

# Szénhidrogén ipari technológiák

## Szétválasztó eljárások, Desztilláció

Kubovicsné Stocz Klára

2020 szeptember



**A dokumentum nem sokszorosítható semmilyen formában az előadó írásos engedélye nélkül!**

# Agenda



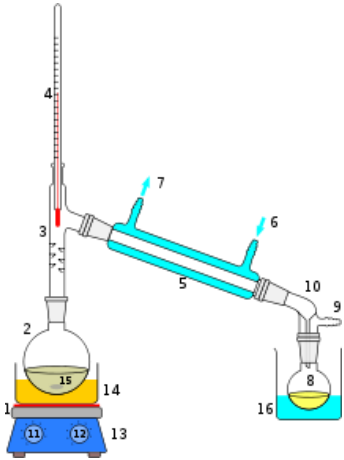
## Desztilláció

Kőolaj desztilláció

Speciális alkalmazások

# Desztilláció

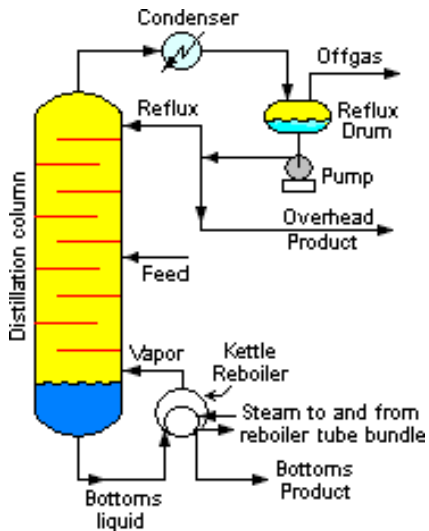
► A desztilláció lényege, hogy valamilyen cseppfolyós anyagot felmelegítünk annyira, hogy gáz halmazállapotú legyen, majd a gőzöket elvezetve, hűtéssel újra cseppfolyósítjuk. Mivel a desztilláció során az anyag szerkezetében kémiai változás nem következik be, csupán halmazállapot-változás, a desztilláció fizikai folyamat.



# Rektifikáció

► Reflux alkalmazásával lejátszódó desztilláció.

Lényege, az egymással nem egyensúlyban lévő gőz- és folyadékfázis között kétirányú anyag átbocsátás és hőátvitel megy végbe, a fázisok hőmérséklete különböző és azok egymáshoz képest áramlásban vannak. A fázisok érintkezésekor a folyadékból nagyobb mértékben párolog el az alacsonyabb forráspontú komponens, így ennek koncentrációja a gőzfázisban nő. A gőzfázisból a magasabb forráspontú komponensek részlegesen kondenzálódnak és átmennek a folyadék fázisba. A rektifikáció élesebb szétválasztást eredményez.



# Lepárlás alapelvei

- ▶ Lepárlással olyan elegyeket választunk szét amelynek minden komponense illékony, azaz minden komponensnek meghatározott, de egymástól eltérő gőznyomása van.
- ▶ Főbb alkalmazási területek:
  - ▶ kőolaj feldolgozás
  - ▶ vegyipar, petrolkémia
  - ▶ gyógyszeripar
  - ▶ élelmiszer és növényolaj ipar
- ▶ A desztilláció a legolcsóbb és legjobb módja folyadék elegyek komponensekre történő szétválasztásának, kivéve ha:
  - ▶ Az illékonyság a szétválasztandó komponensek között túl kicsi
  - ▶ Ha kis mennyiségű magas forráspontú komponenst akarunk az alapanyagból kinyerni
  - ▶ Ha az elegy nagyon korrozív, vagy sok lerakódásra hajlamos szennyezést tartalmaz.

