



# SZÉNHIDROGÉNIPARI TECHNOLÓGIA

**Prof. Dr. Hancsók Jenő, D.Sc.**

[hancsoj@almos.uni-pannon.hu](mailto:hancsoj@almos.uni-pannon.hu)

*Pannon Egyetem*

*MOL Ásványolaj- és Széntechnológiai Intézeti Tanszék*



**BME Vegyészmérnöki és Biomérnöki Kar**

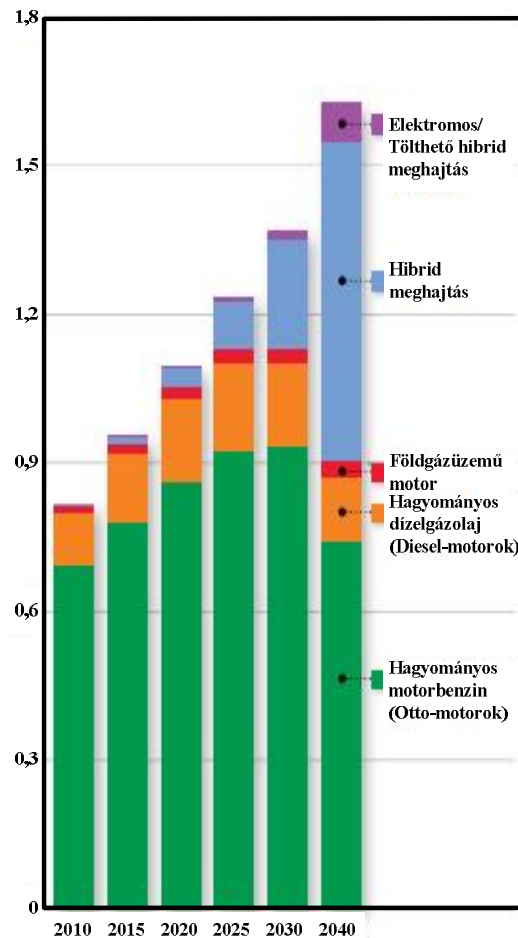
**2019. Október 17.**





# SZEMÉLYGÉPJÁRMŰVEK ELTERJEDÉSÉNEK ALAKULÁSA MEGHAJTÁSI MÓDOK SZERINT, VILÁG

10<sup>9</sup> személygépjármű



Exxon Mobil: "The Outlook for Energy: A View to 2040", 2014



## Motorbenzinekkel szemben támasztott minőségi követelmények (MSZ EN:2012+A1:2017) I.

Jellemzők	Követelmények	Vizsgálati módszer
Kísérleti oktánszám, RON, legalább	<b>95,0 / 98,0</b>	prEN ISO 5164
Motoroktánszám, MON, legalább	<b>85,0 / 88,0</b>	prEN ISO 5163
Ólomtartalom, mg/l, legfeljebb	5	prEN 237
Sűrűség 15°C-on , kg/m <sup>3</sup>	720 - 775	MSZ EN ISO 3675 MSZ EN ISO 12185
Kéntartalom , mg/kg, legfeljebb	150 (2004.12.31-ig)	MSZ EN ISO 20846 MSZ EN ISO 20847
	50,0 (2008.12.31-ig)	MSZ EN ISO 20884
Mangántartalom, mg/l, legfeljebb	10,0 (2009.01.01-től)	MSZ EN ISO 20846 MSZ EN ISO 20884
2013.12.31.-ig	6,0	EN 16135
2014.01.01.-től	2,0	EN 16136
Oxidációs stabilitás, perc, legalább	360	MSZ EN ISO 7536
Gyantatartalom (oldószerrel módosított), mg/100 cm <sup>3</sup> , legfeljebb	5	MSZ EN ISO 6246
Rézlemez-korrózió (3 óra, 50°C), fokozat	1. osztály	MSZ EN ISO 2160
Külső megjelenés	tiszta és átlátszó	szemrevételezés



## Motorbenzinekkel szemben támasztott minőségi követelmények (MSZ EN:2012+A1:2017) II.

Jellemzők	Követelmények	Vizsgálati Módszer
<b>Szénhidrogének csoportösszetétele<sup>c</sup>:</b> - Olefintartalom , % (V/V), legfeljebb - aromásanyag-tartalom, % (V/V), legfeljebb	18,0  42,0 (2004.12.31-ig) 35,0	ASTM D 1319 prEN 14517
<b>Benzoltartalom<sup>c</sup> , % (V/V), legfeljebb</b>	1,00	MSZ EN 12177 MSZ EN 238 prEN 14517
<b>Oxigéntartalom<sup>c</sup>, % (m/m), legfeljebb</b>	2,7 (2011.06.30-ig) 3,7	MSZ EN 1601 MSZ EN 13132
<b>Oxigéntartalmú szerves vegyületek: % (V/V), legfeljebb</b>		
-metanol	3,0	
-etanol	5,0 (2011.06.30-ig) 10,0	
-izopropilalkohol	10,0	MSZ EN 1601
-izobutilalkohol	10,0	prEN 13132
-tercier-butilalkohol	7,0	
-éterek (5 vagy nagyobb szénatomszámúak)	15,0	
-egyéb oxigéntartalmú szerves vegyületek	10,0	



## Dízelgázolajokkal szemben támasztott minőségi követelmények (MSZ EN 590:2013+A1:2017) I.

Jellemzők	Követelmények	Vizsgálati módszer
Cetánszám	51,0	MSZ EN ISO 5165
Cetánindex	46,0	MSZ EN ISO 4264
Sűrűség 15°C-on, kg/m <sup>3</sup>	820-845	MSZ EN ISO 3675 MSZ EN ISO 12185
Többgyűrűs szénhidrogének, %(m/m), legfeljebb	11,0 (2010-ig) 8,0	MSZ EN 12916
Kéntartalom, mg/kg, legfeljebb	350 (2004.12.31-ig) 50,0 (2008.12.31-ig)	MSZ EN ISO 20846 MSZ EN ISO 20847 MSZ EN ISO 20884
	10,0	MSZ EN ISO 20846 MSZ EN ISO 20884
Mangántartalom, mg/l, legfeljebb		
2013.12.31.-ig	6,0	prEN 16576
2014.01.01.-től	2,0	
Lobbanáspont, °C, felett	55	MSZ EN ISO 2719
Kokszosodási maradék, % (m/m), legfeljebb (10%-os lepárlási maradékból)	0,30	MSZ EN ISO 10370



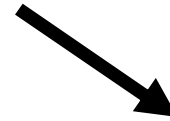
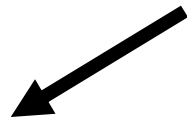
## Dízelgázolajokkal szemben támasztott minőségi követelmények (MSZ EN 590:2013+A1:2017) II.

Jellemzők	Követelmények		Vizsgálati módszer
Hamutartalom, % (m/m), legfeljebb	0,01		MSZ EN ISO 6245
Víztartalom, mg/kg, legfeljebb	200		MSZ EN ISO 12937
Összes szennyeződés, mg/kg, legfeljebb	24		MSZ EN 12662
Rézlemez-korrózió (3 óra, 50°C), fokozat	1. osztály		MSZ EN ISO 2160
Oxidációs stabilitás, g/cm <sup>3</sup> , legfeljebb	25		MSZ EN ISO 12205
Kenőképeség, a korrigált kopási bemarkódás átmérője (wsd 1,4) 60°C-on, mm, legfeljebb	460		MSZ EN ISO 12156-1
Kinematikai viszkozitás 40°C-on, mm <sup>2</sup> /s	2,00-4,50		MSZ EN ISO 3104
<b>Desztilláció</b>  250°C-nál átdesztillált, % (v/v), legalább, legfeljebb 350°C-nál átdesztillált, % (v/v) 95% (v/v) átdesztillált hőmérséklete, °C, legfeljebb	85	<65  360	MSZ EN ISO 3405
Zsír-sav-metil-észter (FAME) tartalom, % (v/v), legfeljebb	7,0		MSZ EN 14078



