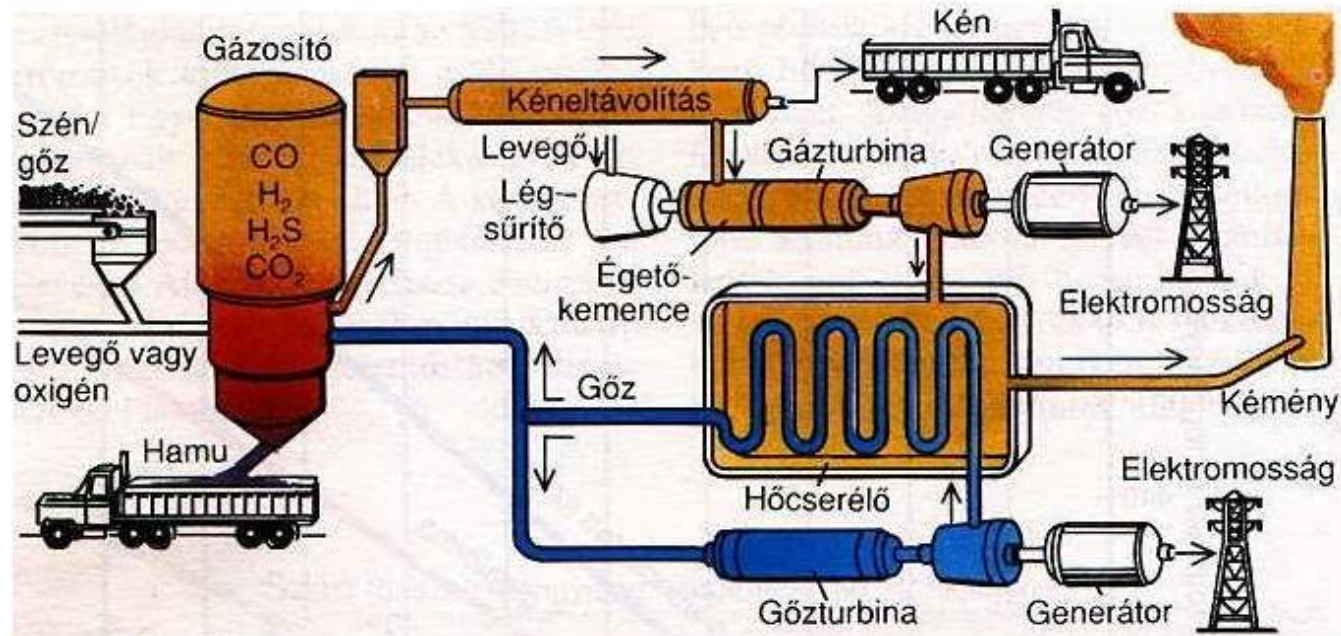
csak néhány országban,
szinte kizárólag szintézisgáz előállítására.

(A szintézisgáz ma olcsóbban nyerhető földgázból, ld. később)



Generátorgázzal működő személyautó

Kombinált szénerőmű:



3. Széncseppfolyósítás

Célja:

motorhajtó anyagok, (szénhidrogének) előállítása.

A H/C atomarány és az átlagos molekula tömeg:

	H/C atomarány	átlagos móltömeg
benzin	2,0	100
kőolaj	1,6	300
kőszén	0,5	10000

A szükséges kémiai átalakítás:

a molekulák tördelése és

a hidrogén-tartalom növelése.

Megvalósítás:

- *direkt cseppfolyósítás*

A kőszén megőrlik, olajjal sűrű péppé alakítják,

majd kb. 500 °C-on, 300 – 700 bar hidrogén nyomáson

1-2% Fe₂O₃ katalizátor jelenlétében kezelik.

Termékek (100 tömegrész szénből és 2-6 tömegrész hidrogénből):

70 tömegrész (benzin és gázolaj forráspontú) folyadék és gáz nyerhető.

Technikai nehézségek

termékelválasztás, nagy nyomás, a szénpor koptató hatása, a H₂ reakciója az acél C tartalmával

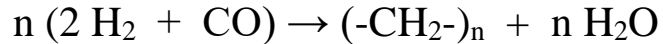
A két világháború között megvalósult, de ma sehol sem csinálják, drága.

▪ *indirekt cseppfolyósítás*

Lépései:

1. elgázosítás (szintézisgáz-gyártás)

2. Fischer-Tropsch szintézis



kb. 200 °C hőmérséklet, Co, Fe katalizátorok

Termékek:

gázok (CH₄, etán, etilén)

benzin frakció (rossz oktánszám)

gázolaj frakció (jó cetánszám, ld. később)

szilárd parraffin.

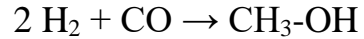
A termék-összetétel szabályozható a gázkeverék komponenseinek arányával, a katalizátorral, a nyomással.

Alkalmazás:

Dél-Afrikában működött ilyen üzem,
oka a korábbi kőolaj embargó volt.

Más indirekt cseppfolyósítási lehetőségek:

Metanol előállítás a szintézisgázból:



250-350 bar nyomás, 300-400 °C, Cr-oxid katalizátor, vagy
40-100 bar nyomás, 200-220 °C, Cu tartalmú katalizátor.

Alkalmazás a jövőben?

Alternatív motorhajtóanyag-gyártás

A szintézisgáz számos egyéb kémiai szintézis kiinduló anyaga lehet.

A kőolaj

Keletkezése:

szervetlen elmélet:

fém-karbidok reakciója túlhevített vízgőzzel (nem bizonyított)

szerves elmélet:

tengeri planktonok, baktériumok elpusztult szervezeteiből üledék, anaerob bomlás, kémiai átalakulás (termikus bomlás, krakkolódás, kisebb, termodinamikailag stabilabb szénhidrogének keletkezése),

ha $\geq 60^{\circ}\text{C}$, 40-50 millió év szükséges.

Összetétele:

elemi összetétel (tömeg %):

C	85-89
H	10-14
S	0,2-6 (általában 0,5-3)
O	0-1,5
N	0,1-1,5
Ni	0,001
V	0,003

kémiai összetétel:

főként szénhidrogének

20-60% alifás telített = paraffin

50-25% ciklusos telített = cikloparaffin (naftén)

30-15% aromás

telítetlen gyakorlatilag nincs (ld. nagy reakcióképesség)

S, N, O tartalmú vegyületek

V, Ni, Na – hamualkotók 0,01-0,05%

Halmazállapota folyadék, de

oldott gázok: C₁ - C₄ (metán – bután)

oldott szilárd szénhidrogének (C₁₇-től)

Csoportosítása:

a szénhidrogén összetétel szerint

paraffin bázisú

naftén bázisú

intermedier (kevert)

a forráspont eloszlás (a frakciók) szerint

„Könnyű” (Norvégia, Nigéria, drágábbak)

„Közepes” (Szaud Arábia, Nagy-Britannia)

„Nehéz” (Venezuela, Alaszka)

a S tartalom szerint

<1% kicsi (édes, drágább)

1-1,5% közepes

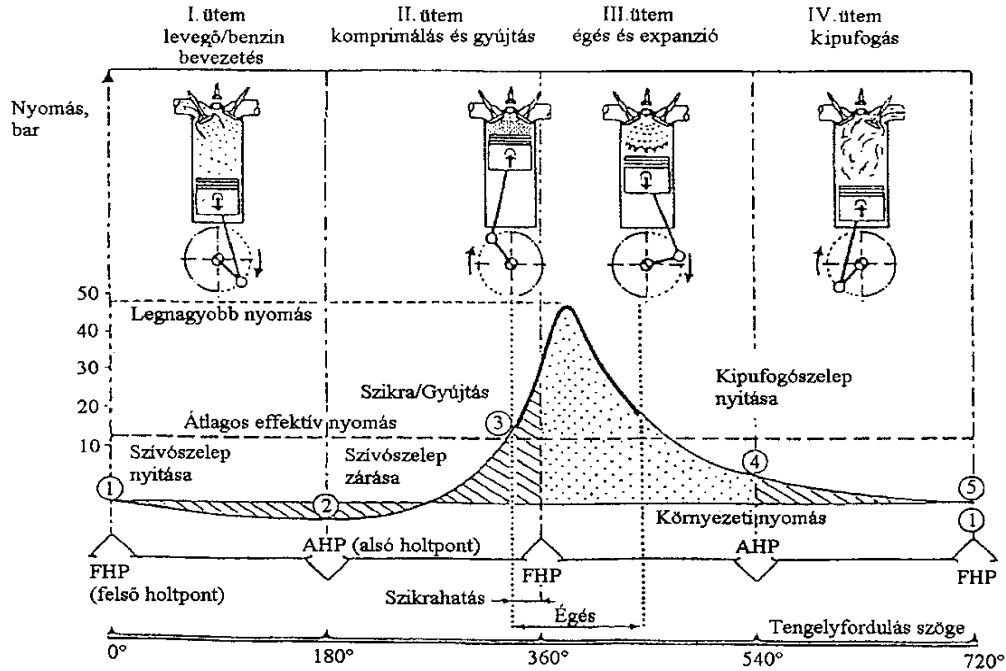
>1,5% nagy (savanyú)

Motorhajtóanyagok

A kőolaj legfontosabb felhasználási területe.

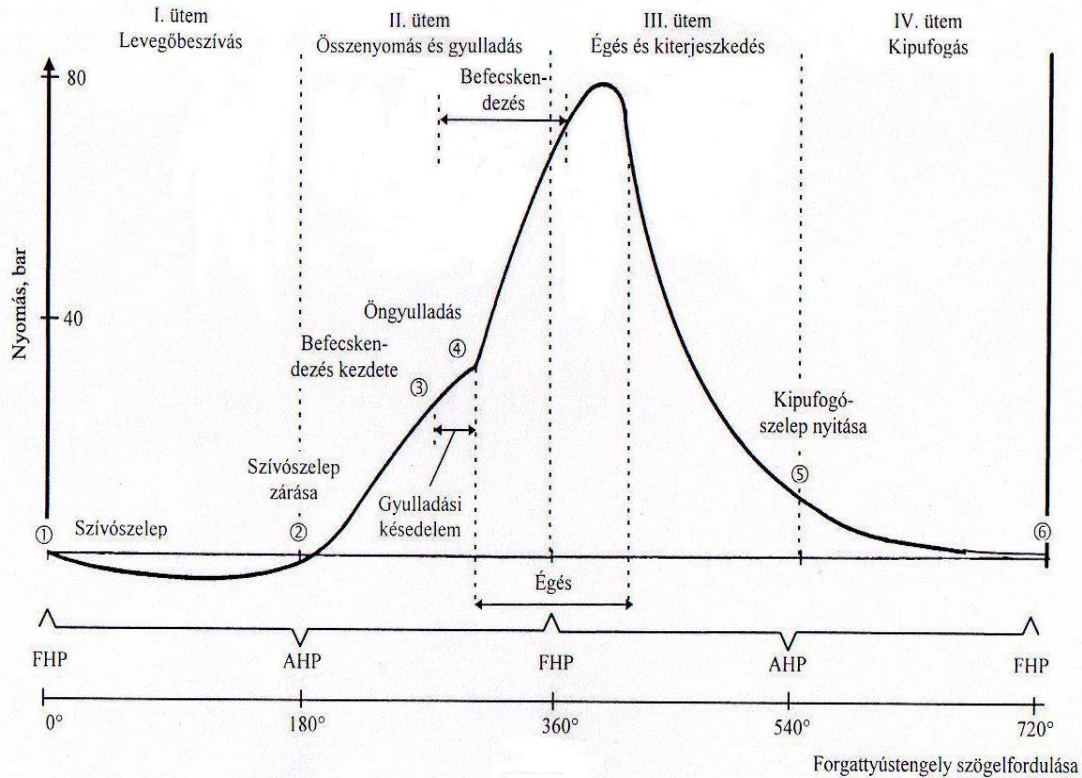
A belsőégésű motorok:

- reciprokáló (dugattyús) - Otto-motor, hajtóanyaga motorbenzin
- Diesel-motor, hajtóanyaga gázolaj
- gázturbina, hajtóanyaga speciális petróleum (kerozin)



A négyütemű Otto-motor működési elve

Dr. Hancsók Jenő: Korszerű motor- és sugárhajtómű üzemanyagok, I. Motorbenzinek



A négyütemű dízelmotor működési elve

Dr. Hancsók Jenő: Korszerű motor- és sugárhajtómű üzemanyagok, II. Dízelgázolajok

A dugattyús motorok működési paramétere:

	Otto	Diesel
keverékképzés	külső	belső
szabályozás	mennyiségi	minőségi
λ (légviszony)	≈ 1 , \approx állandó	mindig >1 , változó
gyújtás	szikra	öngyulladás
sűrítési viszony	≈ 10	15-22
sűrítési csúcsnyomás	10-15 bar	30-55 bar
sűrítési csúcshőmérséklet	400-500°C	600-900°C

	Otto	Diesel
előgyújtás	5-30°	—
befecskendezés	—	10-25°
égési csúcsnyomás	40-70 bar	60-100 bar
égési csúcshőmérséklet	2000-2500°C	1800-2100°C
középnnyomás	6-12 bar	5-8 bar
kipufogógáz hőm. teljes terhelésnél	700-1000°C	500-700°C
kipufogógáz hőm. részleges terhelésnél	300-500°C	200-300°C

A gázturbinában

az égetés folyamatos, égetőkamrában,
a kiáramló forró füstgázok hajtják a turbinát, ill.
sugárhajtású gépekben reaktív erejük mozgatja a gépet.

A motorbenzin tulajdonságai

- *Kompressziótűrés*
- *Illékonyság*
- *Összetevők*
 - szénhidrogén csoportok
 - benzoltartalom
 - ólom tartalom
 - kén tartalom
 - oxigéntartalom
- *Gyantatartalom*
- *Korróziós hatás*

A kopogásos égés

Kopogásos égés az Otto motorban nyomáslengést okoz.

Oka a motorbenzin öngyulladása

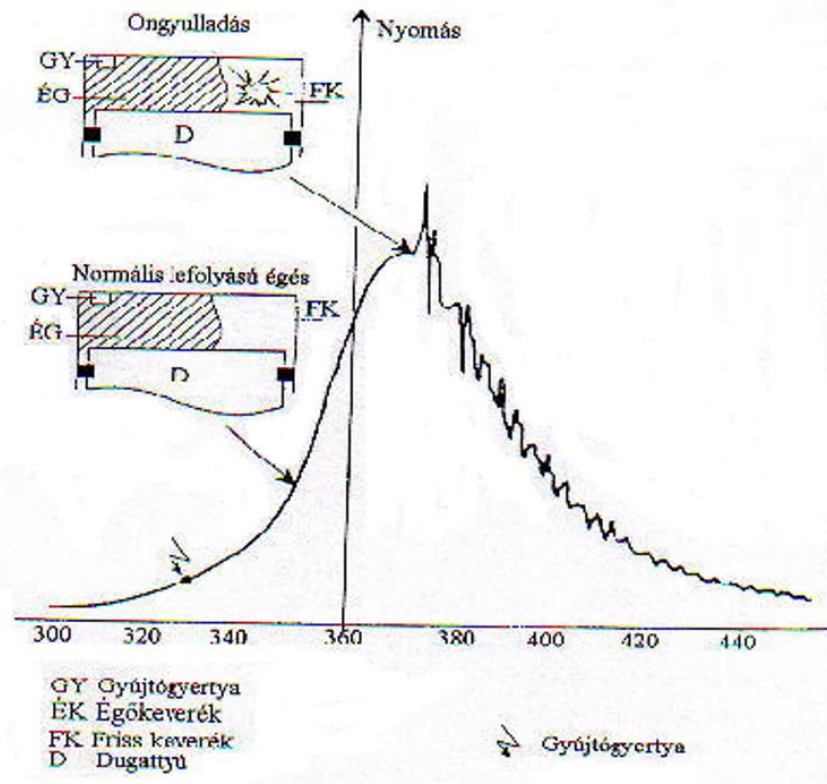


Először beindul az égés

Az égést követő nyomásnövekedés miatt több helyen indul be a kémiai reakció

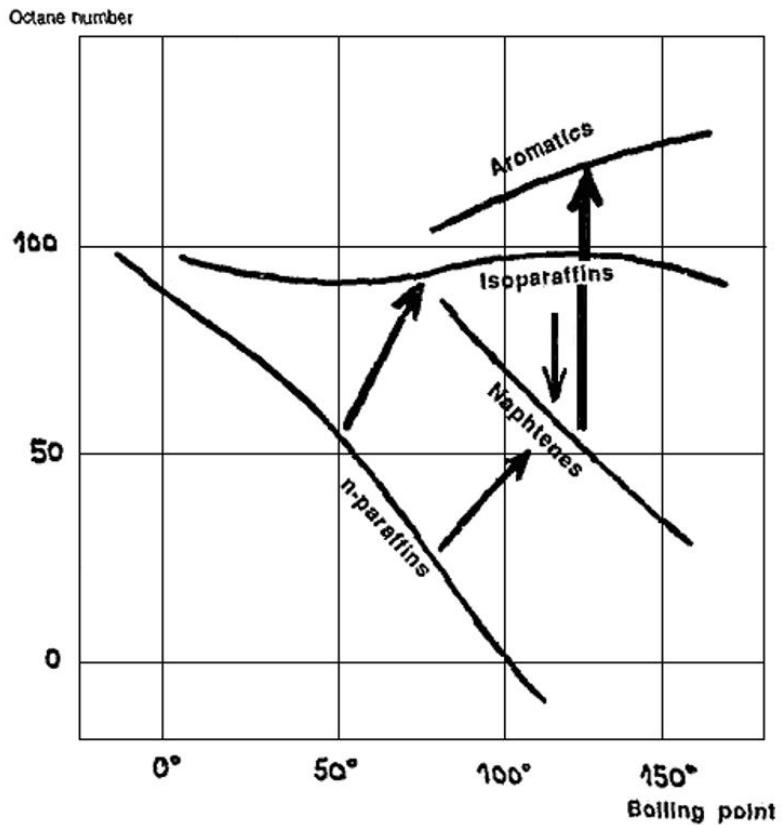


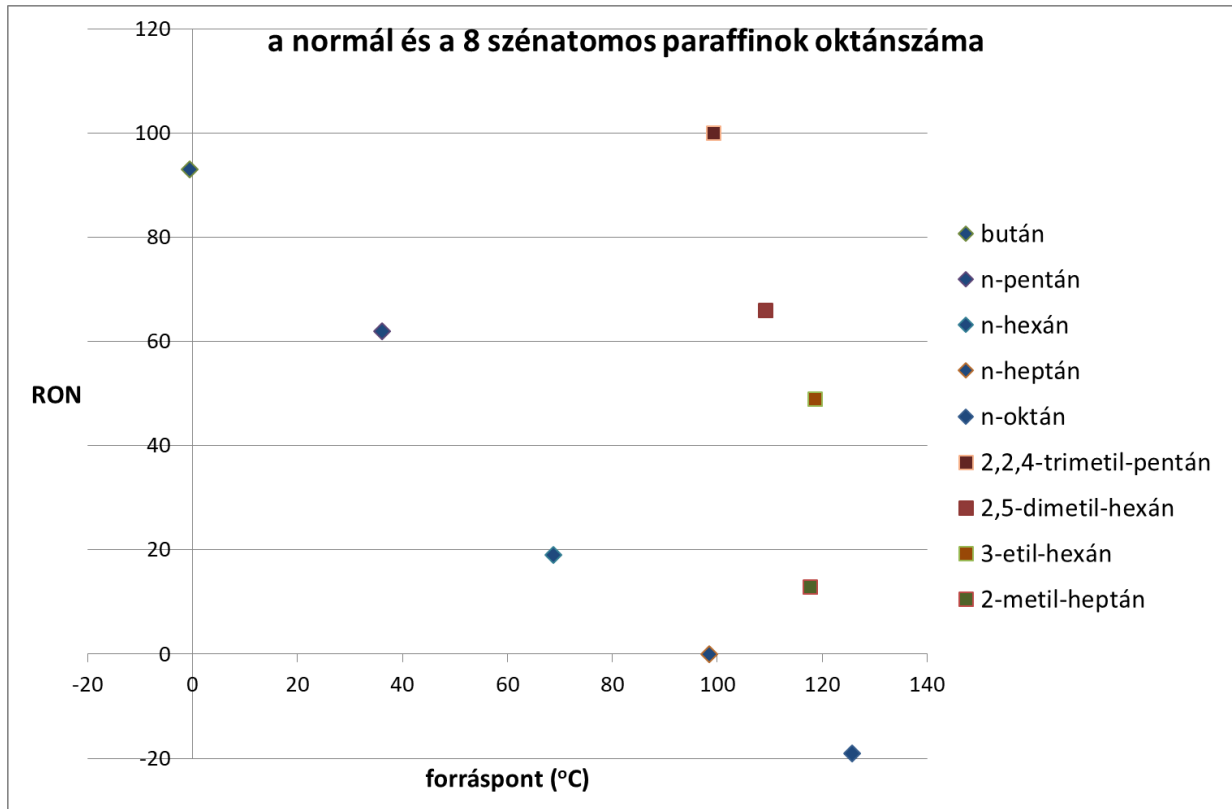
Nyomáscsúcsok alakulnak ki



A kopogás jelensége

A szénhidrogének kompressziótűrése





A kompressziótűrés mérése

szabványosított motorok
rögzített körülmények

összehasonlítás etalon elegyekkel

<u>Etalonok:</u> n-heptán	(0 pont)
2,2,4-trimetil-pentán (az egyik izo-oktán)	(100-as pont)

Oktánszám: annak a n-heptánból és 2,2,4-trimetil pentánból álló etalon elegynek a tf %-os izooktán tartalma, amely szabványos motorban, rögzített körülmények között azonos kompresszió tűrésűnek mutatkozik, mint a vizsgálandó benzin.

Többféleképpen vizsgálják:

kísérleti oktánszám (RON):

600 1/perc fordulatszám, levegő előmelegítés, kisebb előgyújtás

motor oktánszám (MON):

900 1/perc fordulatszám, keverék felmelegítés 150 °C-ra, nagyobb, változó előgyújtás

Ugyanarra a motorbenzinre

$MON < RON$

A két érték különbsége az érzékenység: $RON - MON$

A kutaknál a kísérleti oktánszámot adják meg.

A 100 fölötti oktánszám mérése izo-oktán-ólom-tetra-etil eleggyel.