# Folyamatos desztilláció fajtái

## ▶atmoszférikus és vákuum desztilláció

### ▶vízgőz desztilláció:

olyan desztilláció, ahol vízgőzként vízgőzt használnak. A desztillálandó folyadékon átbuborékolgatott vízgőz tenziója segít elérni a külső nyomás értékét, így a magas forráspontú anyagok alacsonyabb hőfokon is átdestillálhatók

### ▶azeotróp desztilláció:

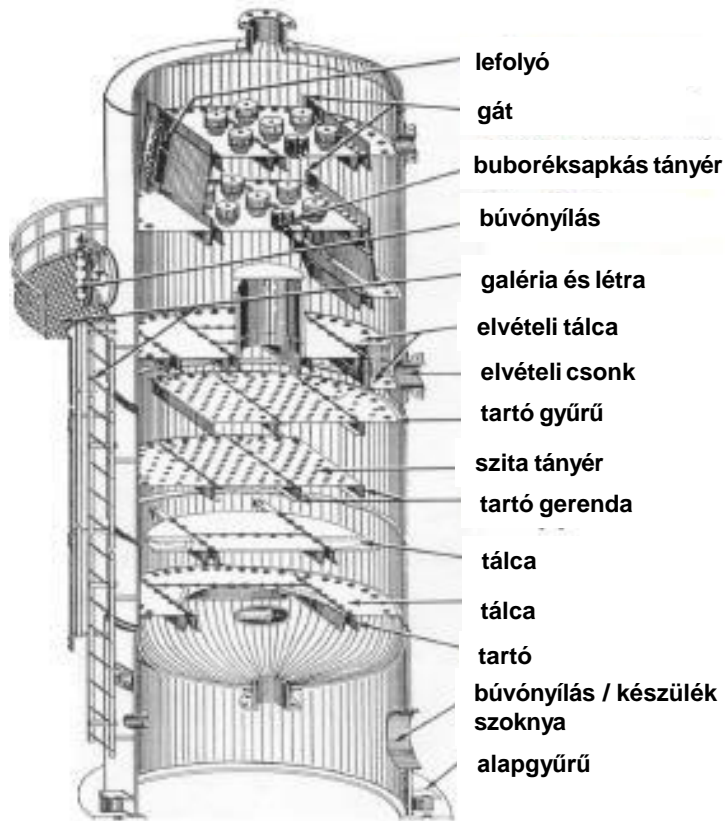
nehezen szétválasztható komponensekhez (pl.: azeotróp elegyet képező komponensek) olyan vegyületet adunk, amely minimális forráspontú azeotrópot képez valamelyik komponenssel

### ▶extraktív desztilláció:

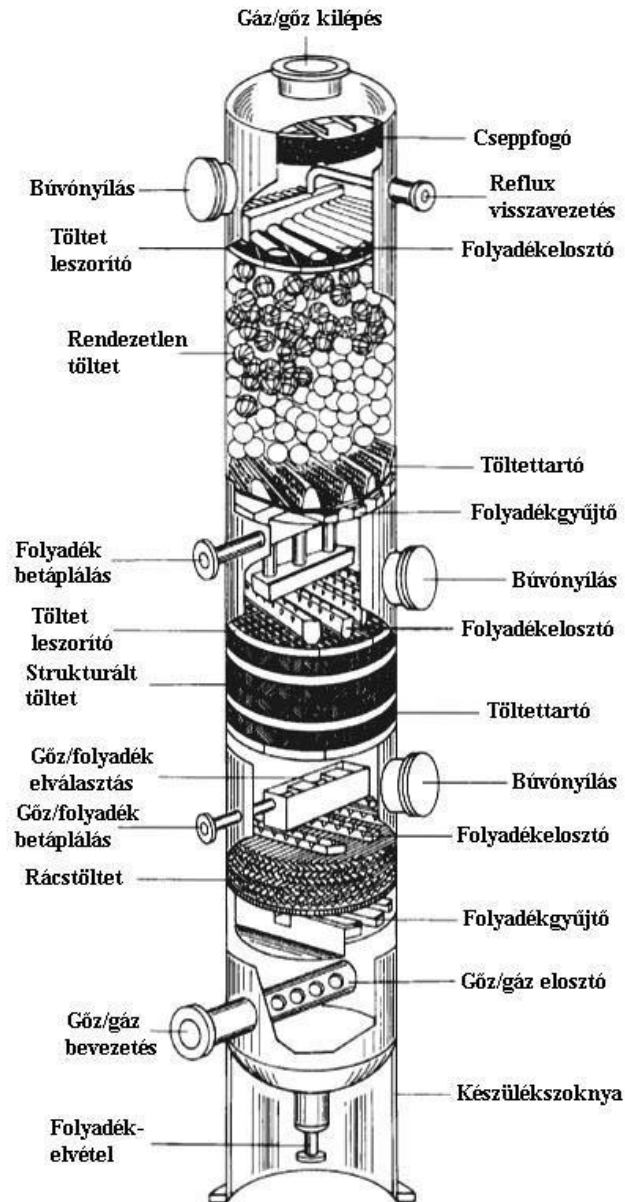
lényege, hogy a desztilláló kolonnában felfelé áramló gőzökkel szemben ellenáramban egy olyan oldószer áramlik lefelé, ami bizonyos típusú komponenseket szelektíven old, és így azok relatív illékonyságát csökkenti. (poliglikolok oldják az Aromásokat, így csökkentve azok relatív illékonyságát)