---

# MOTORBENZINEK



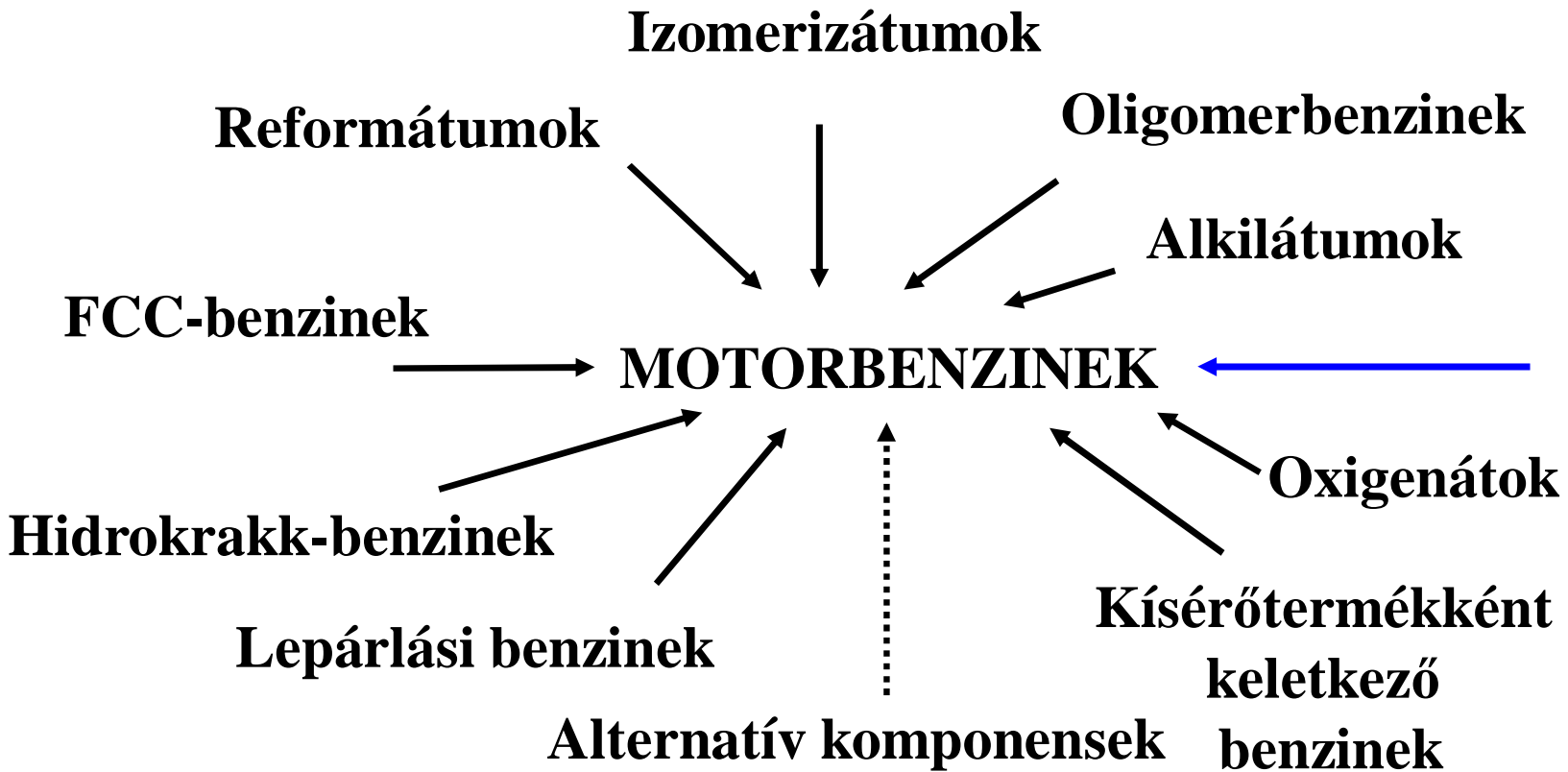
**KEVERŐKOMPONENSEK**

**ADALÉKOK**



# MOTORBENZINEK

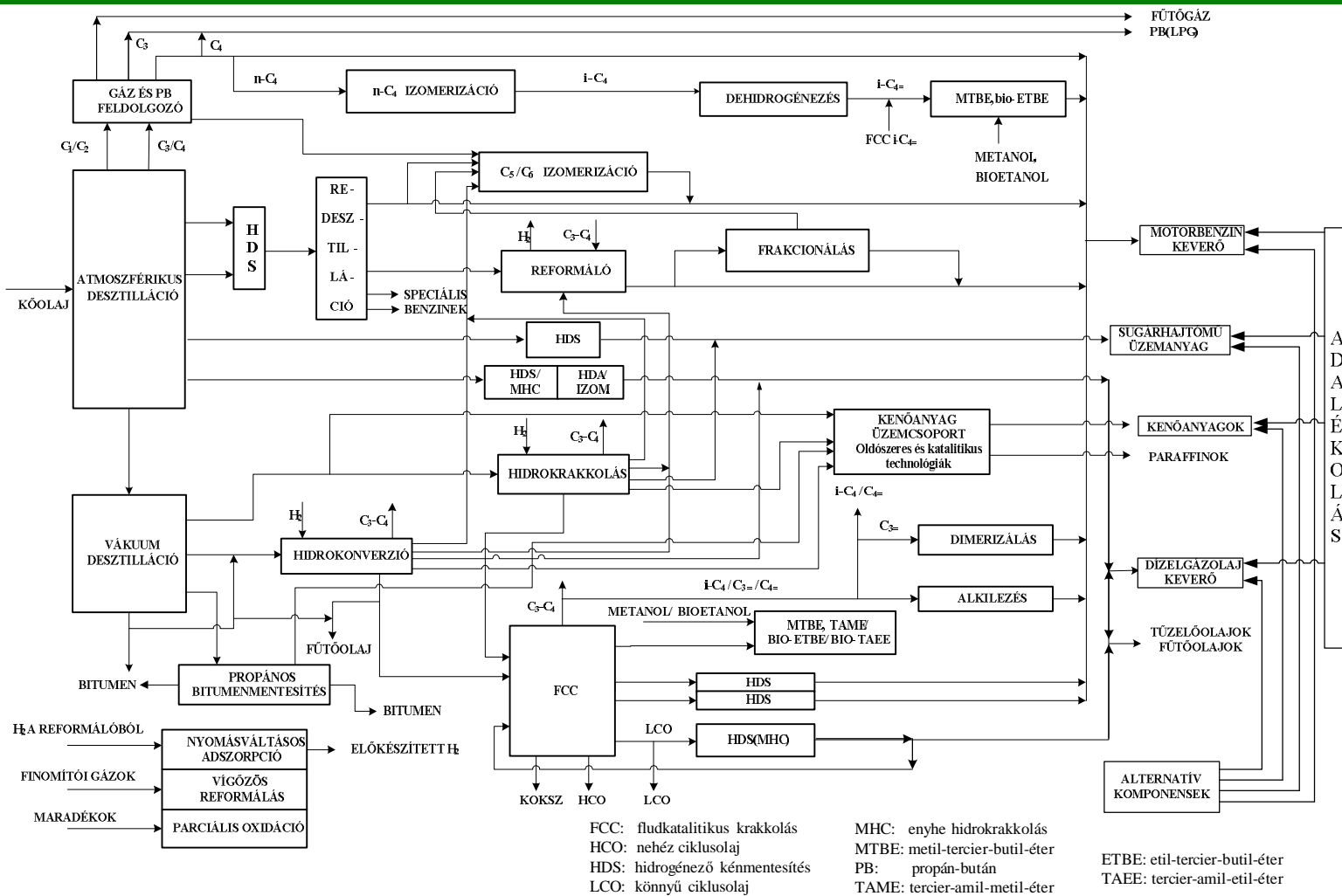
## KEVERŐKOMPONENSEK







# KORSZERŰ KŐOLAJFINOMÍTÓ BLOKKVÁZLATA





# ALKILEZÉS

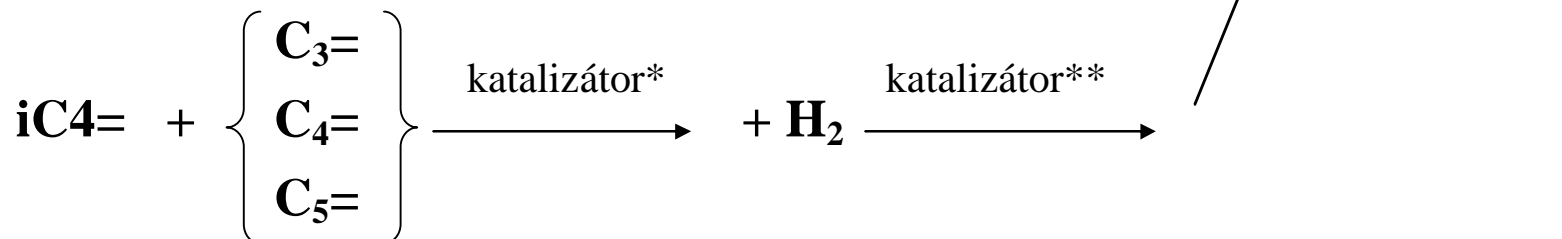
---

# AZ ALKILEZÉS KÉMIÁJA

## Közvetlen eljárások



## Közvetett



\*katalizátor: foszforsav szilárd hordozón, savas ioncserélő gyanták

\*\*katalizátor: olefin hidrogénező (pl. Pd/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, NiMo/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)



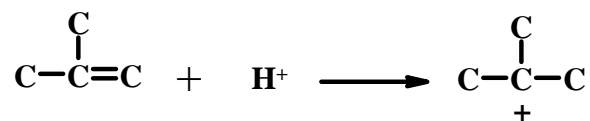
# AZ ALKILEZÉS KÉMIÁJA

## Reakciók

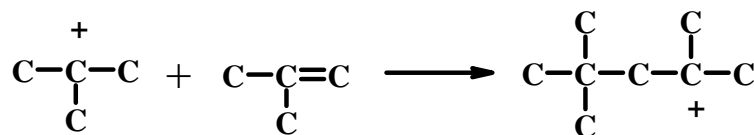
Tercier karbéniumionon keresztül láncméchanizmussal

### Iniciáló lépés

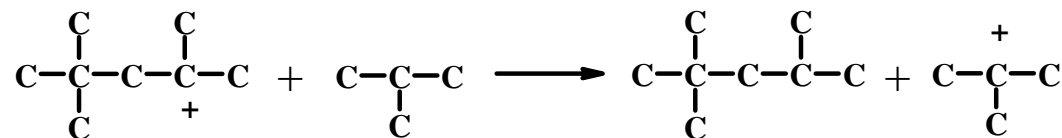
pl. proton addíciója izobuténre erős sav jelenlétében



### Addíciós lépés

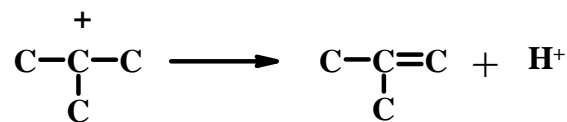


### Lánctovábbító reakció



2,2,4-TMP

### Lánctörő reakció





# AZ ALKILEZÉS TERMODINAMIKÁJA

## Exoterm reakciók

(-630)-(-480) kJ/kg alkilátum (az olefintől függően)

A nagyobb oktánszámú C<sub>7</sub>-C<sub>8</sub> izoparaffinok képződésének kedvező hőmérséklet:

n kb. 10°C (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>)

n kb. 35°C (HF)

Magasabb hőmérséklet → polimerizációs reakciók →  
fp.-tartomány nő → KOSZ csökken



# AZ ALKILEZÉS MŰVELETI PARAMÉTEREI

Paraméterek	HF	H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	Szilárd sav
Reaktorhőmérséklet, °C	25-45	6-10	100-250
Nyomás, bar	20	15	20-50
Izobután:olefin arány, térf./térf.	15-20	10-15	5-8
Savkoncentráció, %	58-90	98-99	-
Sav a keverékben, %	50-70	50-75	-
Savfogyás, kg/t alkilátum	0,4-0,7	35-150	-