Oktánszámeloszlás

Frontoktánszám (75, vagy 100 °C-ig terjedő frakció oktánszáma)

ΔR : a teljes frakció oktánszáma és a frontoktánszám különbsége

Illékonyság

Fontos, mert az égés gázfázisú, előzetesen el kell párolognia az üzemanyagnak. Gondot okozhat a nagy és a kicsi illékonyság is.

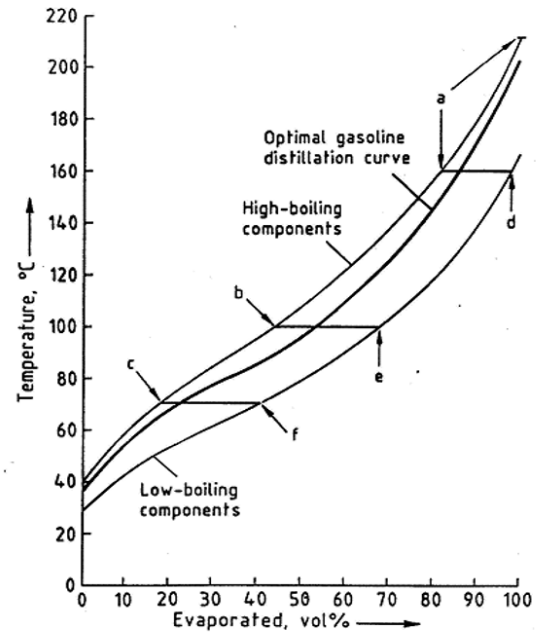
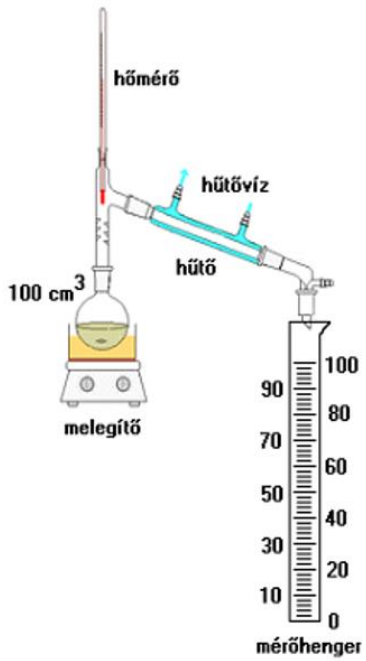
Jellemzése:

forráspontgörbével (szabványos készülékben)
motorbenzinre 40-200 °C

a gőznyomás értékével (37,8°C-on, szabványos készülékben)

Nemzetközi besorolás: illékonysági osztályok

a motorbenzin forráspontgörbéje



- a) lerakódások és motorolaj hígulás,
- b) lassabb felmelegedés,
- c) rossz hidegindítás,
- d) üzemanyag fogyasztás,
- e) karburátor jegesedés,
- f) gyorsabb felmelegedés

▪ **Összetevők – szénhidrogének**

Olefinek

A hőbontással (krakkolással) előállított benzinekben lehetnek.

Stabilitási problémát okozhatnak: állás közben (gyökös mechanizmusú) oxidációs-polimerizációs reakciókban nagy molekulájú, gyantaszerű anyagok alakulhatnak ki, lerakódást, dugulást okozhatnak.

Égésük kormozó.

Korábban az aktuális vagy jelenlevő gyantatartalmat az ún. **elpárologtatási maradék** mérésével határozták meg.

A gyantaképzési hajlamot főként diolefinek okozzák. Mérése az **indukciós periódus** meghatározásával: emelt hőmérsékleten azt vizsgálják, mennyi ideig nem lép reakcióba a vizsgálandó motorbenzin nagy nyomású oxigénnel (mennyi idő múlva kezd csökkenni egy előírt értéknél jobban az O₂ nyomása)

Potenciális gyantatartalom: 16 órás indukciós periódus után elpárologtatási maradék meghatározás.

Aromások

Égésük nem tökéletes, légszennyezők keletkeznek.

Benzol

A benzol mérgező, rákkeltő, mennyiségét a fejlett országokban korlátozzák.

▪ **Összetevők – ólom-tartalom**

Korábban ólom-tetra-etilt $\text{Pb}(\text{C}_2\text{H}_5)_4$,
ólom-tetra-metilt $\text{Pb}(\text{CH}_3)_4$ adagoltak a benzinhez
a jobb kompressziótűrés érdekében.

Az Pb környezetszennyező, a katalizátorokat hatástalanítja, fejlett országokban
nincs ólmozott benzin.

▪ **Összetevők – kén-tartalom**

Az égés során SO_2 , (SO_3), a jelenlevő vízzel kénessav, kénsav keletkezik.

Korrózió, savas eső.

A kéntartalom katalitikus hidrogénezéssel, H_2S alakban a gyártáskor eltávolítható, belőle parciális (részleges) égetéssel elemi kén nyerhető, ami hasznos melléktermék.

A korróziós hatás mérése korábban: **rézlemezpróba**

Emelt hőmérsékleten, bizonyos ideig polírozott Cu lemezt mártanak a motorbenzinbe. A Cu lemez elszíneződését szemrevételezéssel etalon skálával hasonlítják össze.

▪ **Összetevők – oxigén-tartalom**

Az oxigenátok alkoholok, éterek.

pl. (bio)etanol,
tercier-butanol,
MTBE: metil-tercier-butil-éter
ETBE: etil-tercier-butil-éter

javítják az oktánszámot.

Motorbenzinek minőségi követelményei MSZ EN228

Jellemző	Mérték- egység	Vizsgálati módszer	Követelmény	
			Esz-95	Esz-98
Kísérleti oktánszám	-	MSZ EN ISO 5164	≥ 95.0	≥ 98.0
Motoroktánszám	-	MSZ EN ISO 5163	≥ 85.0	≥ 88.0
Etanoltartalom	v/v%	MSZ EN ISO 22854	Max 10	Max 5
Ólomtartalom	mg/l	MSZ EN 237	≤ 5	
Sűrűség 15 °C-on	g/cm ³	MSZ EN ISO 12185	0.720 - 0.775	
Kéntartalom	mg/kg	MSZ EN ISO 20846	≤ 10	
Gyantatartalom, oldószerrel mosott	mg/100ml	MSZ EN ISO 6246	≤ 5	
Korróziós fokozat, 3ó, 50°C	-	MSZ EN ISO 2160	1. osztály	
Benzol	%(V/V)	MSZ EN 12177	≤ 1.0	
Oxigéntartalom	%(m/m)	MSZ EN ISO 22854	Max 3,7	Max 2,7
Aromástartalom	%(V/V)	MSZ EN ISO 22854	≤ 35.0	
Olefintartalom	%(V/V)	MSZ EN ISO 22854	≤ 18.00	
Külső megjelenés	-	Érzékszervi	tiszta és átlátszó	

A gázolaj (dízelolaj) tulajdonságai

Gyulladási hajlam

Szivattyúzhatóság

Porlaszthatóság

Összetétel

kéntartalom

vízartalom

oxidhamu

policiklusos aromás szénhidrogének mennyisége

Korróziós hatás

Oxidációs stabilitás

Habképzési hajlam

Sűrűség és energiatartalom

Kenőképesség

Gyulladási hajlam

A Diesel motorban is felléphet a nyomáslengés, kopogás.

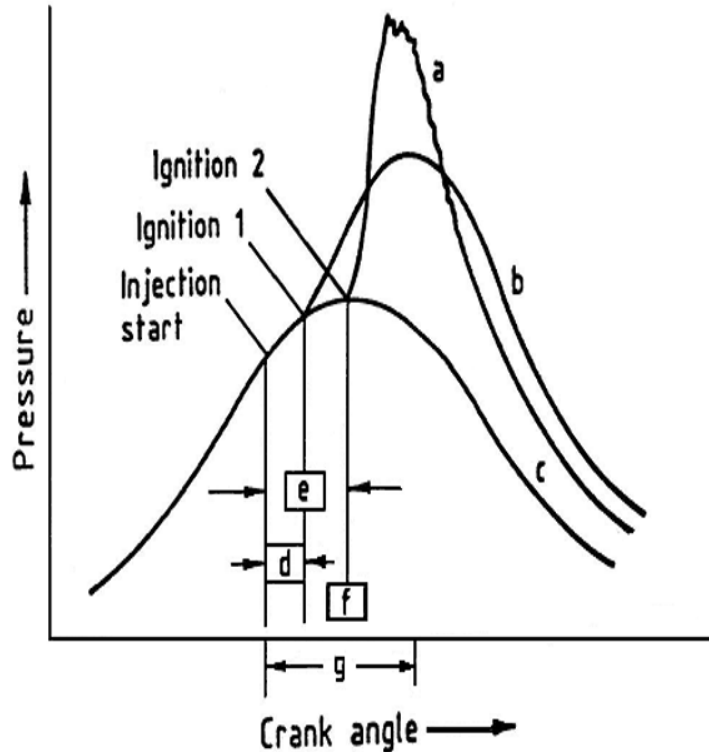
Oka a gázolaj kis öngyulladó képessége.

A nagy gyújtási késedelem miatt sok üzemanyag halmozódik fel a befecskendezéskor, ami hirtelen kezd égni.

Eredmény:

- rosszabb hidegindítás,
- nagyobb zaj,
- nagyobb légszennyezés, „fehér füst”

égés a dízel motorban



- a) kopogásos égés,
- b) normál égés,
- c) nyomás öngyulladás nélkül
- d) megfelelő gyulladási késedelem,
- e) túl nagy gyulladási késedelem,
- f) felső holtpont,
- g) befecskendezés

Mérése: az oktánszám analógiájára a cetánszám mérésével.

Etalonok: n-cetán (C₁₆H₃₄) (100-as pont)
α-metil-naftalin (0 pont)
vagy helyette 2,2,4,4,6,8,8-heptametil-nonán (15-ös cetánszám)

A gyulladási hajlam és a kompressziótűrés ellentétes tulajdonságok.

A cetán-index könnyebben meghatározható.

Sok üzemanyag kiértékelésével megszerkesztett tapasztalati képlet:

$$CI = 454,74 - 1641,416 \rho + 774,74 \rho^2 - 0,554 T_{50} + 97,803(\log T_{50})^2$$

ρ : sűrűség 15 °C-on

T_{50} : a forrpontgörbe 50%-os pontjához tartozó hőmérséklet

Emiatt a cetánszámot ritkábban mérik vizsgálómotorban, mint az oktánszámot.

Szivattyúzhatóság

Befolyásolja:

A **viszkozitás** (a folyadékok belső súrlódása) és az ún. **hidegtulajdonságok**, (a hűlés hatására bekövetkező szilárdulás)

Az üzemanyag szilárdulása azért fontos, mert a gázolajat alkotó nagyobb molekulájú szénhidrogének télen kikristályosodva eltömhetik az üzemanyagszűrőt, s ezzel a motor működése leáll.

Az üzemanyag hűtésekor a szilárdulás jellemző pontjai:

zavarosodási pont: ahol az első szilárd alkotó megjelenik

dermedéspont: ahol a nehézségi erő hatására már nem folyik

folyáspont: dermedéspont +3 °C

Tapasztalat szerint az üzemanyagszűrő eltömődésének modellezésére:

hidegszűrhetőségi határhőmérséklet (CFPP: Cold Filter Plugging Point) vizsgálat:
20 ml üzemanyag 45 µm finomságú szűrőn legfeljebb 60 s alatt felszívható.