# Desztillációs kolonna részei

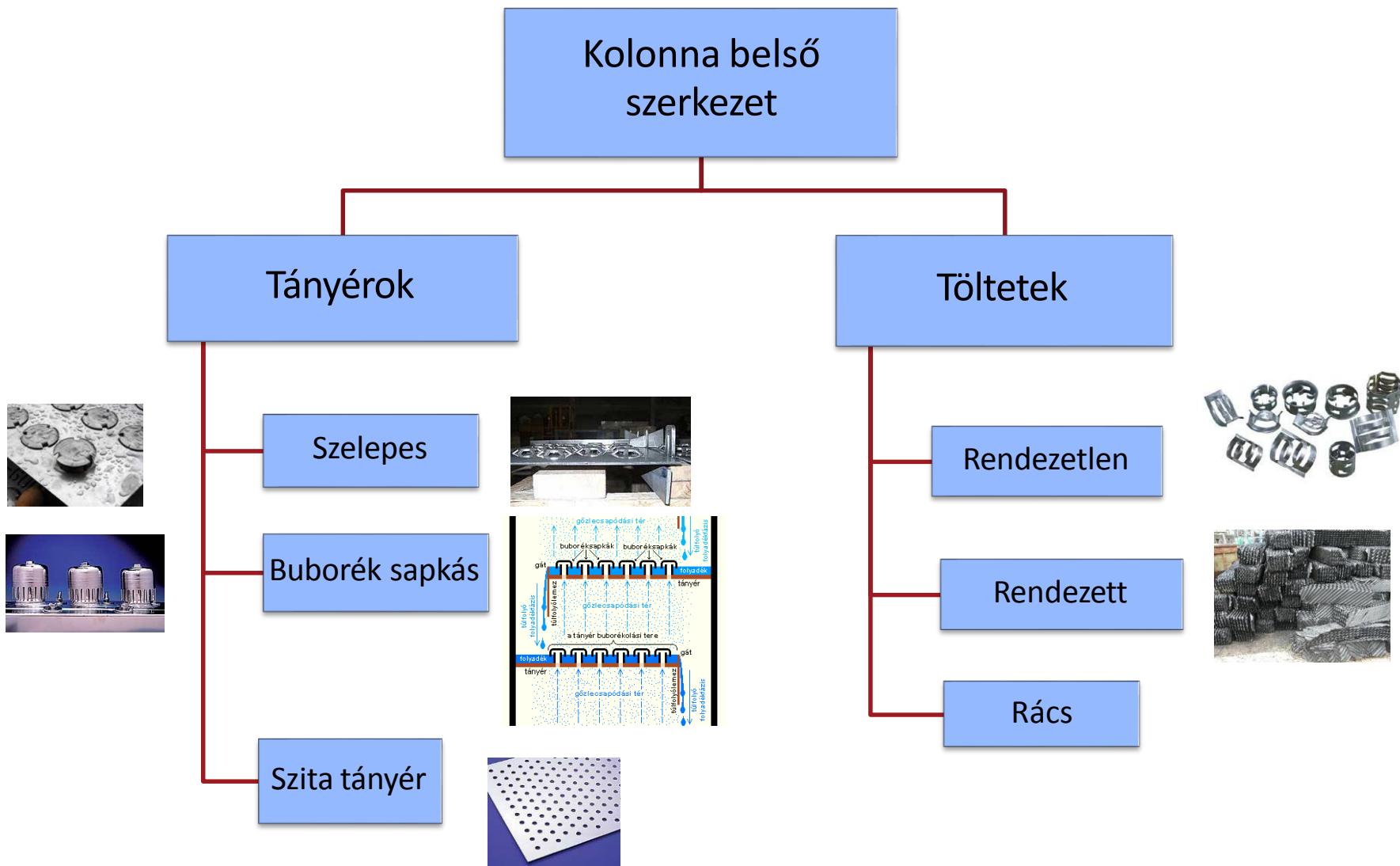
## Tányéros kolonna



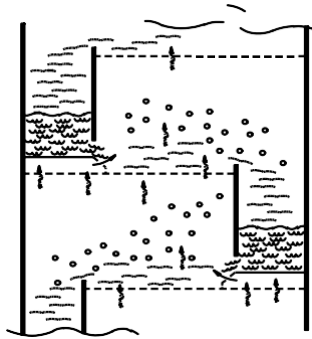
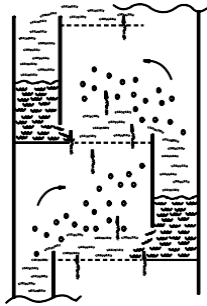
## Töltetes kolonna



# Desztillációs kolonna belső szerkezetek



# Hagyományos és Nagyhatékonyságú tányér szerkezet összehasonlítása



## ► Előnyök összehasonlítva a hagyományos tányérszerkezettel:

- Nagyobb kapacitás: 30%
- Alacsonyabb nyomásesés: 20%
- Azonos vagy jobb anyagátadási képesség
- Egyenletesebb folyadék áramlás
- Egyenletesebb gőz eloszlás
- Jobb ellenálló képesség a szennyezőanyagok lerakódásával szemben