**Egyik fő cél: az olefinek egymás közötti reakcióinak visszaszorítása**



# AZ ALKILEZÉS TERMÉKEI ÉS AZOK FŐBB JELLEMZŐI

## ○ TERMÉKEK

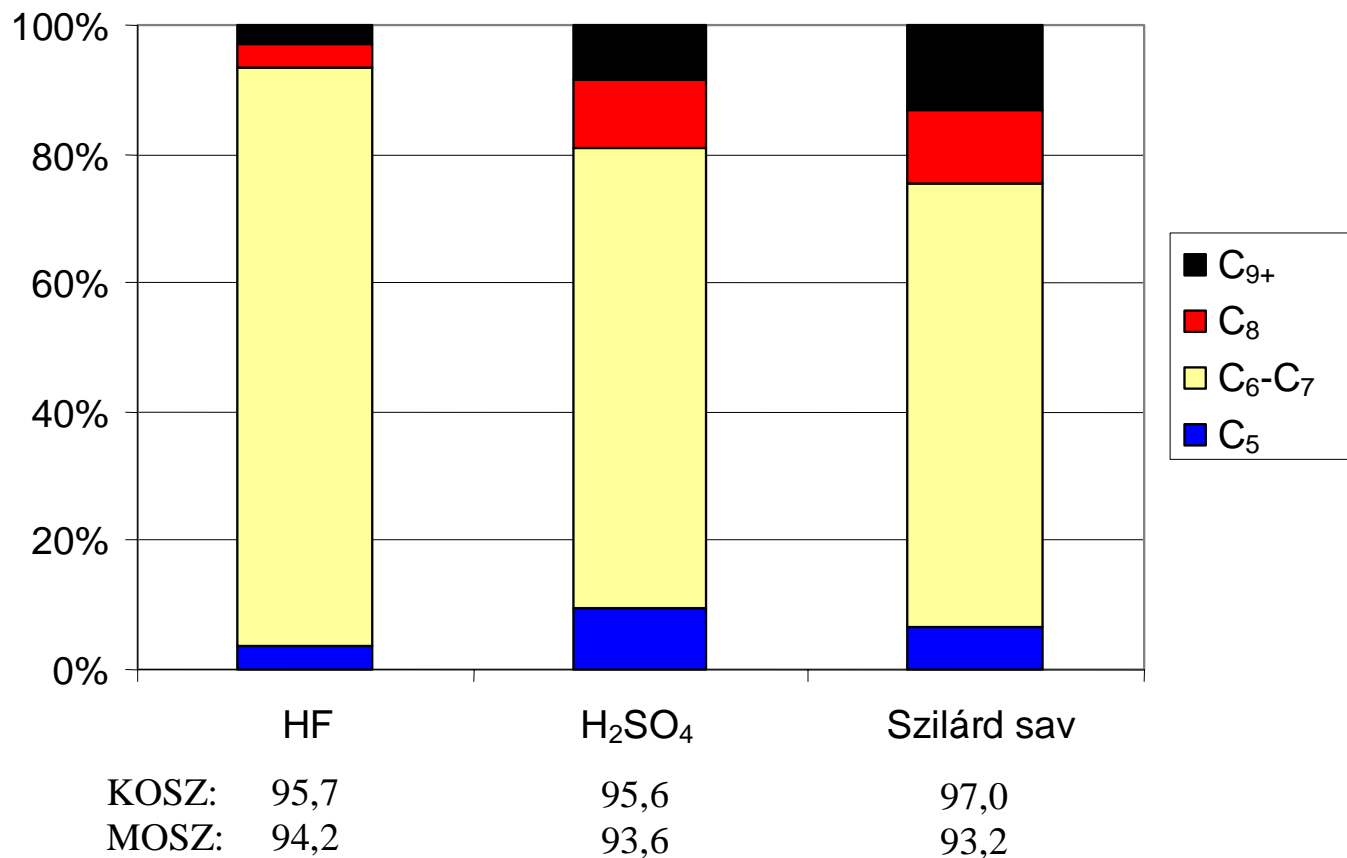
- n izoparaffinok, amelyek szénatomszáma általában az izoparaffinok és olefin szénhidrogének szénatomszámának összege

## ○ KITŰNŐ KEVERŐKOMPONENSEK

- n aromás à 0
- n olefin à < 0,1%
- n jó gőznyomás
- n nagy KOSZ ( $\geq 93$ )
- n kis szenzibilitás [ +1 (-) +4 ]



## KÜLÖNBÖZŐ KATALIZÁTOROKKAL NYERT ÁTLAGOS ALKILÁTUM-ÖSSZETÉTELEK ÉS OKTÁNSZÁMOK







# INDIREKT ALKILEZÉS

---

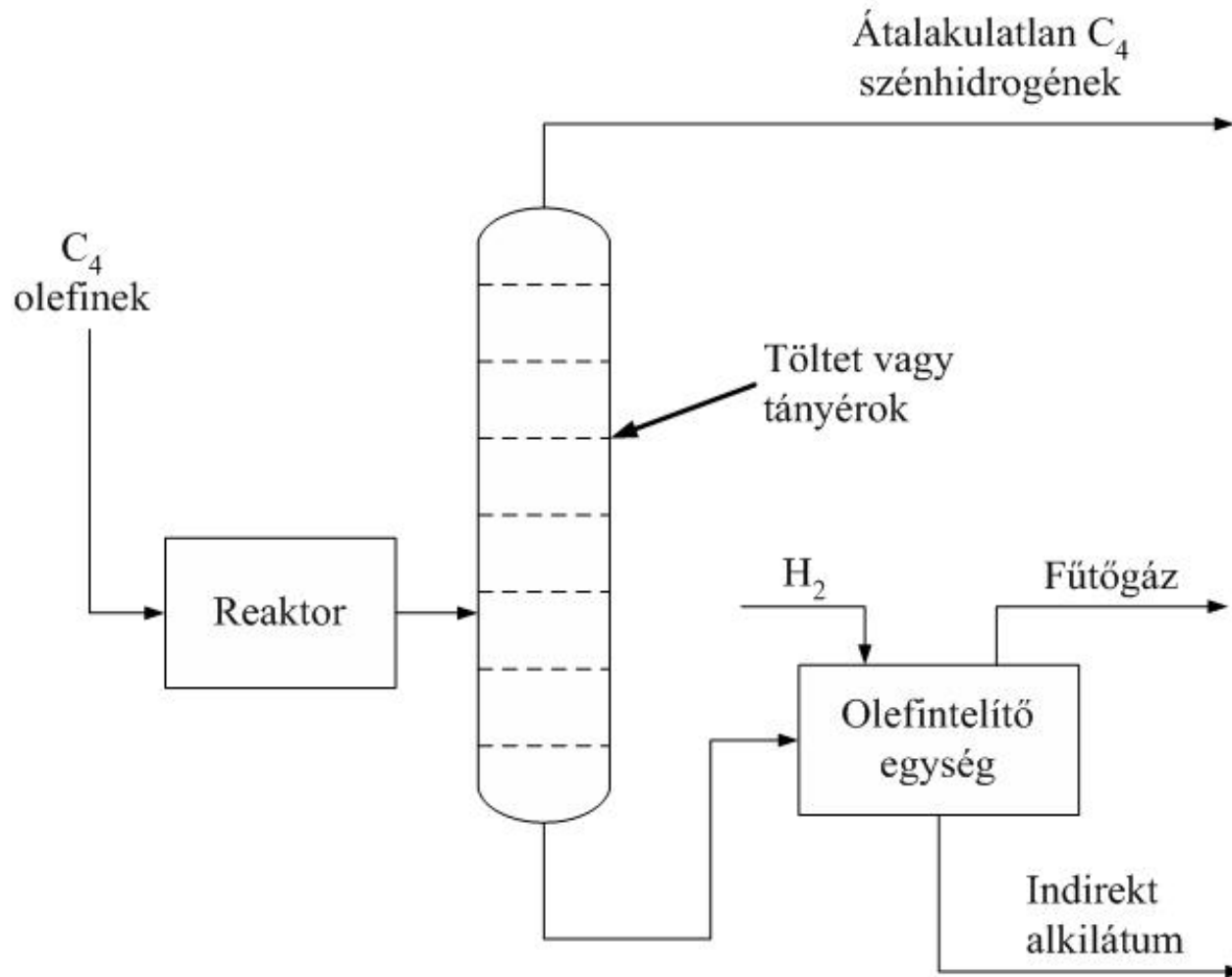


# IZOBUTILÉN ÉS KÜLÖNBÖZŐ BUTILÉNEK OLIGEMRIZÁCIÓJA, MAJD HIDROGÉNEZÉSE SORÁN NYERT IZOOKTÁNOK OKTÁNSZÁMAI

Izobutilén reakciója	Izooktán izomerje	KOSZ	MOSZ
1-buténnel	2,2-dimetil-hexán	72,0	77,5
1-buténnel	2,3-dimetil-hexán	71,3	78,9
2-buténnel	2,3,4-trimetil-pentán	102,5	95,9
2-buténnel	2,3,3-trimetil-pentán	106,0	99,4
2-buténnel	2,2,3-trimetil-pentán	109,6	99,9
izobutilénnel	2,2,4-trimetil-pentán	100,0	100,0



# SAVAS IONCSERÉLŐ GYANTA KATALIZÁTORT ALKALMAZÓ INDIREKT ALKILEZÉS ELVI VÁZLATA





# OLIGOMERIZÁCIÓ

---



# OLIGOMERIZÁCIÓ

---

## BENZINKEVERŐ KOMPONENSEK

propén ill. butének dimerizálásával

## SUGÁRHAJTÓMŰ- ÉS/VAGY DÍZELGÁZOLAJ KEVERŐKOMPONENSEK

propén, butének, pentének oligomerizálásával

## PETROLKÉMIAI ALAPANYAGOK

- C<sub>7</sub>-C<sub>9</sub> egyenesláncú olefinek (alkoholgyártás)
- nagytisztaságú könnyű olefinek (pl. etilén → 1-butén → 1-oktén)



# ALAPANYAGOK ÉS ELŐKÉSZÍTÉSÜK

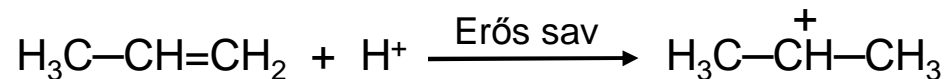
- **Alapanyagok**
  - n **FCC C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub>-C<sub>5</sub> olefinjei**
  - n **termikus krakkolás (viszkozitástörés, kokszolás) könnyű olefinjei**
  - n **vízgőzös pirolízis C<sub>3</sub>-C<sub>4</sub>-C<sub>5</sub> olefinjei**
  
- **Előkészítés**
  - n **kén-hidrogén kivonása: alkanol-aminnal**
  - n **merkaptánok kivonása: lúgos mosással**
  - n **ammónia és egyéb bázikus vegyületek eltávolítása vizes mosással**