Porlaszthatóság

Befolyásolja

az **illékonyság**. (A forráspont tartomány 150-360 °C között).

a **koxszképzési hajlam**. (mérése Conradson szám vizsgálattal)

Összetétel

kéntartalom max. 10 mg/kg lehet.

vízartalom (legfeljebb nyomokban)

oxidhamu (szilárd égéstermék korlátozása, max.0,01 %)

policiklusos aromás szénhidrogének mennyisége (max. 11 %)

Egyéb jellemzők

Korróziós hatás rézlemezpróba

Oxidációs stabilitás

Állás során nem alakulhat ki benne káros reakciótermék.

Mérése: megszabott hőmérsékleten és ideig oxigént buborékolatnak át a mintán, mérik az olajoldhatatlan öregítési termékek mennyiségét.

Habképzési hajlam

Lehetőleg kicsi legyen, mert a tankolás nehezzé válhat.

Sűrűség és energiatartalom

Nagy sűrűség nagyobb volumetrikus energiatartalom, de nagyobb légszennyezés

Kenőképesség

A befecskendező szivattyú védelme érdekében (HFRR High Frequency Reciprocating Rig vizsgálat) ld. jegyzet.

Dízelolajok minőségi követelményei MSZ EN 590

MSZ EN 590

Jellemző	Mérték-egység	Vizsgálati módszer	Követelmény		
			Dízel-gázolaj nyári	Dízel-gázolaj téli	Dízel-gázolaj extra téli előírás
Cetánszám		MSZ EN ISO 5165	≥ 51.0	≥ 51.0	≥ 51.0
Cetánindex		MSZ EN ISO 4264	≥ 46.0	≥ 46.0	≥ 46.0
Zavarosodási pont	°C	MSZ EN 23015			≤ -20
CFPP	°C	MSZ EN 116	≤ 5	≤ -20	≤ -40
Policiklikus aromás tart.	%(m/m)	MSZ EN 12916	< 8.0	< 8.0	< 8.0
Kéntartalom	mg/kg	MSZ EN ISO 20846	≤ 10	≤ 10	≤ 10
Pensky-Martens lobbanáspont	°C	MSZ EN 2719	> 55	> 55	> 55
Kokszosodási maradék (10 %-os maradékból)	%(m/m)	EN ISO 10370	≤ 0.30	≤ 0.30	≤ 0.30
Oxidhamu tartalom	%(m/m)	MSZ EN ISO 6245	≤ 0.01	≤ 0.01	≤ 0.01
Víztartalom (ppm)	mg/kg	MSZ EN ISO 12937	≤ 200	≤ 200	≤ 200
Mechanikai szennyeződés	mg/kg	MSZ EN 12662	≤ 24	≤ 24	≤ 24
Korróziós fokozat, 30, 50°C		MSZ EN ISO 2160	1. osztály	1. osztály	1. osztály
Oxidációs stabilitás	g/m ³	MSZ EN ISO 12205	≤ 25	≤ 25	≤ 25
	óra	EN 15751	≥ 20	≥ 20	≥ 20
HFRR	um	MSZ EN ISO 12156-1	≤ 460	≤ 460	≤ 460
Kinematikai viszkozitás 40 °C-on	mm ² /s	MSZ EN ISO 3104	2.00 -	2.00 -	2.00 -
			4.50	4.50	4.50
250 °C-ig átdesztillált mennyiség	%(V/V)	MSZ EN ISO 3405	≤ 65	≤ 65	≤ 65
350 °C-ig átdesztillált mennyiség	%(V/V)	MSZ EN ISO 3405	≥ 85	≥ 85	≥ 85
95 tf% átdesztillál	°C	MSZ EN ISO 3405	≤ 360	≤ 360	≤ 360
Zsírsvav-metil-észter (FAME) tartalom	%(V/V)	MSZ EN 14078	0,5 – 7,0	0,5 – 7,0	< 0,5

A biodízel tartalmú gázolaj esetében fokozottan kell ügyelni a tartályok vízmentességére, az esetlegesen bekövetkező biológiai szennyeződés elkerülése érdekében.

Speciális petróleum

Hideg tulajdonságok

Illékonyság

Összetétel

Hőstabilitás, oxidációs stabilitás

Hideg tulajdonságok

A repülőgépeknél a külső hőmérséklet -50 °C is lehet, mérése ld. gázolaj.

zavarosodási pont mínusz $40-47\text{ °C}$ legfeljebb

viszkozitás 20 °C -on min $1,25\text{ mm}^2/\text{s}$
– 20 °C -on vagy -40 °C -on max $8\text{ mm}^2/\text{s}$

vízmentesség

Illékonyság

A **forráspont** $150-300\text{ °C}$ között lehet.

Hasonlítsuk össze a három motorhajtóanyag forráspont tartományát!

Összetétel

aromás szénhidrogének mennyisége

a kormozó láng miatt max.18,5 vagy 25 %

A koromszemcsék erősen koptatják a turbina lapátokat.

olefin tartalom 0-5%

kéntartalom: teljes: max. 0,3 %

–SH kötésben lévő (agresszív): max.0,003%

Hőstabilitás, oxidációs stabilitás

ld. gázolaj

Gázturbinás légi jármű üzemanyag JET-A1 MSZ 10870

Jellemző	Mértékegység	Vizsgálati módszer	Követelmény
Külső megjelenés	-	QC_IHM_003	UD C+B
Teljes savasság	mgKOH/g	MSZ ISO 6618	≤ 0,0150
Saybolt szín	-	MSZ-09-60.0138	megadandó
Olefintartalom	%(V/V)	MSZ EN 15553	≤ 5,0
Aromástartalom	%(V/V)	MSZ EN 15553	≤ 25,0
Merkaptánként tartalom	%(m/m)	MSZ 15973	≤ 0,0030
Kéntartalom	%(m/m)	MSZ EN ISO 20846	≤ 0,30
Desztillációs jellemzők		MSZ EN ISO 3405	
10 tf% átdesztillál	°C		≤ 205,0
50 tf% átdesztillál	°C		megadandó
90 tf% átdesztillál	°C		megadandó
Végforrtpont	°C		≤ 300,0
Lepárlási maradék	%(V/V)		≤ 1,5
Veszteség	%(V/V)		≤ 1,5
Lobbanáspont TAG	°C	MSZ 10879	≥ 40
Sűrűség 15 °C-on	g/cm ³	MSZ EN ISO 12185	0,7750-0,8400
Kristályosodási pont	°C	MSZ 2407	≤ -47
Kinematikai viszkozitás -20 °C-on	mm ² /s	MSZ EN ISO 3104	≤ 8,00
Fűtőérték	MJ/kg	MSZ 19954	≥ 42,800
Füstölési pont	mm	MSZ 970	≥ 19
Naftalintartalom	%(V/V)	MSZ 2046	≤ 3,00
Korróziós fokozat, 26 100°C	-	MSZ EN ISO 2160	1. osztály
Termikus stabilitás		MSZ 10892	
Nyomáscsökkenés	kPa		≤ 3
Lerakódás a fűtőcsövön			≤ 3
Elpárolgatási maradék	mg/100cm ³	MSZ EN ISO 6246	≤ 7,00
Elektromos vezetőképesség 20 °C-on	pS/m	MSZ ISO 6297	50 - 600
Adalékanyag			
AO-80	mg/l		≤ 24
Stadis 450	mg/l		≤ 3,0

A mindenkor érvényes vizsgálati szabványok az irányadóak.

A motorhajtóanyagok előállítása

Ma leginkább kőolajból nyerhető szénhidrogén elegyek
Az egyes szénhidrogén típusok főbb tulajdonságai:

	gyull. hajlam	Kompr. túrés		derm. pont	egys. térf. fűtőértéke	sűrűség	füstölés
		RON	érzékeny- ség				
n-paraffinok	nagyon jó	nagyon rossz	nagyon kicsi	rossz	kicsi	kicsi	enyhe
izo-paraffinok	rossz	jó	nagyon kicsi	jó	kicsi	kicsi	enyhe
olefinek	rossz	jó	nagyon nagy	jó	kicsi	kicsi	enyhe - közepes
naftének	közepes	közepes	kicsi	jó	közepes	közepes	közepes
aromások	nagyon rossz	nagyon jó	nagy	közepes	nagy	nagy	erős

Egymásnak ellentmondó igények → optimalizálni kell

A kőolaj bányászata:

fúrótornyokkal,

elsődleges kitermelés a kőolaj saját nyomása segítségével,
másodlagos, harmadlagos kitermelés segédközegek bepréselésével

Előkészítése:

sómentesítés,

vízmentesítés,

kis szénatomszámú szénhidrogének (gazolin) elválasztása

Műveletek a felhasználás előtt:

(közvetlenül nem használható fel, a kőolaj nagyon bonyolult összetétele miatt)

elválasztás (frakciókra bontás):

az alkotóit homogénebb összetételű részekre választják szét,

kémiai átalakítások

Az elválasztás:

legegyszerűbb és leggazdaságosabb módja a **desztilláció**.

A desztilláció:

a komponensek **FORRÁSPONTJÁNAK** különbözőségén alapuló elválasztás.

Elve: a folyadék-elegy gőzterében feldúsulnak az illékonyabb, kisebb forráspontú komponensek, a folyadékban visszamaradnak a kevésbé illékony, nagyobb forráspontúak.

A gőz elvezetésével és kondenzáltatásával az eredetihez képest megváltozott összetételű frakciók nyerhetők.

Megvalósítás:

szakaszosan, a folyadék hőmérséklete időben változik
folyamatosan, a folyadék hőmérséklete térben egy desztillációs oszlop
(kolonna) mentén változik

Termékek:

fehérárúk: benzin
 petróleum
 gázolaj
maradvány: pakura

Vákuum desztilláció:

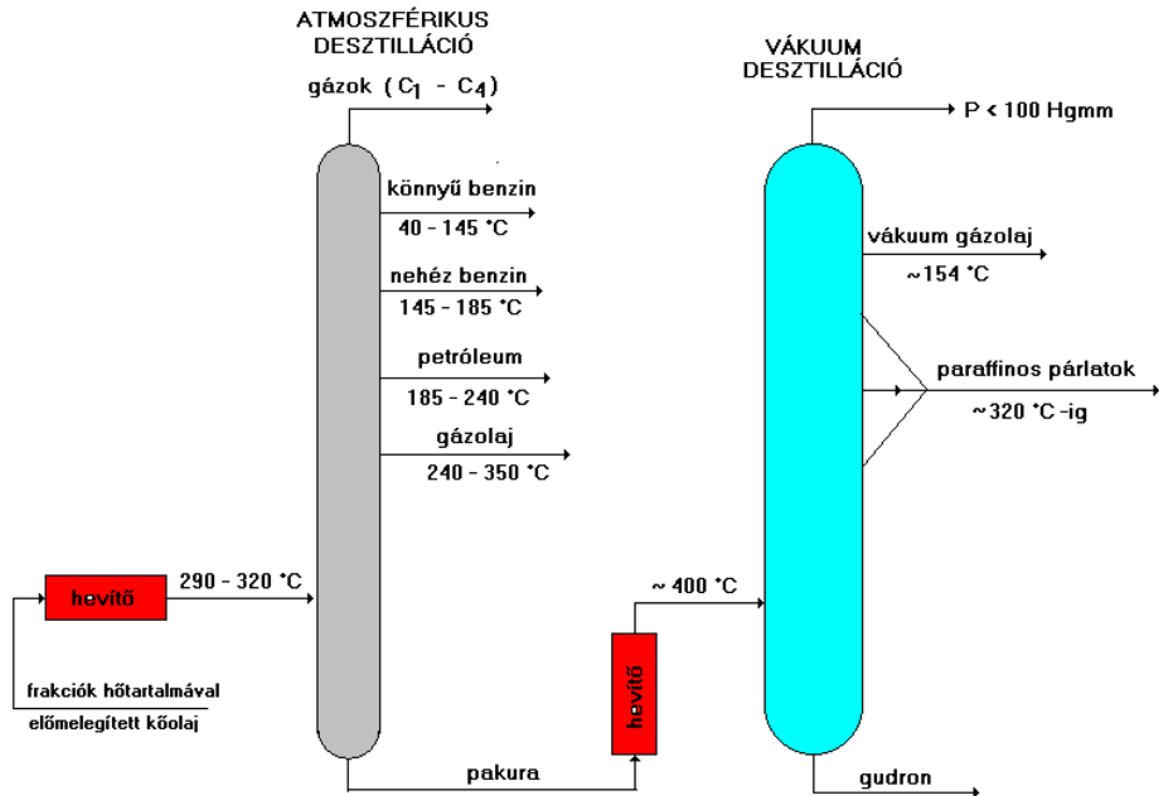
A pakura szétválasztása vákuumban végrehajtott desztillációval

Termékek:

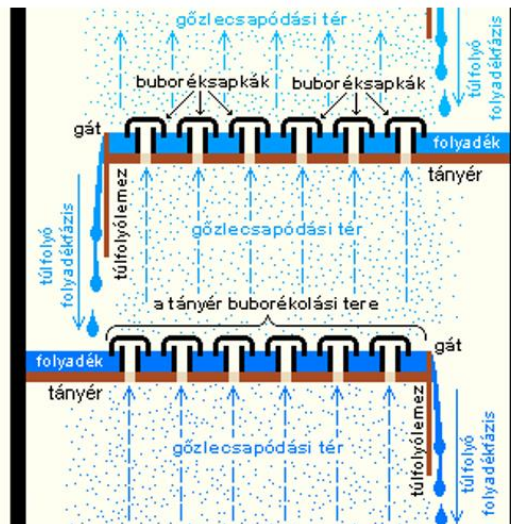
párlatok: vákuumgázolaj,
 paraffinos kenőolajpárlatok,

maradvány: gudron

A kőolaj desztilláció egyszerűsített folyamatábrája



A desztilláló torony és a buboréksapkák tányér



További műveletek:

konverziós (átalakító) eljárások:

a szénhidrogén összetétel megváltoztatása

hozam (feldolgozottság) növelő eljárások:

nagyobb szénatom számú szénhidrogének tördelése, krakkolás

petrolkémiai termékek előállítása

A motorbenzinek előállítása

Keverőkomponensek:

straight run benzin

reformátum

krakkbenzin

izomerizátum

alkilátum

polimerbenzin

pirolízisbenzin

oxigenátok

straight run benzin

az atmoszférikus desztilláció terméke

kísérleti oktánszáma alacsony

csak kis mennyiség lehet (kéntartalom, oktánszám)

reformátum

A reformálás célja:

jó oktánszámú motorbenzinek gyártása, vagy
aromás vegyületek előállítása

Alapanyaga 70-190 °C-os forráspontú, előzetesen kéntelenített benzinpárlat.

Megvalósítás:

katalizátor ($\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$ hordozón Pt/Re nemesfém)

kb. 500 °C

5-10 bar H_2 nyomás

Főbb reakciók:

naftének dehidrogéneződése aromás vegyületekké

n-paraffinok izomerizálódása

paraffinokból aromás vegyületek képződése (dehidrociklizáció)

paraffinok tördelődése és hidrogéneződése (hidrokrakkolódása)

ld. az oktánszám.doc ábrán a nyilak.

Termék:

70-90 %-nyi reformátum (60-70 % aromás tartalom, sok izo-paraffin,
RON kb. 100),

C₁-C₄ gázok,

H₂

Mellékreakció:

Krakkolódás, eredményeként kokszt rakódik a katalizátorra, aktivitását csökkentve.

A Le Chatelier - Braun-féle legkisebb kényszer elvének ellentmondva a reakcióterben hidrogén nyomást biztosítanak. A hidrogén visszaszorítja a kokszképződést a krakkreakciókban képződő telítetlen vegyületek telítésével.

Korábban: nagyobb hidrogén-nyomás, szakaszos termelés

Ma Százhalombattán: folyamatos a termelés, egy reaktorban reformálás, egy másikban a katalizátor-regenerálás.

A termelődő hidrogén az egyes termékek katalitikus kénmentesítésére használható fel.

krakkbenzin (krakkolás=hőbontás)

Célja:

nagyobb szénatom számú szénhidrogének bontása kisebb szénatom számú, értékesebb szénhidrogénekké, főként motorhajtóanyag gyártás érdekében.

Megvalósítás:

- pakura termikus krakkolása 450-600 °C-on, 1-70 bar nyomáson.
(Ma már csak olefinek gyártására használják)
- vákuumpárlatokból (Al-szilikát) katalizátor segítségével kb. 500 °C hőmérsékleten.
Termékek: 55-60 %-nyi, kb. 92-es oktánszámú krakkbenzin nagy olefin tartalmú 3-4 szénatomos gáz (alkilezéshez) krakkgázolaj (visszavezetik a folyamatba), maradványolaj (fűtőolaj, vagy kokszyártás) Százhalombattán 1984 óta FCC üzem.

- hidrokrakk eljárás, (70-210 bar) hidrogén nyomás, 300-400 °C.

Az aromás vegyületek, a naftének hidrogéneződnek, a H/C arány nő, nagyobb a fehéráru hozam, de a benzin oktánszáma kevésbé jó, reformálni kell.

Nagy olefintartalom, szükség lehet telítő hidrogénezésükre (ld. indukciós periódus).

izomerizátum - izomerizálás

A straight run benzinből nyerhető normális láncú C₄-C₆ szénhidrogénekből

300-500 °C hőmérsékleten, Pt/Pd katalizátoron, H₂ nyomás mellett izoparaffinok

értékes keverőkomponens, jó RON

n-bután izomerizálás

i-bután,

a gőznyomást növeli

de növekvő párolgás, tűzveszély, légszennyezés.

pentán-hexán izomerizálás

i-pentán, i-hexán

alkilátum - alkilezés

izo-bután és C_3 - C_5 olefinekből C_7 - C_9 izoparaffinok

erősen savas (hidrogén-fluorid) közegben

A legjobb, de a legdrágább keverőkomponens (izo-paraffinok)

polimer benzin

a hőbontással nyert kis szénatom számú, telítetlen szénhidrogének (pl. propilén, butének) oligomerizációja,

foszforsav katalizátor szilárd hordozón 150-200 °C, 35-70 bar
di-tri- és tetramerekből áll

RON 95-96

főként elágazó láncú olefinek,
nagy szenzibilitás

pirolizisbenzin

szénhidrogének gőzpirolízisekor (700-900 °C, rövid idő)

termékek:

etilén, propilén

pirolizisbenzin (ennek szelektív hidrogénezése után nagy aromás és olefin tartalmú keverőkomponens, RON \geq 100)

oxigenátok

oxigén-tartalmú vegyületek

(alkoholok, éterek, pl. metanol, tercier-butanol, MTBE, ETBE)

értékes oktánszám javító keverőkomponensek,

előállításuk a finomítóban történhet, C₄ - C₅ olefinek vagy krakkbenzin és az alkohol reakciójával (savas ioncserélő gyanta katalizátoron)

A motorbenzineket a kőolaj finomító különböző termékeinek **KEVERÉSÉVEL** állítják elő. A keverés közben több tulajdonság folyamatos mérésével és a végső összetételt számítógépes irányítással optimalizálják.

A dízelolaj előállítása

A cetánszám szempontjából az atmoszférikus desztillátum általában megfelelő.

Komponensek:

kéntelenített gázolaj

katalitikus hidrogénezéssel

krakk eljárások:

késleltetett koksizálás (480-520 °C, 2-8 bar, szén kivonás)

hidrokrakk gázolaj

vákuum gázolaj

dermedéspont csökkentés (különösen a téli gázolajnál)

adalékokkal, sok apró kristály

a molekulák kismértékű tördelésével (szelektív hidrokrakkolás)

aromások csökkentése (city) gázolajok

telítő hidrogénezéssel

A speciális petróleum előállítása

Az atmoszférikus desztillátumból

kéntelenítéssel,

újra desztillálással,

adalékolással

Motorhajtóanyag adalékok

max. 0,1%, szintetikus vegyületek

mindegyikben lehetnek:

detergens-diszpergens (üzemanyag ellátó, keverékképző rendszer tisztántartása)

korróziós inhibitorok, (üzemanyag rendszer korrózióvédelme)

antioxidánsok (az oxidációs reakciókban keletkező lerakódások ellen),

fém dezaktivátorok (oxidációs katalizátorként ható fémfelületek)

sztatikus feltöltődés gátlók (elektromos vezetést javító)

színezékek

Motorbenzinben:

oktánszámjavítók (kopogásgátlók),
jegesedésgátlók (porlasztó)
ólom helyettesítők (kopogásgátlók a szelepüléknél)

Gázolajban:

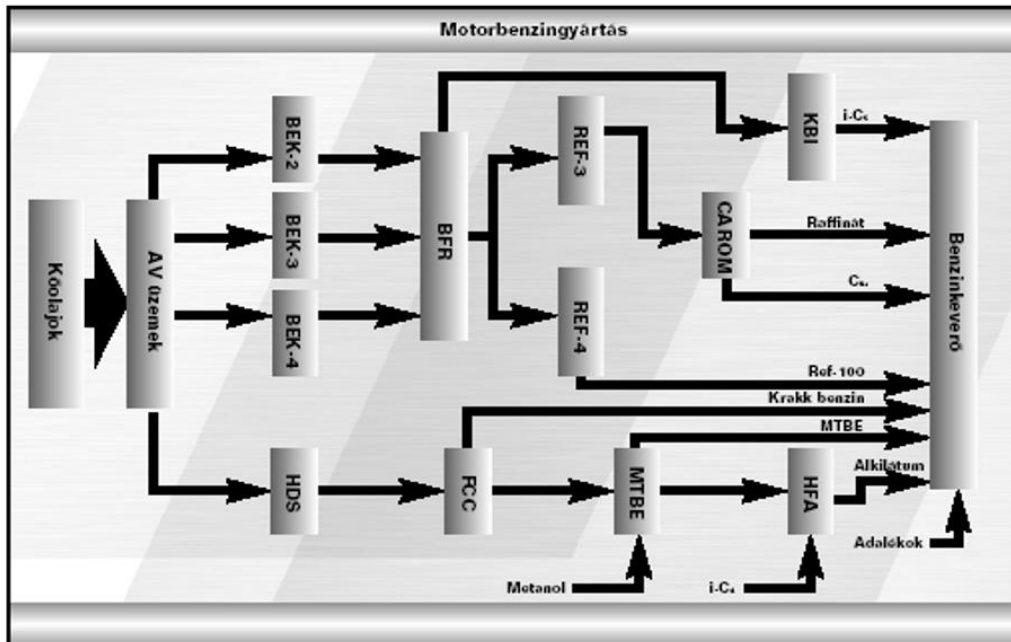
- hidegszűrhetőségi határhőmérsékletet (CFPP) javító (téli időszakban);
- paraffin diszpergátor: megakadályozza a kikristályosodó paraffinok kiülepedését (téli időszakban);
- vezetőképesség-javító: megakadályozza az üzemanyag statikus feltöltődését, ezáltal biztonságosabbá téve a tankolást;
- cetánszám növelő: a szabványban előírt minimum értéknél lényegesen magasabb cetánszámot biztosít, ezáltal javítva az égési tulajdonságokat;
- korrózió gátló adalék: megakadályozza az üzemanyag-ellátó rendszerben a korróziós problémák kialakulását;
- detergens-diszpergens adalék: tisztán tartja az égésteret és eltávolítja a lerakódásokat, ezáltal növekszik a motor teljesítménye, csökken a

fogyasztás és a károsanyag-kibocsátás, összességében pedig növekszik a motor élettartama;

- demulgeátor a vizesedés elkerülésére.

cetánszám javítók (gyulladás hajlam)
égésjavítók (füstcsökkentők)
dermedéspont csökkentők,
habzástlók.