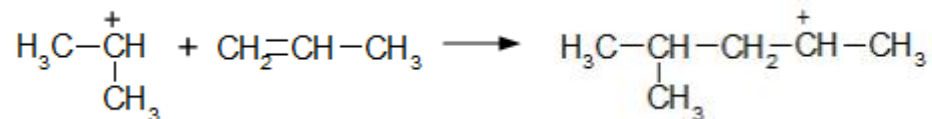
# AZ OLEFINOLIGOMERIZÁCIÓ MECHANIZMUSA

**Karbénium intermediereken keresztül. Ez olefin és erős sav közötti reakciókban képződik.**

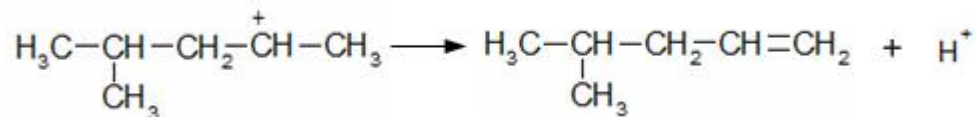
## PROPÉN JAVASOLT DIMERIZÁCIÓS SÉMÁJA



**Ez nagyon reakcióképes és gyorsan reagál egy másik propén molekulával egy újabb karbéniumiont képezve**



**Protonleadás egy propénmolekulának**



**A butének, ill. propén-butén elegyekből hasonlóan C<sub>7</sub> és C<sub>8</sub> olefinek képződnek  
További addíciós reakcióval C<sub>9</sub>, C<sub>12</sub>, C<sub>16</sub> stb. olefinek képződhetnek.**



# A KATALITIKUS OLIGOMERIZÁLÁS TERMODINAMIKÁJA

**EXOTERM REAKCIÓK (-920 ill. -1450 kJ/kg  
butén ill. propén)**



**A REAKCIÓELEGY HŰTÉSE SZÜKSÉGES**





# AZ OLIGOMERIZÁLÁS KATALIZÁTORAI

- **heterogén katalitikus eljárások**
  - n foszforsav inert hordozón (pl.:  $\text{SiO}_2$ )
  - n zeolitok
  - n ioncserélő gyanták
  
- **homogén katalitikus eljárások**
  - n nikkel- és titán-koordinációs komplex + alumínium-alkil
  - n ionfolyadékok (van heterogénkatalizátorra is javaslat)

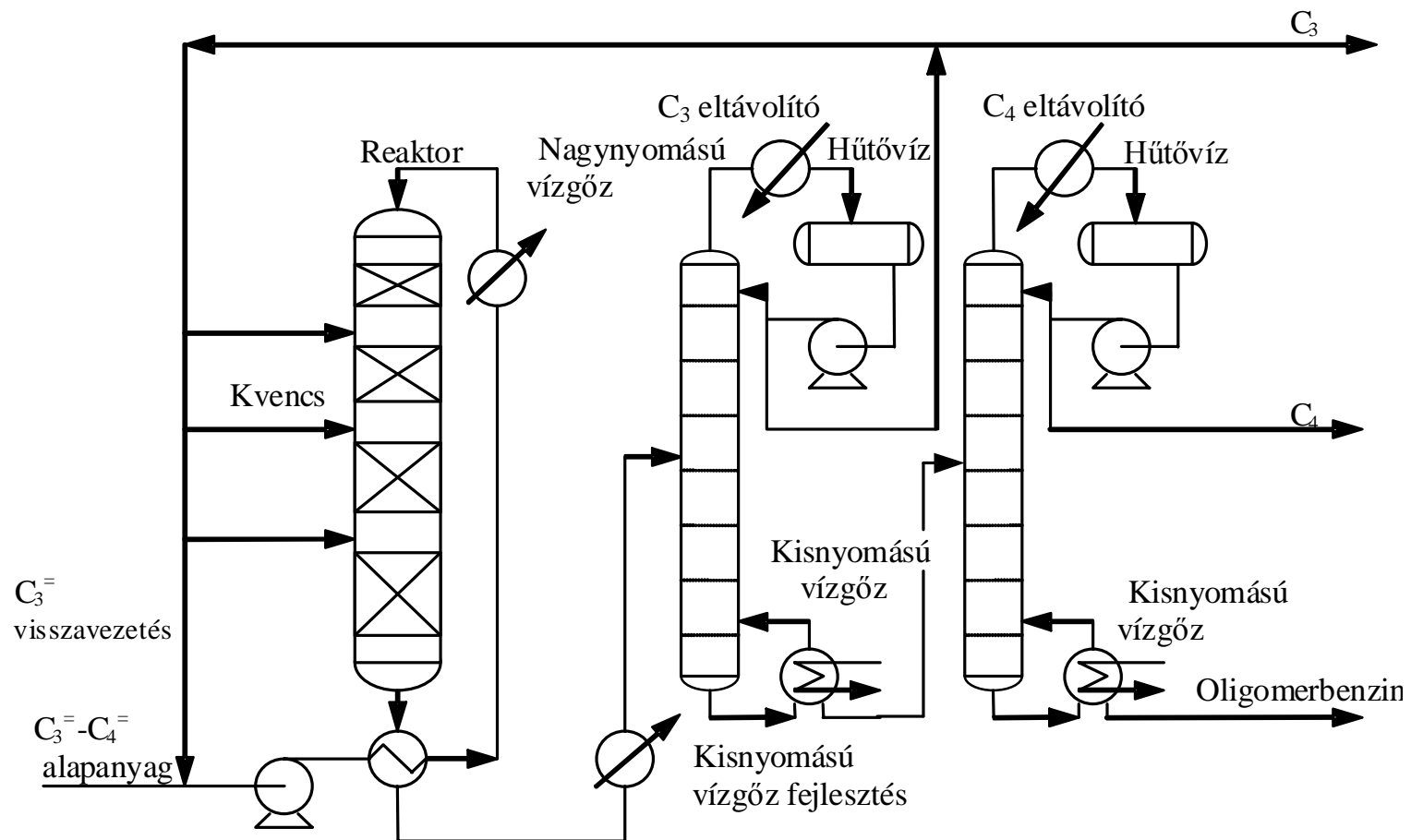


# HETEROGÉNKATALITIKUS ELJÁRÁSOK

<b>HŐMÉRSÉKLET</b>	<b>150-200°C</b>
<b>NYOMÁS</b>	<b>10-70 bar</b>



# A OLIGOMERBENZIN GYÁRTÁS VÁZLATA (SZILÁRD KATALIZÁTORON)





# A KATALITIKUS POLIMERIZÁLÁS HOZAM ÉS TERMÉKMINŐSÉG ADATAI

<b>ALAPANYAG</b>	<b>Érték</b>
<b>Propén, %</b>	<b>21,4</b>
<b>Butének, %</b>	<b>36,3</b>
<b>OLIGOMERBENZIN</b>	
<b>Hozam, %</b>	<b>52,9</b>
<b>Sűrűség, g/cm<sup>3</sup></b>	<b>0,735</b>
<b>KOSZ</b>	<b>95,5</b>
<b>MOSZ</b>	<b>84,5</b>



# OXIGÉNTARTALMÚ VEGYÜLETEK

---



# OXIGÉNTARTALMÚ VEGYÜLETEK

---

**Alkoholok**

**Éterek**



# ÉTER TÍPUSÚ MOTORBENZINKEVERŐ KOMPONENSEK

Jellemzők	MTBE	ETBE	TAME
Forráspont, °C	55,2	71,7	86,1
Lobbanáspont, °C	-28	-19	-11
Oxigéntartalom, %	18,2	15,7	15,7
Kísérleti oktánszám (KOSZ)	118	118	110
Motoroktánszám (MOSZ)	100	102	97
Vízoldhatóság			
komp. a vízben, v/v %	4,3	2,0	0,6
víz a komp.-ben, v/v %	1,4	0,6	0,6



# IZOBUTILÉN-TARTALMÚ SZÉNHIDROGÉN ÁRAMOK

- **Katalitikus krakkolás (15%)**
- **Vízgőzös pirolízis (45%)**
- **Izobután dehidrogénezése (48%)**
- **n-butének izomerizációja (17%)**
- **Fischer-Tropsch szintézis C<sub>4</sub> frakciója (12 – 20%)**