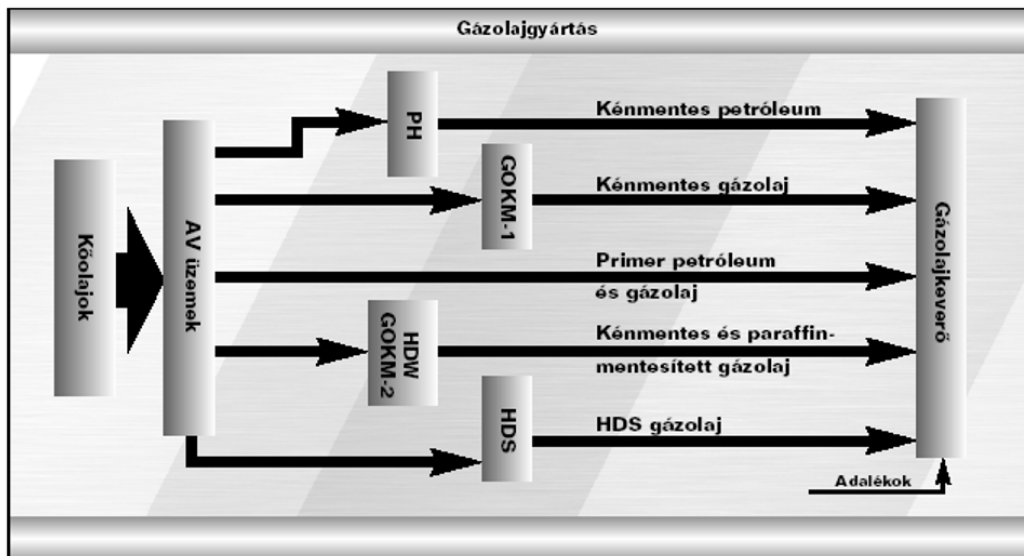
A motorbenzin-gyártás egyszerűsített folyamatábrája



Rövidítések:

Technológiai egységek: AV üzemek: atmoszférikus és vákuumdesztillációs üzemek, BEK-2, BEK-3, BEK-4: benzín-kénmentesítő, HDS: FCC alapanyag-kénmentesítő, BFR: benzínfrakcionáló, FCC: Fluid Katalitikus Krakk üzem, REF-3, REF-4: benzínreformáló, KBI: könnyűbenzín-izomerizáló, HFA: hidrogén-fluoridos alkiláló, CAROM: aromás extrakciós eljárás

A gázolaj (dízel olaj) gyártás egyszerűsített folyamatábrája



Rövidítések:

Technológiai egységek:

AV üzemek: atmoszférikus és vákuumdesztillációs üzemek

PH: petróleumhidrogénező

HDW: katalitikus paraffinmentesítés

GOKM-2: gázolaj-kénmentesítő

HDS: FCC alapanyag-kénmentesítő, enyhe hidrokrakk

A motorhajtóanyagok felhasználása, elégetésük környezeti hatása

Otto motor

A kipufogógáz összetételét befolyásoló tényezők:

- a nyomás,
- a hőmérséklet,
- a koncentráció és
- a tartózkodási idő

Mindezekre hatással vannak

- a motor konstrukciója (pl. a kompresszió viszony)
- az üzemi paraméterek, (pl. a fordulatszám,
az előgyújtás szöge),
- a motorbenzin kémiai összetétele,
- a beszívott levegő jellemzői.

A kipufogógázokkal közvetlenül és közvetetten is kerülnek ártalmas anyagok a levegőbe.

Közvetlen légszennyezők:

A tökéletlen égés miatt:

CO (szén-monoxid) néhány tized % - néhány %

HC (szén-hidrogének) néhány száz ppm (néhány század %)

(Az égés a nagy fordulatszám miatti kis reakcióidő és a nem tökéletes keveredés miatt mindig tökéletlen.)

A nagy motortér hőmérséklet miatt:

NO (nitrogén-monoxid) néhány ezer ppm (néhány tized %)

NO₂ (nitrogén-dioxid) néhány tíz – száz ppm (néhány ezred %)

az NO és az NO₂ együttesen **NO_x**

A motorbenzin S tartalma miatt:

SO₂ (kén-dioxid) a kén-tartalomtól függő mennyiség

Közvetett szennyezők:

fotokémiai szmog

Másodlagos reakciók eredményeként keletkezik.

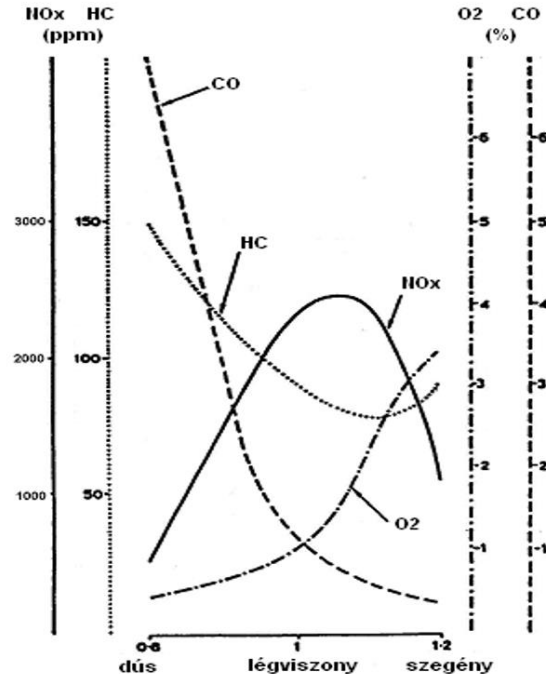
A szénhidrogének és az NO_x ultraibolya sugárzás hatására **peroxid** kötésű szerves vegyületeket, és ózont képeznek.

A káros komponensek emberre és környezetre gyakorolt hatását ld. tüzeléstechnika.

A kipufogógáz komponensek mennyisége:

döntően a motorba belépő gázelegy összetételétől, azaz a **légviszonytól** függ.

A kipufogógáz átlagos összetétele λ függvényében



(Figyeljük meg a nagyságrendeket!) Nincs olyan légviszony, ahol valamennyi szennyező koncentrációja alacsony

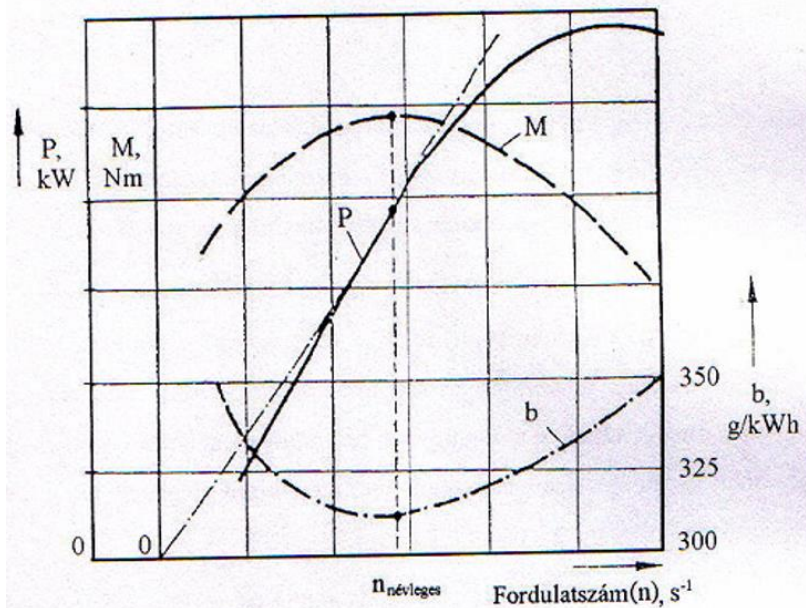
A hőmérséklet változtatása:

növelés → tökéletlen égés visszaszorul, de NO_x növekedés,
csökkentés → ellentétes hatás,

A **tartózkodási idő** növelése? Nem lehetséges a teljesítmény csökkenése nélkül.



A négyütemű Otto-motor jelleggörbéi:



Következtetés:

A MOTORBAN EGYIDEJŰLEG VALAMENNYI KÁROS KIBOCSÁTÁS JELENTŐSEN NEM CSÖKKENTHETŐ, ha a jó hatásfokú és teljesítményű energiatermelést fenn akarjuk tartani.

OKA: az egyes szennyezők csökkentése egymással ellentétes irányú változtatásokat igényelne.

A megoldás:

A termodinamikailag végbemehető, de a motorban kinetikailag gátolt folyamatok lejátszódását katalizátorral segíthetjük egy (második, csőtípusú) kémiai reaktorban, amelyre rávezetjük a motorból távozó gázt.

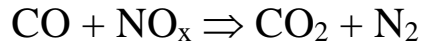
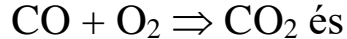
Az ártalmatlanítás módja:

a HC-k és CO oxidációjával CO₂-dá és vízzé,
az NO_x (vissza)redukálásával N₂-né.

Katalizátorok:

platina (**Pt**) és palládium (**Pd**) az oxidációs folyamatokra
ródiium (**Rh**) a redukcióra

A lejátszódó sokféle reakció közül a meghatározóak:



(A CO helyett szénhidrogénekkel hasonló, csak víz is keletkezik.)