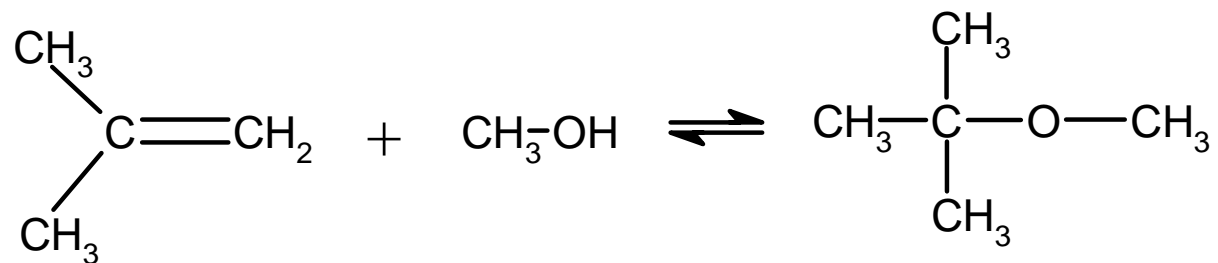
( ) – izobutilén tartalom





# MTBE SZINTÉZIS

**Katalizátor: savas ioncserelő gyanta**



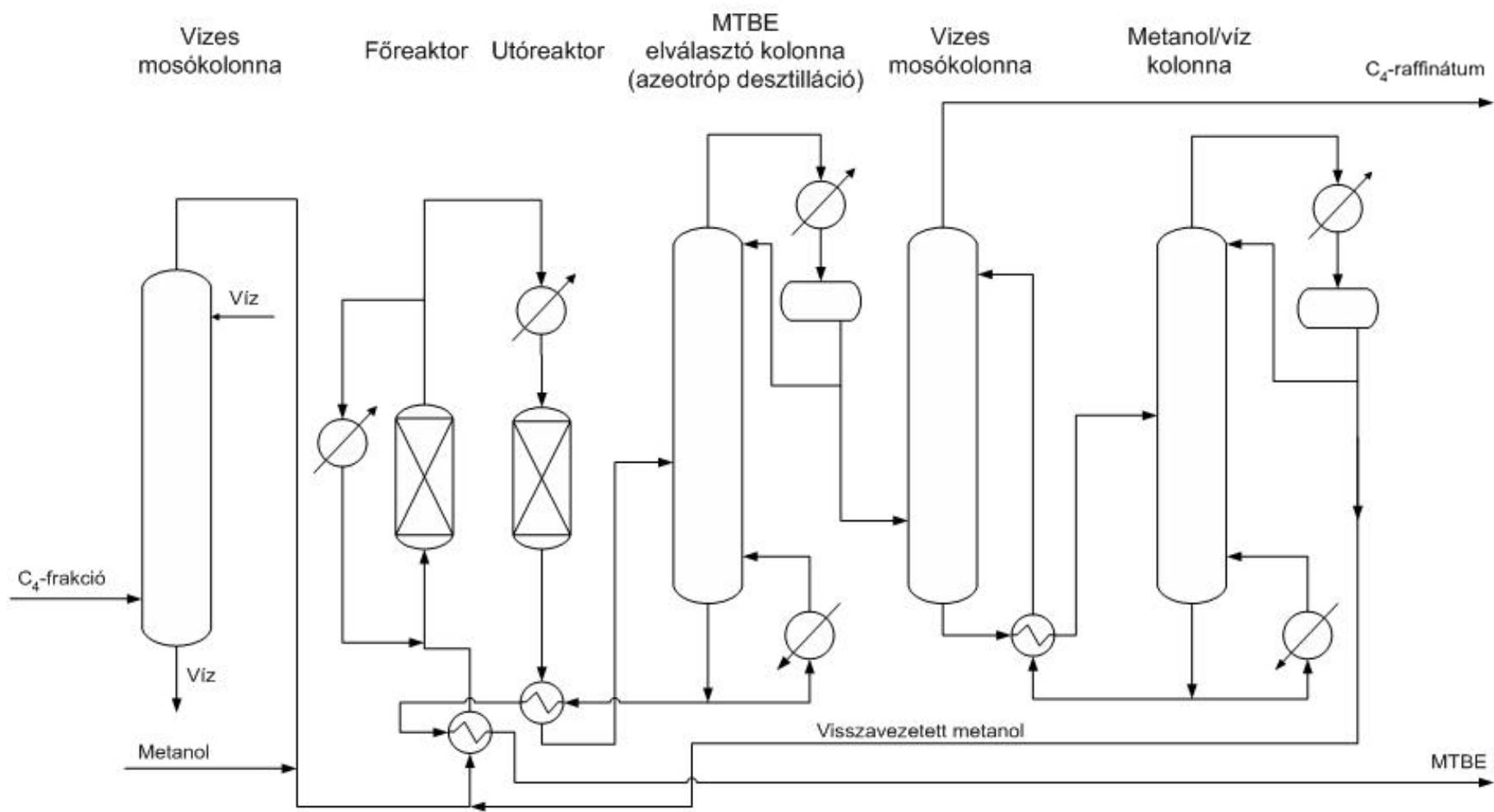
**Exoterm reverzibilis reakció (-37 kJ/mol)**

**Műveleti paraméterek**

- n metanol/izobutilén molarány: 1,1-1,2:1
- n hőmérséklet: 50-90°C a fő reakciótérben, illetve 40-60°C a befejező reakciótérben
- n nyomás: 7-20 bar
- n térsebesség: 4-6 h<sup>-1</sup>

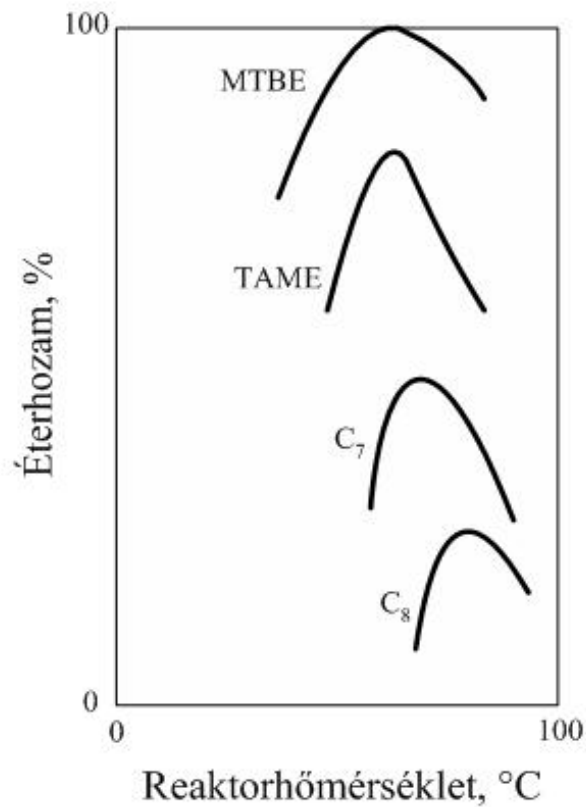
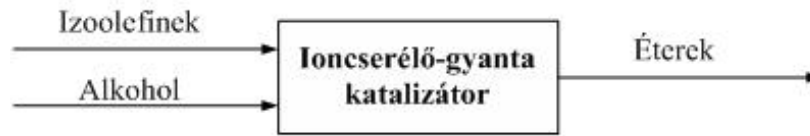


# A HAGYOMÁNYOS MTBE SZINTÉZIS ELVI VÁZLATA





# ÉTEREK ELŐÁLLÍTÁSA





---

# KÖNNYŰBENZIN IZOMERIZÁCIÓ



# KÖNNYŰBENZIN (KB) IZOMERIZÁTUMOK FORRÁSAI

**KÖNNYŰBENZINEK (kb. 25-40/45-82°C)  
IZOMERIZÁZÁLÓ ELJÁRÁSAINAK TERMÉKEI**

**KÖNNYŰBENZINEK: C<sub>5</sub>-C<sub>6</sub> szénhidrogének (<2% C<sub>7</sub>)  
à továbbiakban C<sub>5</sub>/C<sub>6</sub> frakció**

**IZOMERIZÁCIÓ FOGALMA**



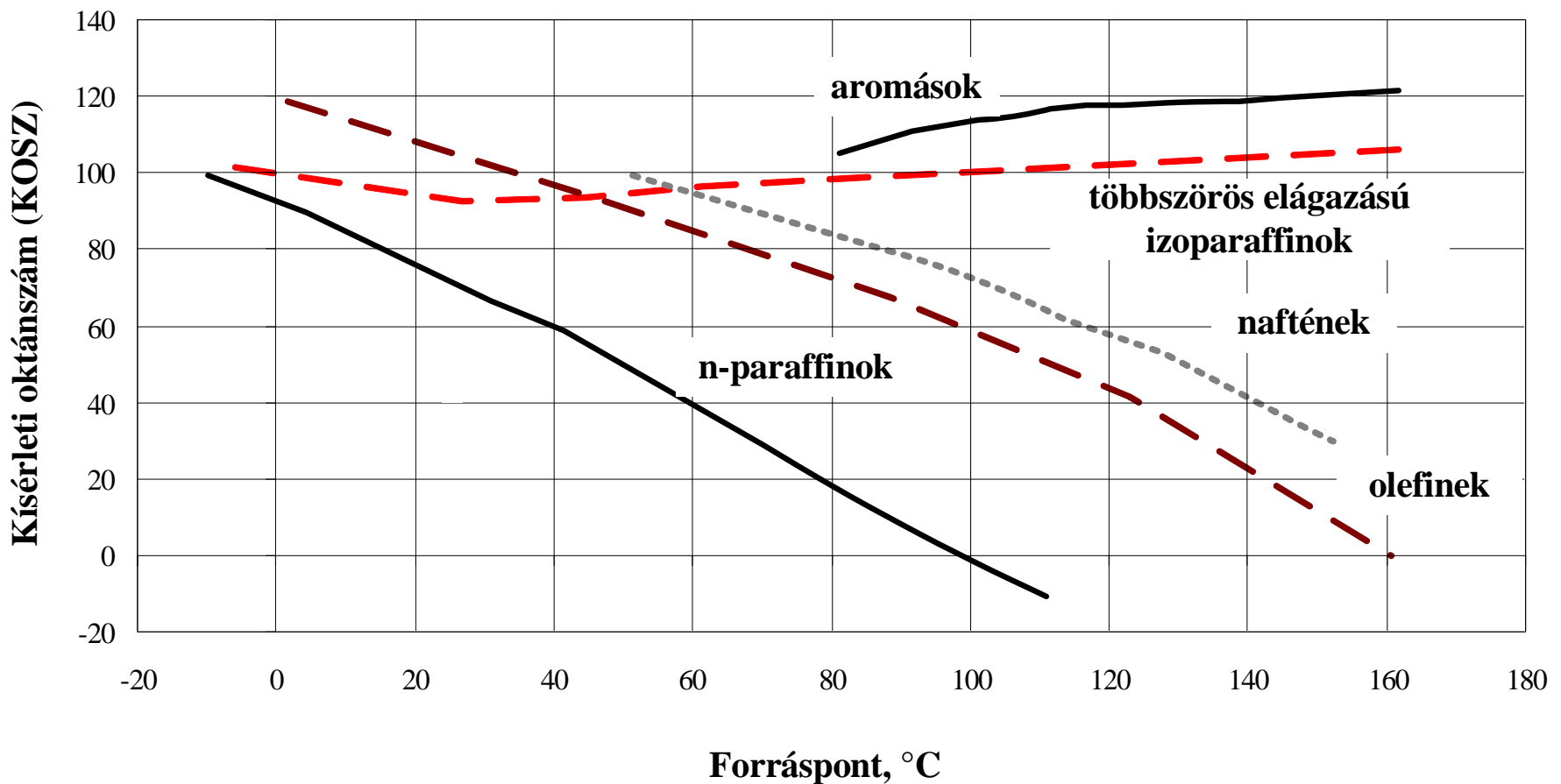
## C<sub>5</sub>/C<sub>6</sub> FRAKCIÓK IZOMERIZÁLÁSÁNAK CÉLJA

---

- nagy oktánszámú könnyűbenzin frakciók előállítása (ΔKOSZ: 26-56 egység)
- olykor izopentán előállítása izoprén-gyártás alapanyagául