A katalizátor átalakítási hatásfokát az egyes komponensekre vonatkozó **konverzió** jellemzi.

konverzió = a komponens fogyása a katalizátoron / eredeti koncentráció

A konverziót befolyásoló tényezők:

légviszony,

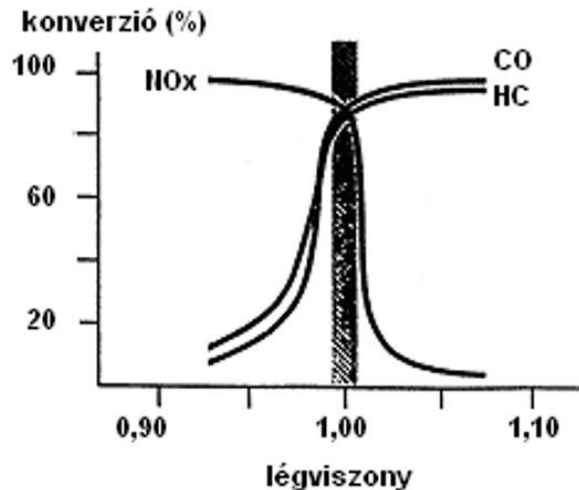
hőmérséklet,

a katalizátor felülete (a heterogén katalízis miatt).

A légviszony hatása

Meghatározza a kipufogógázban jelenlevő oxidálószerke (O_2 és NO_x) valamint redukálószerke (CO és HC) arányát.

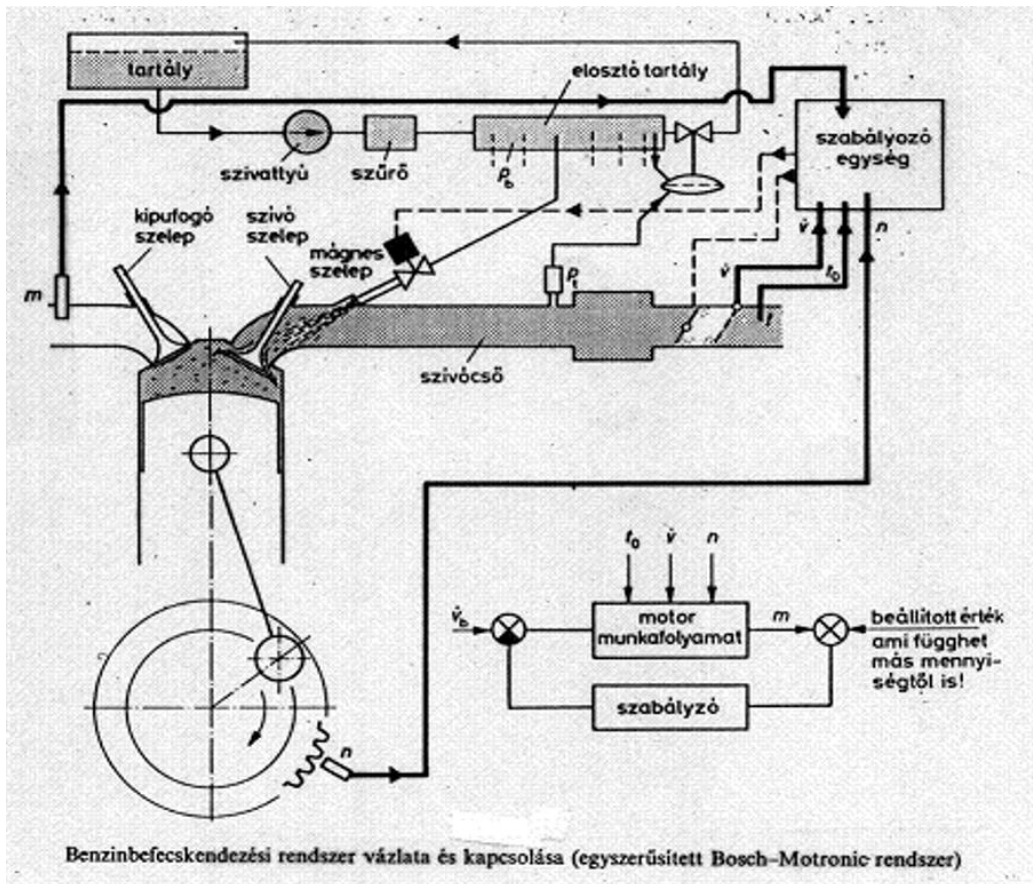
A konverzió-légviszony összefüggés



Az oxidációs reakcióknak a levegőfelesleg, a redukciónak a léghiány kedvez. A légviszonyt optimalizálni kell, minél pontosabban egy $\lambda \sim 1$ környéki szűk sávban, „ablakban” tartani.

A korszerű gépkocsikban ezt egy ún. lambda-szonda és benzin befecskendező rendszer segítségével oldják meg ez a **szabályozott hármashatású katalizátoros** gépkocsi.

A sokféle megoldásból egy példa:



A hőmérséklet hatása

300-800 °C hőmérséklettartomány szükséges
alacsony hőmérsékleten az átalakítás kis mértékű,
túl nagy hőmérsékleten károsodhat a katalizátor finom szerkezete

A katalízis igényelte nagyobb kipufogógáz hőmérséklet egyúttal nagyobb füstgáz veszteséget is jelent, emiatt a kipufogógáz hőmérsékletet is optimalizálni kell.

A felület hatása

nagy (15.000 - 20.000 m²) felület szükséges
(szilárd felületen végbemenő gázfázisú reakciók)

A felület kialakítása is optimalizálás eredménye:

kis mennyiségű nemesfém

kis térfogatban

kis áramlási ellenállást okozva

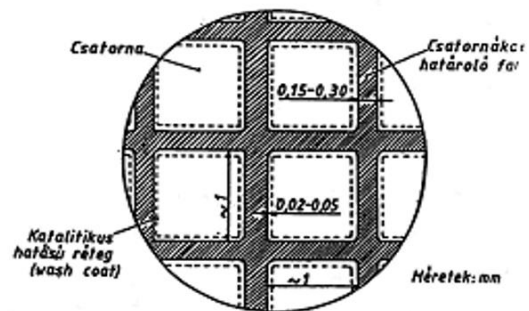
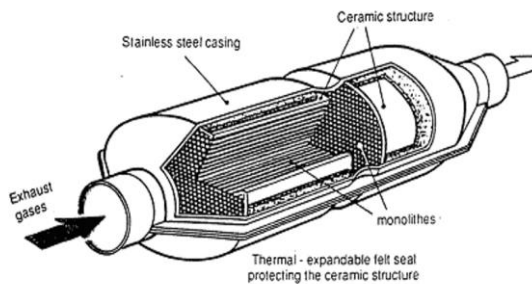
A felület károsodása:

ólmozott benzin

egyéb katalizátormérgek (kenőolaj adalékok)

túlhevülés

A katalizátor szerkezete

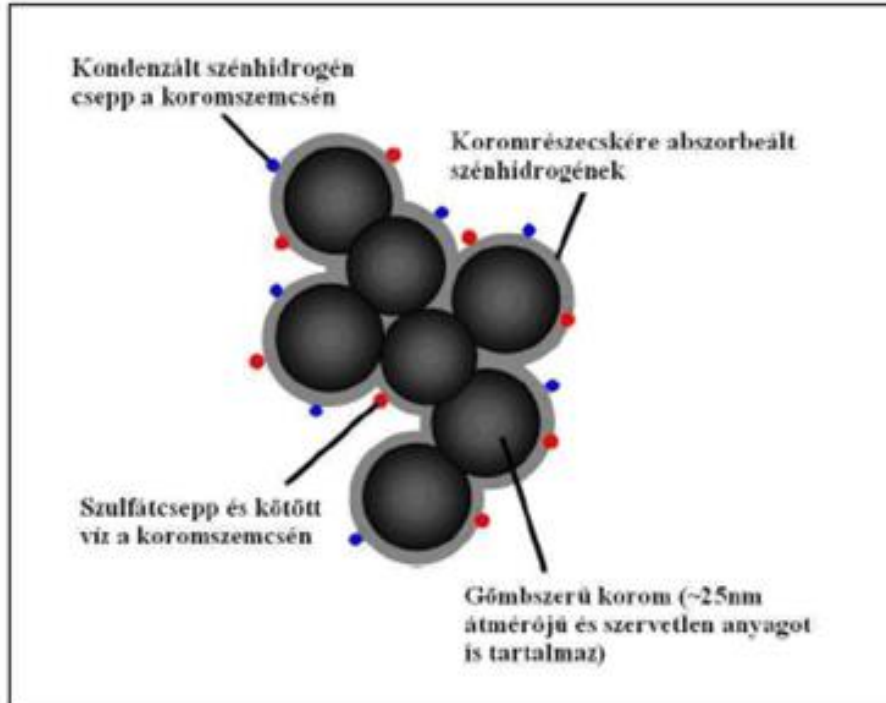


A dízel motor légszennyezése

a CO, és a HC kb. a katalizátoros Otto motorral megegyező
az NO_x kb. egyenlő az Otto motoréval

a szilárd részecske („**particulate matter - PM**” korom, kenőolaj származék,
szulfát, fémkopadék) kibocsátás sokkal nagyobb

A szilárd részecskék felépítése



A motorban mindig légfeszleg (maradék O_2) van, a hármás hatású katalizátor az NO_x ártalmatlanítására nem jó.

Megoldás:

dízel részecskeszűrés „Diesel Particulate Filter - DPF” – eljárás

az NO_x szelektív katalitikus redukciója „Selective Catalytic Reduction – SCR”
(redukáló szert kell a kipufogócsőbe juttatni).

A részecskeszűrés

a lerakódás miatt megnövekszik az áramlási ellenállás,
csökken a teljesítmény
megnö a fogyasztás.

A szűrő regenerálása és tisztítása nehéz.

regenerálás: leégetés

tisztítás: a nem éghető lemosása (ellenáramú levegő, vagy mosó folyadék)

Regenerálási eljárások (kb. 500-1000 km-enként):

passzív: nem igényel külső energiaforrást

aktív: külső beavatkozás hatására korom leégetés.

A leégetés 600°C fölötti hőmérsékleten megy végbe.

a részecske széntartalma a kipufogógáz oxigénjével szén-dioxiddá alakul.

Ezt a hőmérsékletet csak a motor névleges teljesítményének közelében lehet elérni, normál üzemeltetési feltételek mellett nem, vagy csak ritkán.

Megoldás:

a kipufogógáz hőmérsékletének emelése, vagy
a koromrészecske gyulladási hőmérsékletét kell lecsökkenteni.