# KÜLÖNBÖZŐ SZÉNHYDROGÉNEK OKTÁNSZÁMÁNAK ÉS FORRÁSPONT-TARTOMÁNYÁNAK ÖSSZEFÜGGÉSE





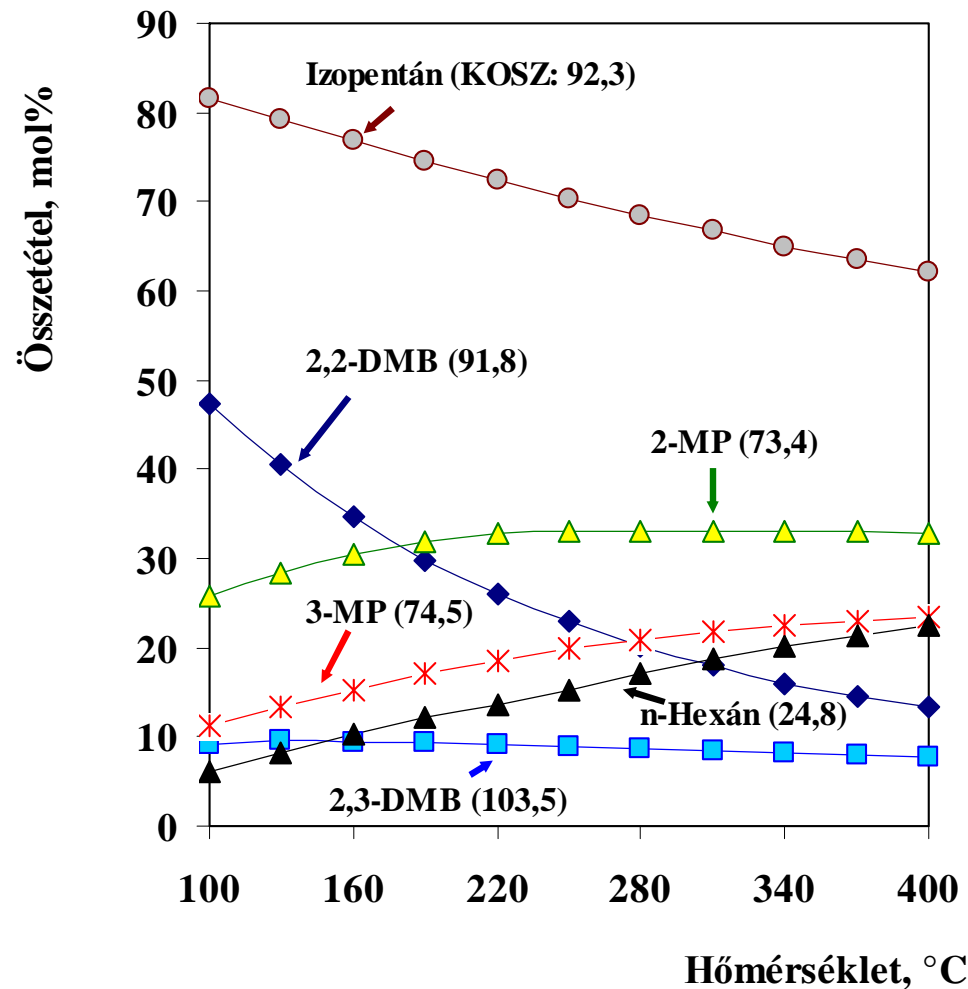
# A C<sub>5</sub>/C<sub>6</sub> PARAFFINOK IZOMERIZÁLÁSÁNAK TERMODINAMIKÁJA

Paraffin szénhidrogén	Reakcióhő (25°C), kJ/mol
<b>n-pentánból</b>	
<b>2,2-dimetil-propán</b>	<b>-19,93</b>
<b>2-metil-bután</b>	<b>-8,04</b>
<b>n-hexánból</b>	
<b>2,2-dimetil-bután</b>	<b>-18,39</b>
<b>2,3-dimetil-bután</b>	<b>-10,59</b>
<b>2-metil-pentán</b>	<b>-7,12</b>
<b>3-metil-pentán</b>	<b>-4,44</b>



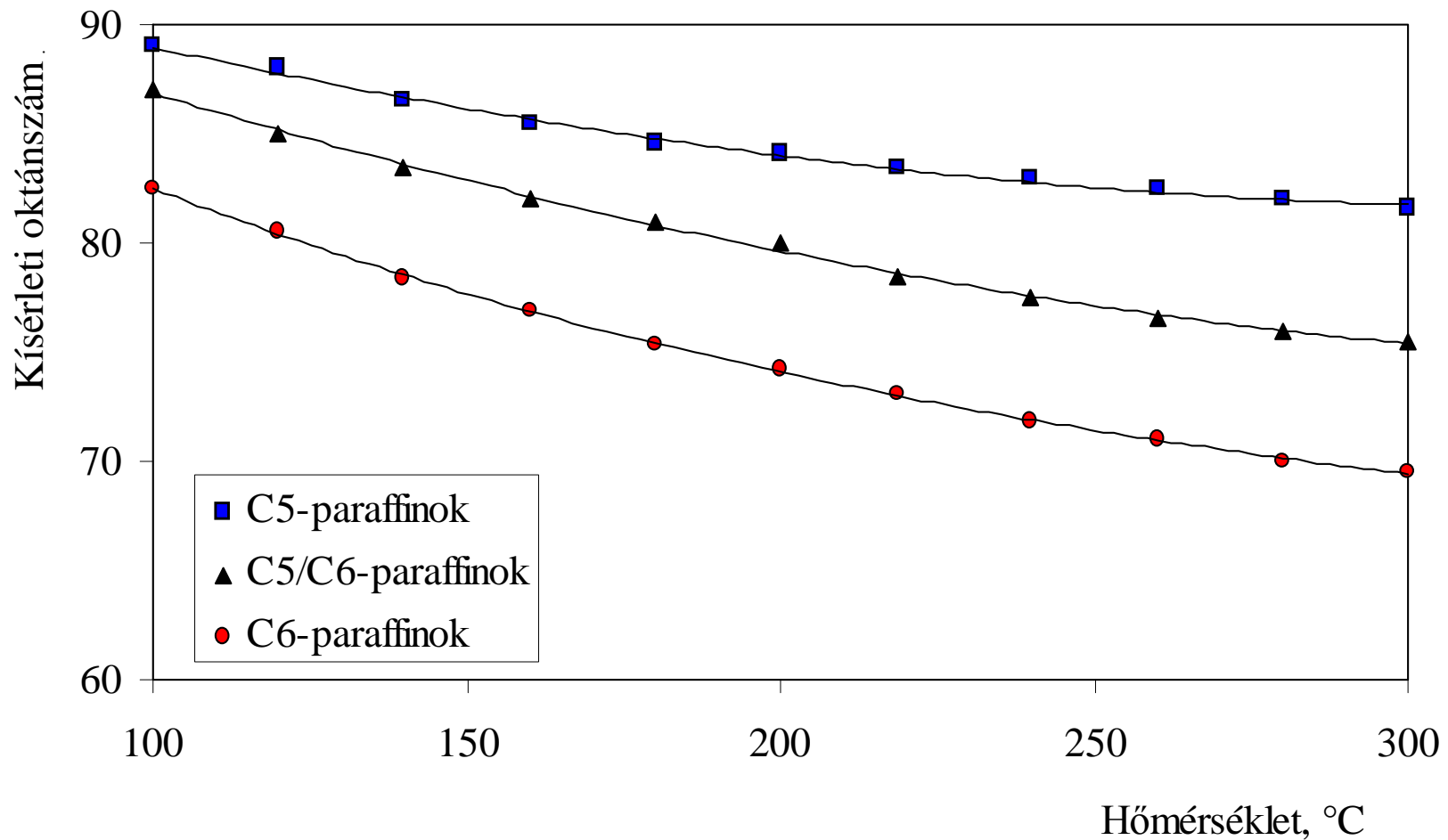


# AZ IZOPENTÁN ÉS A HEXÁN IZOMEREK EGYENSÚLYI KONCENTRÁCIÓJA





## A C<sub>5</sub> ÉS/VAGY C<sub>6</sub> NYÍLTLÁNCÚ PARAFFINOK EGYENSÚLYI ELEGYEINEK KÍSÉRLETI OKTÁNSZÁMA





# A C<sub>5</sub>/C<sub>6</sub> PARAFFINOK IZOMERIZÁLÁSÁNAK KATALIZÁTORAI

## HIDROIZOMERIZÁLÓ KATALIZÁTOROK

Kedvező aktivitás  
hőmérséklete:

**Magas**

≥300°C  
Pt(0,5-0,6)/g-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/F  
F: 3-4%

**Közepes**

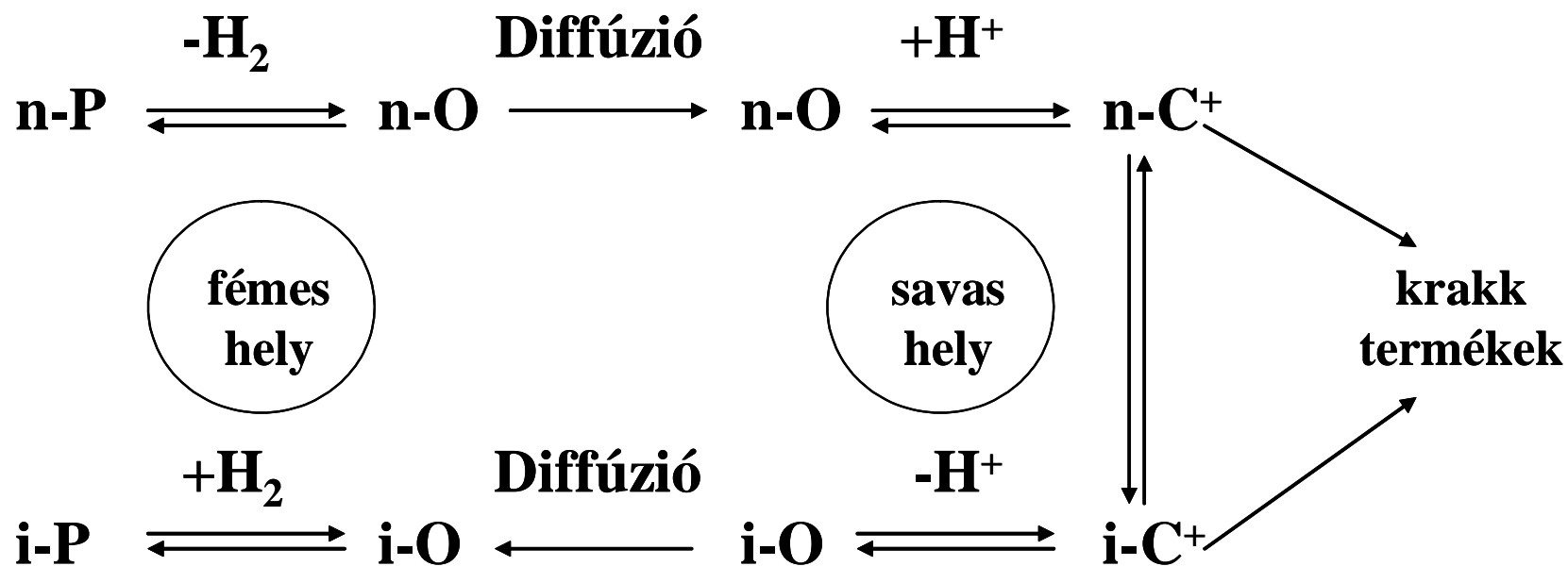
200°C-300°C  
Pt(0,3-0,5)/H-Y zeolit  
Pt(0,3-0,5)/H-Mordenit

**Alacsony**

≤200°C  
Pt(0,3-0,4%)/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/klór (7-10%)  
Pt/szulfátózott fénoxid  
Vegyes fénoxid