Aktív DPF regenerálási eljárások:

a szűrő elé tüzelőanyag befecskendezésével és elégetésével
elektromos fűtőszállal

Folyamatos passzív regenerálás:

Continuously Regeneratig Technology – CRT

két kamra

az elsőben platinával borított oxidációs katalizátor,

NO-ból NO₂

CO-ból CO₂

HC-kből CO₂ és H₂O

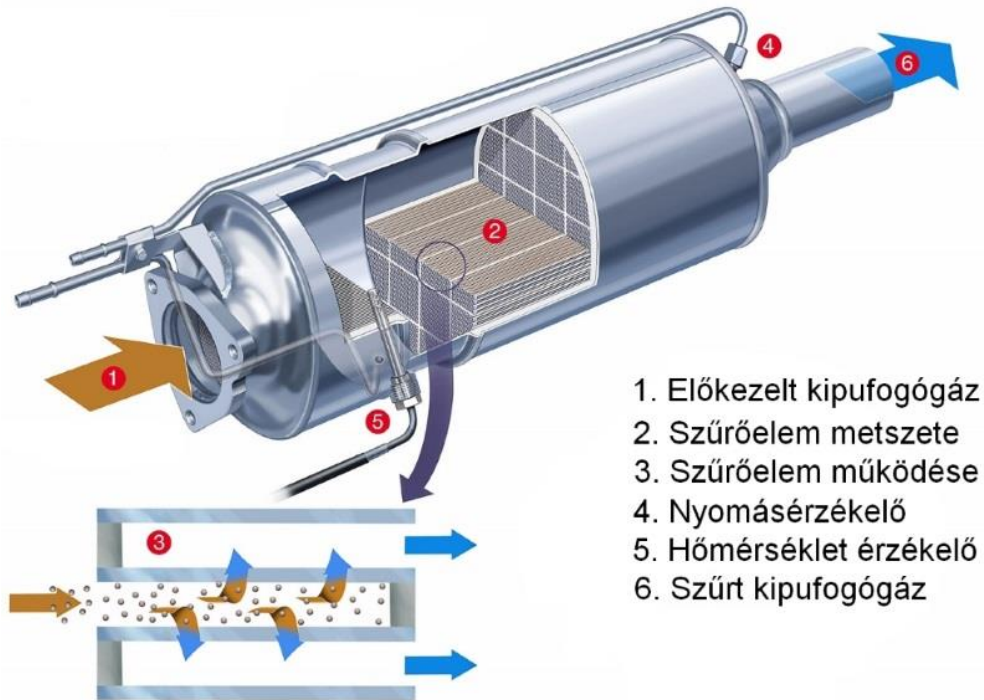
a második a DPF

az NO₂ reagál a korom (C) részecskéekkel, újra NO és CO₂

Catalysed Diesel Particulate Filter- CDPF

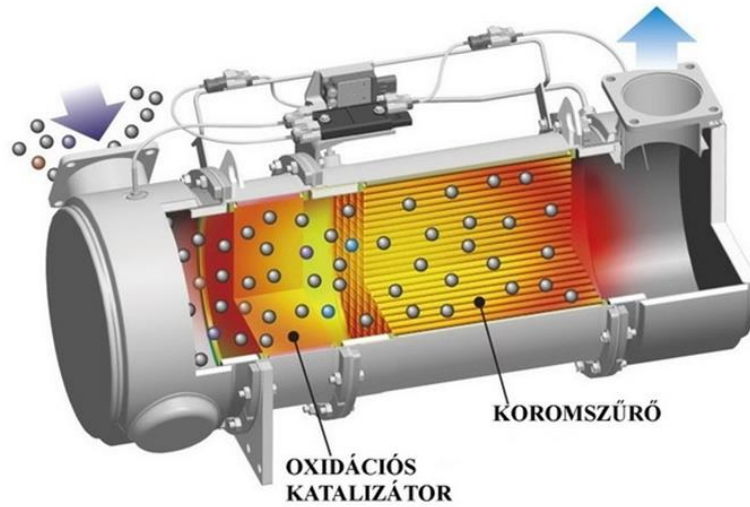
katalitikus bevonatú (pl. Pt) részecskeszűrő
a CO és a HC az oxidációs katalizátorokhoz hasonlóan oxidálódik
a bekövetkező hőmérséklet-növekedés leégethetővé teszi a kormot
gyulladás hőmérséklet-csökkentéshez az üzemanyaghoz kevert adalék
(cérium vagy vasvegyületek)

A DPF hátránya: **jelentős NO_x főként NO**



1. Előkezelt kipufogógáz
2. Szűrőelem metszete
3. Szűrőelem működése
4. Nyomásérzékelő
5. Hőmérséklet érzékelő
6. Szűrt kipufogógáz

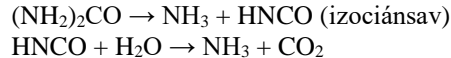
Részecskeszűrő működési vázlat



Oxidációs katalizátor és részecskeszűrő egység

SCR: Az NO_x katalitikus redukciója:

a kipufogócsőbe befecskendezett folyadékból (karbamid oldat) hőbomlási folyamattal ammónia (NH₃) szabadul fel,



A szelektivitás azt jelenti, hogy a redukálóanyag (NH₃) oxidációja nem a kipufogógáz oxigénjével jön létre, hanem a nitrogén-oxidok oxigénjével, aminek végeredménye nitrogén (N₂) és víz (H₂O).

az NO_x - katalizátorban (egyszerűsítve):



SCR katalizátor: hordozó: zeolit (alumínium-szilikát), de lehet fémhordozó is,
katalizátor: réz, vas, mangán.

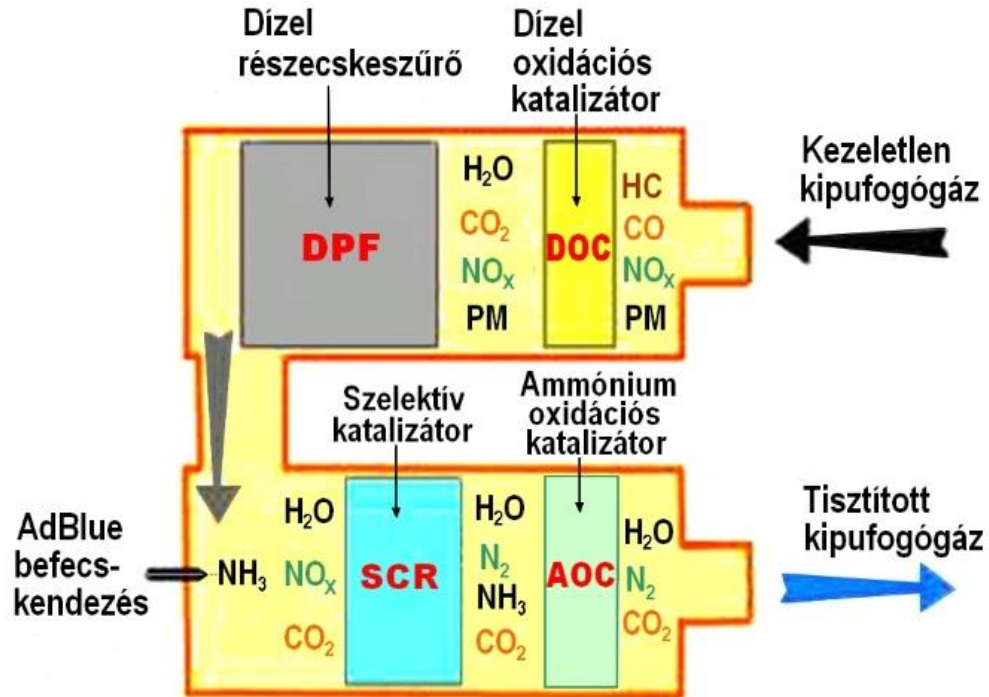
Az SCRT-rendszer:

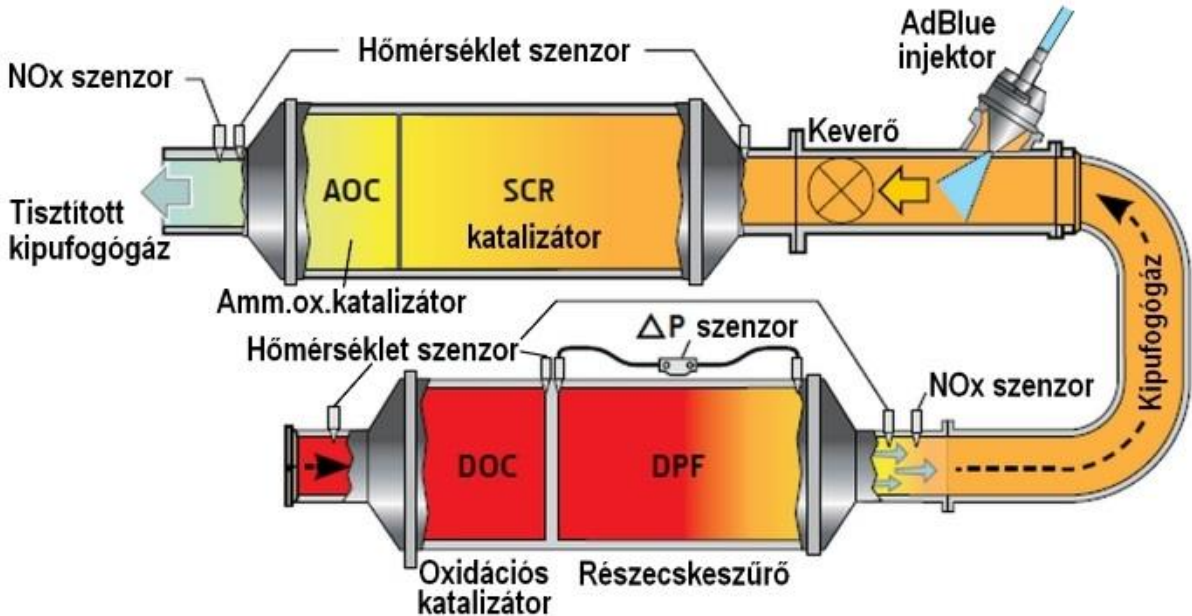
Continous Regenerating Technology + Selective Catalytic Reduction

Az SCR elé adagolást az SCRT rendszer után elhelyezett NO_x vagy/és NH₃ szenzor jelével vezérlik

előny: DPF regenerálás és NO_x mérséklés egyszerre

Az SCRT rendszer





az NO_x égéstéri képződésének mérséklése a kipufogógáz visszavezetést (EGR) valamennyi rendszernél alkalmazzák. Ezzel csökkenthető az AdBlue felhasználása is.

Egyéb kőolajból nyerhető energiahordozók:

A kőolaj feldolgozó üzemben sok helyen keletkeznek olyan termékek, melyek tüzelő vagy fűtőolajként forgalomba hozhatók.

Tüzelőolaj

Forráspont tartománya 160°C-390°C (párlatolaj, általában gázolaj)

Összetétele:

telített HC 73-78%

monociklusos aromás 15-20%

biciklusos aromás 4-5%

triciklusos aromás 0,5-1%

S, N O tartalmú vegyületek

Adalékok:

dermedéspont csökkentők (-10°C),

fém dezaktivátor (a tárolása akár 3 évig is eltarthat)

Fűtőolaj

Maradványolaj, pl. pakura, a tengerjárók, erőművek, nagy ipari kemencék tüzelőanyaga.

A HC-ek moltömege akár 20000 is lehet, csak melegítve szállítható ill. használható fel.

Összetétele:

C~ 0,875

H~ 0,10

S~ 0,018

hamu ~0,1%

O,N tartalmú vegyületek is.

Adalékok ritkán használatosak.

A tüzelő és fűtőolaj eltüzelését ld. a Tüzeléstechnika c. fejezetben.

A földgáz

A kifejezés jelentése: földből nyerhető.

Keletkezése: kőolajtelepek kísérője általában.

Összetétele:

savanyú, ha H_2S (korróziót okoz) és CO_2 tartalmú (ballaszt)

nedves, ha több, nagy forráspontú szénhidrogént tartalmaz (belőle LPG (propán-bután) nyerhető) ill. H_2O tartalmú (amelyből kristályok válnak ki).

Előkészítése:

kb. 400 bar nyomásról expandáltatják 100 bar-ra (kondenzáció), majd tisztítják.

Szállítás:

gázvezetéken vagy
cseppfolyósítva (1/600 térfogat) tankhajóval (forráspont: -162 °C!)

Felhasználása:

tüzelés (főként kisebb fogyasztóknál, háztartásokban)
szintézisgáz gyártására, (ld. korábban)