# AZ n-C<sub>5</sub>/n-C<sub>6</sub>-PARAFFINOK IZOMERIZÁLÁSÁNAK ÁLTALÁNOS (KLASSZIKUS) MECHANIZMUSA KÉTFUNKCIÓS KATALIZÁTOROKON



n-P: n-paraffin; n-O: n-olefin; n-C<sup>+</sup>: n-karbénium-ion;  
i-C<sup>+</sup>: izo-karbénium-ion; i-O: izo-olefin; i-P: izo-paraffin



# IZOMERIZÁLÓ ELJÁRÁSOK CSOPORTOSÍTÁSA

**Üzemelési hőmérséklet szerint:**

- n alacsony (kb.  $\leq 200^{\circ}\text{C}$ )
  - n közepes (kb.  $200\text{-}300^{\circ}\text{C}$ )
  - n magas hőmérsékletű ( $>300^{\circ}\text{C}$ ) eljárások
- } 1990 után már csak  
ilyeneket létesítettek



# ALACSONY HŐMÉRSÉKLETŰ IZOMERIZÁLÓ ELJÁRÁSOK ELŐNYEI

- **Alapanyag- és energiatakarékosság ( $\text{CO}_2 \downarrow$ )**
- **Nagyobb izoparaffin-hozam**
- **Nagyobb oktánszám (2-5 egység)**
- **Kisebb hidrogénfelhasználás ( $\text{CO}_2 \downarrow$ )**



---

# KATALITIKUS BENZINREFORMÁLÁS



## A KATALITIKUS BENZINREFORMÁLÁS

---

- **CÉL:** nagy oktánszámú keverőkomponensek és/vagy egyedi aromások kinyerésére alkalmas termékelegyek előállítása
- **ALAPANYAGOK:** kéntelenített ( $\leq 1 \text{ mg S/kg}$ ) lepárlási és/vagy hidrokrakkolásból és/vagy más technológiákból származó benzinfrakciók

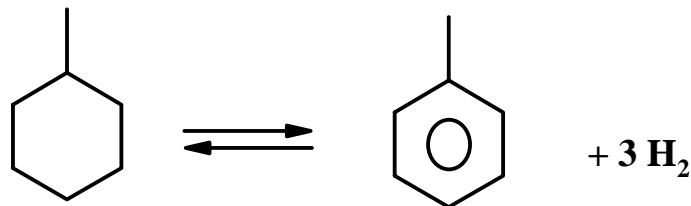


# FŐREAKCIÓK I.

## Dehidrogénezés

cikloparaffin → aromás

Hőszínezet  
DH= +205 kJ/mol



sűrűség, g/cm<sup>3</sup>

0,7694

0,8669

KOSZ:

73,8

119,7

paraffin → olefin

DH= +90 kJ/mol



sűrűség, g/cm<sup>3</sup>

0,6838

0,7026

KOSZ:

0

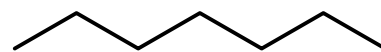
89,8



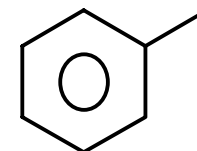
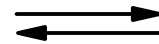
## FŐREAKCIÓK II.

### Dehidrociklizáció

sűrűség, g/cm<sup>3</sup>  
KOSZ:



0,6838  
0



DH= +238 kJ/mol

+ 4 H<sub>2</sub>

0,8669  
119,7

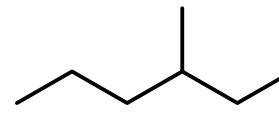
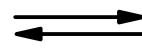
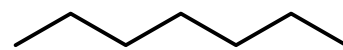
# FŐREAKCIÓK III.

## Izomerizáció

n-paraffin à i-paraffin

DH= -4,4 kJ/mol

sűrűség, g/cm<sup>3</sup>



0,6838

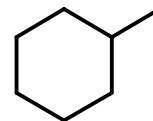
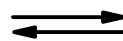
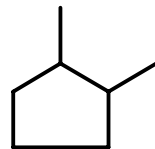
0,6871

KOSZ:

0

52,0

C5-cikloparaffin à C6-cikloparaffin



sűrűség, g/cm<sup>3</sup>

0,7913

0,7694

KOSZ:

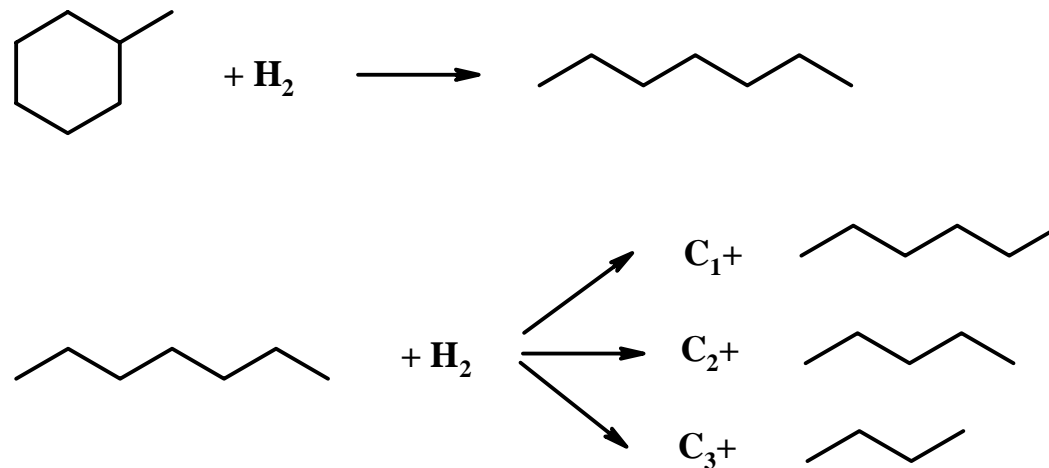
100,4

73,8

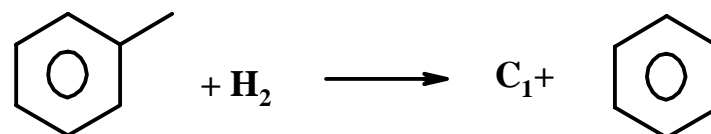


# A KATALITIKUS BENZINREFORMÁLÁS MELLÉKREAKCIÓK I.

## Hidrokrakkolás

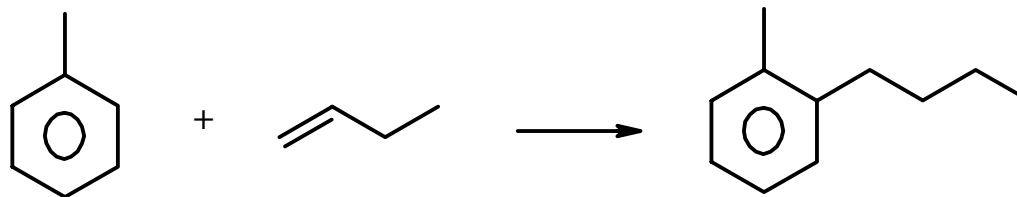


## Hidrodezalkilezés

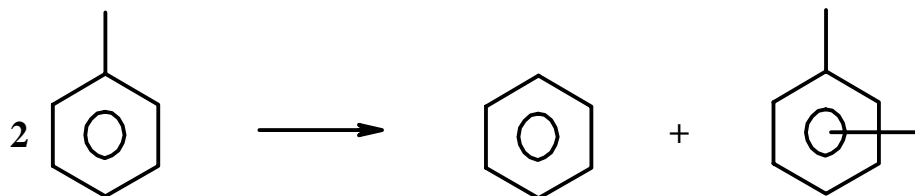


# A KATALITIKUS BENZINREFORMÁLÁS MELLÉKREAKCIÓK II.

## Alkilezés



## Diszproporcionálódás

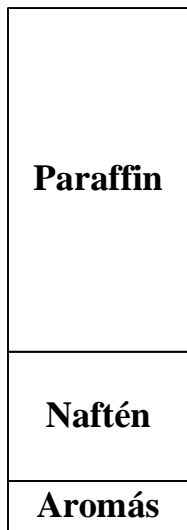


## Kokszképződés

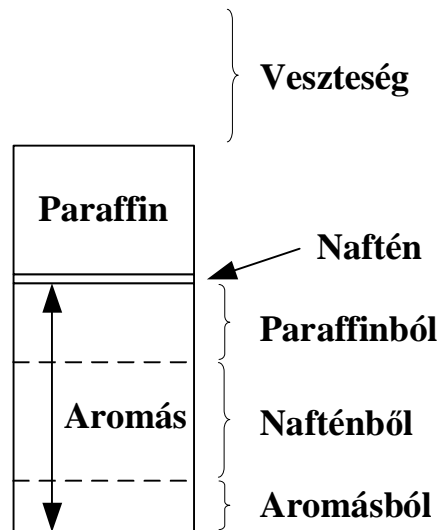


# TÉRFOGAT-HOZAM ÖSSZEFÜGGÉS ALAKULÁSA A KATALITIKUS BENZINREFORMÁLÁSKOR (HAGYOMÁNYOS ELJÁRÁS)

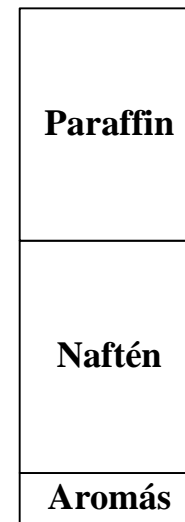
**Kis naftén-tartalmú alapanyag**



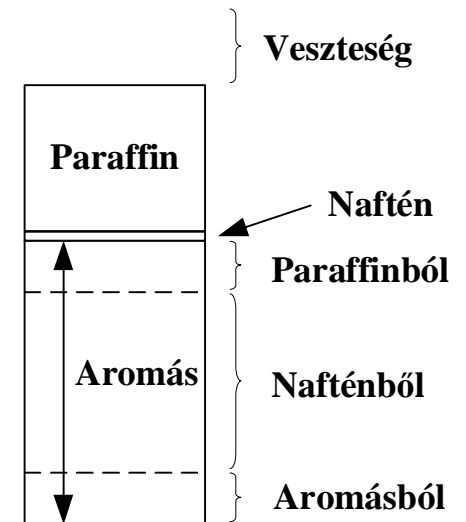
**Reformátum**



**Nagy naftén-tartalmú alapanyag**



**Reformátum**





# A BENZINREFORMÁLÁS KATALIZÁTORAI

Megnevezés	Relatív aktivitás
<b>Króm-oxid</b>	<b>1</b>
<b>Molibdén-oxid</b>	<b>10</b>
<b>Pt/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/Cl (1953)</b> (Cl: 0,8-1,3%)	<b>100</b>
<b>Többfémű (1967)</b> (Pt: 0,2-0,75%- és Re, Sn, Ir, Ge, Rh: 0,01-től 0,3-0,5%-ig)	<b>Stabilabb és szelektívebb</b>



## MŰVELETI PARAMÉTEREK

---

- **HŐMÉRSÉKLET: 480 – 520 °C**
- **NYOMÁS: 5 – 20 bar**
- **FOLYADÉKTERHELÉS: 1,5 – 3,0 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>h**
- **H<sub>2</sub>/szénhidrogén arány: 5:1 – 12:1 mólarány**



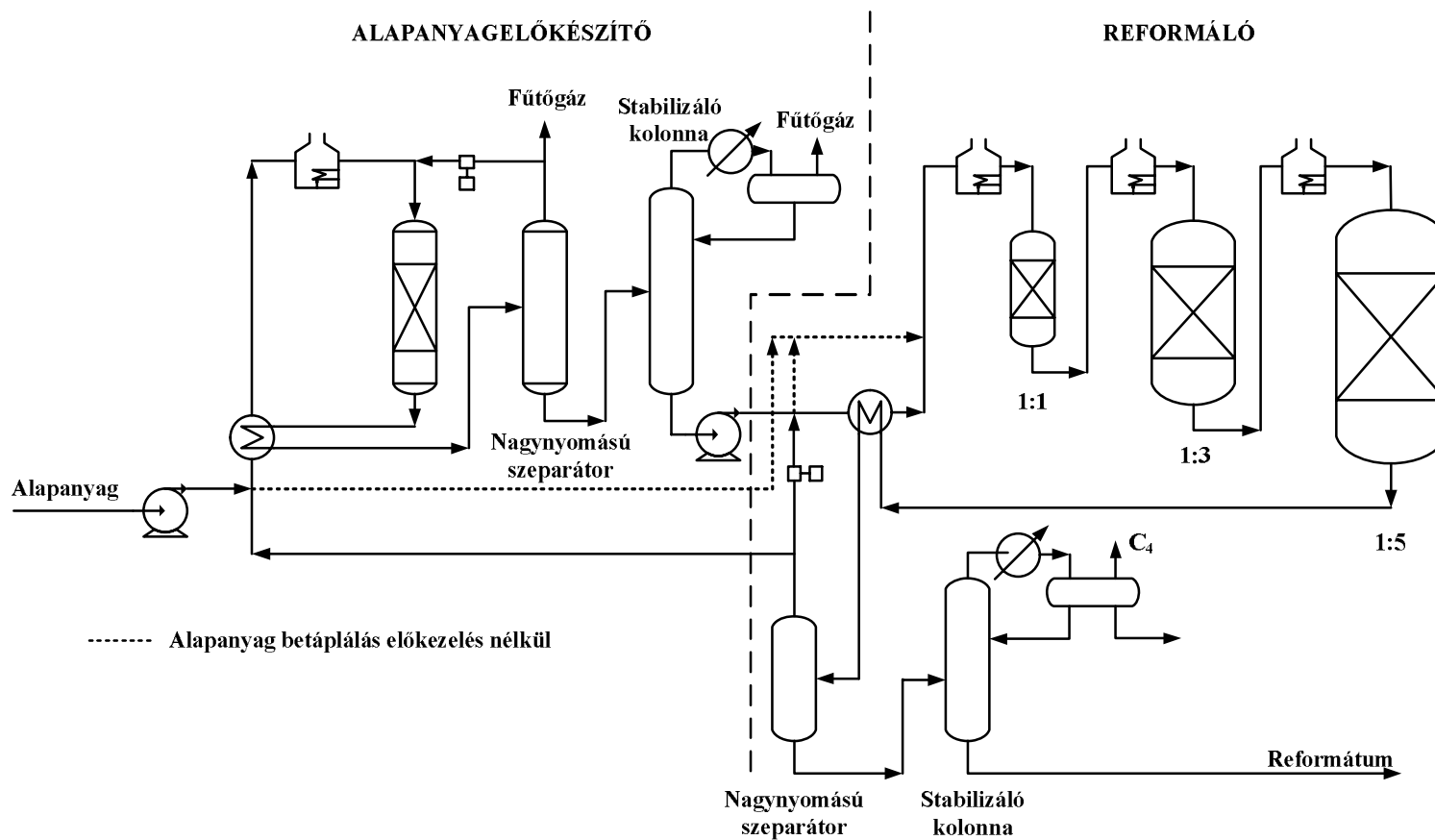


# A BENZINREFORMÁLÁS IPARI MEGVALÓSÍTÁSA

- **Reaktorok**
  - n **száma: 3-5**
  - n **állóágysak**  
**(radiális - kisebb nyomásesés - vagy axiális**  
**átáramlással)**
  - n **szerkezeti anyag:**
    - **redukáló és oxidáló atmoszférának is ellenálló**
    - **hőmérséklet: 550°C - ig**
    - **nyomás: 5-25(35) bar**

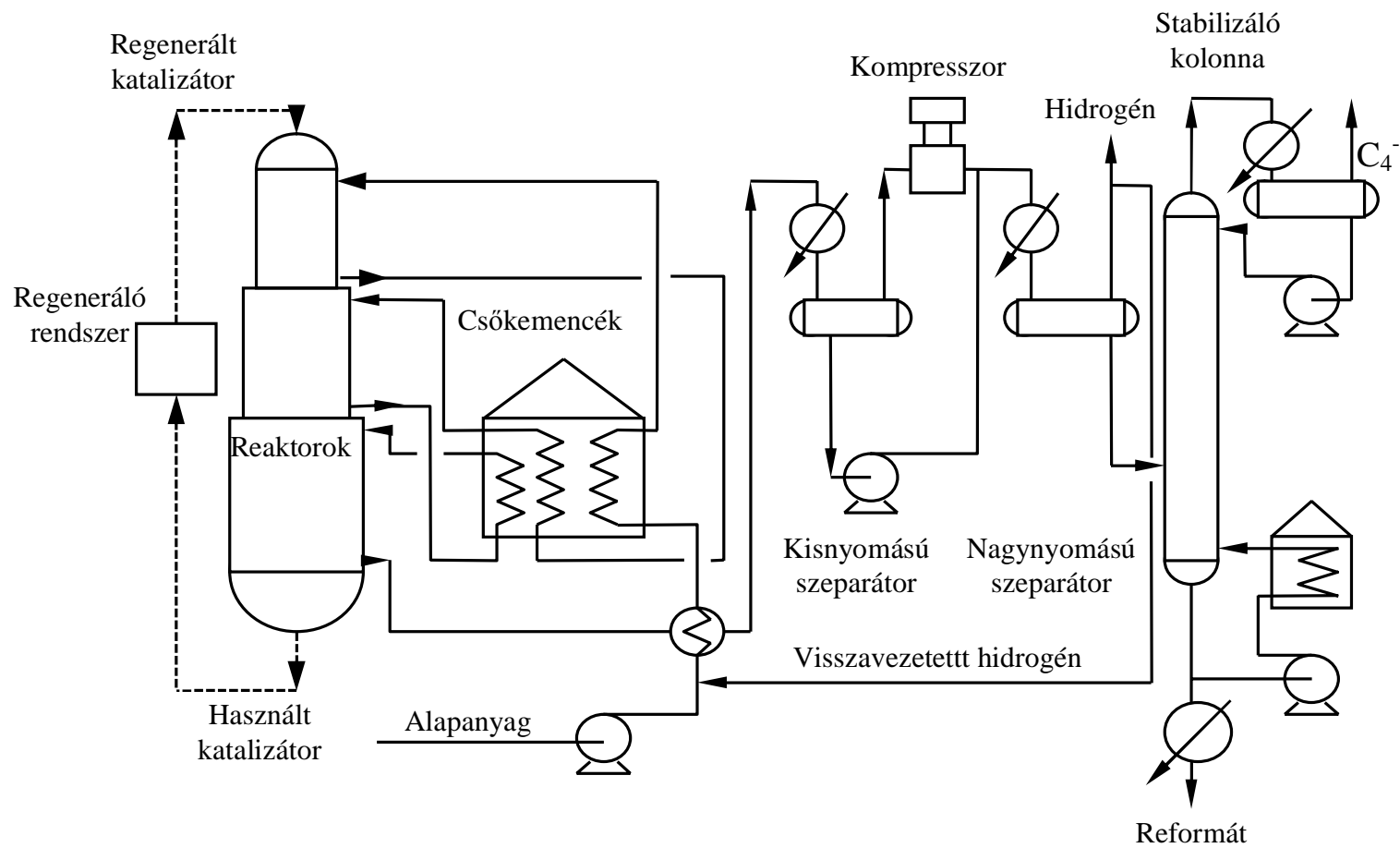


# HAGYOMÁNYOS BENZINREFORMÁLÓ ELJÁRÁS ELVI VÁZLATA





# KATALITIKUS BENZINREFORMÁLÁS FOLYAMATOS KATALIZÁTOR REGENERÁLÁSSAL





## A BENZINREFORMÁLÁS TERMÉKEINEK HOZAMAI ÉS MINŐSÉGI JELLEMZŐI

Termékek	Hozam, %	Jellemzők
Hidrogéndús gáz	7-10	Hidrogénkoncentráció: 60-80 tf%
Fűtőgáz (C <sub>1</sub> -C <sub>2</sub> )	1-3	
Propán	3-5	
Butánok	5-8	kb. 50% i-bután
Reformátum	74-84	KOSZ: 97-101 MOSZ: 86-88 Végforráspont: 20-30°C- kal nagyobb az alapanyagénál Aromástartalom >60% Sűrűség: 0,760-0,790 cm <sup>3</sup>



# REFORMÁTUMOK AROMÁS (BENZOL) TARTALMÁNAK CSÖKKENTÉSI LEHETŐSÉGEI

---

- **Benzinreformálás előtt és alatt**
  - n Alapanyag forrásponthatárok (pl. benzol- és toluol elővegyületei)
  - n Katalizátor összetétel
  - n Műveleti paraméterek
  
- **Benzinreformálás után**
  - n Frakcionálás (könnyű/nehéz reformátum)



# KÖNNYŰ REFORMÁTUM BENZOLTARTALMÁNAK CSÖKKENTÉSE

---

- **extrakció**
- **alkilezés propilénnel**
- **hidrogénezés („ördögi kör”)**
- **hidrogénezés + izomerizáció**
- **benzoltelítő izomerizálás (telítés és izomerizáció egylépésben)**



**KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!**

---