ULTRA-FRAC® trays



SUPERFRAC® trays

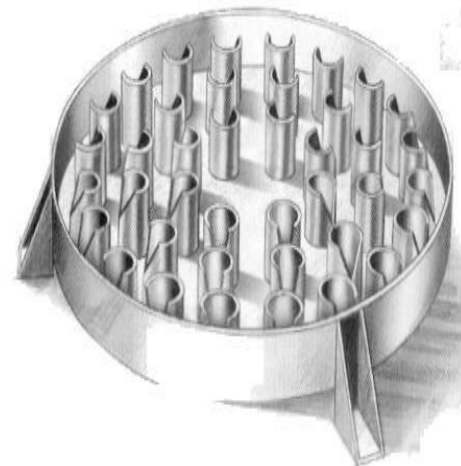
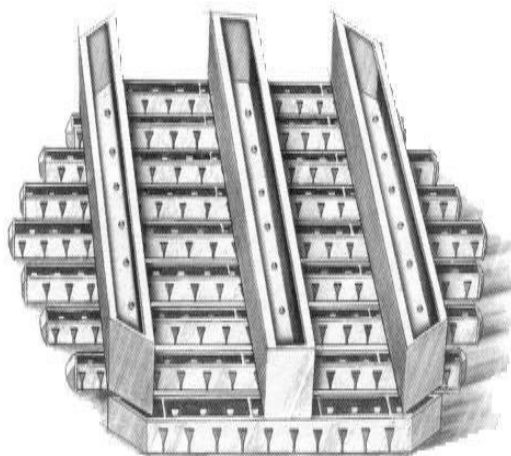
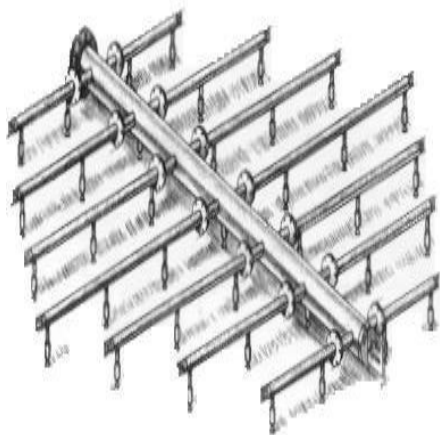


Stepped-Multi-chordal Downcomer

VGPlus Trays



# Folyadékelosztók, újraelosztók



Töltet típus	Ajánlott elosztási pontok száma (minimum)		
	60 pont/m <sup>2</sup>	85 pont/m <sup>2</sup>	130 pont/m <sup>2</sup>
Drótszövet			BX és CY típus
FLEXIPACK és FLEXIPACK HC strukturált töltetek	205Y és nagyobb	1.6Y és 1.4Y/350Y	1Y és kisebb
INTALOX strukturált töltetek	1.5T és nagyobb	1T és kisebb	
IMTP rendezetlen töltet	25 és nagyobb	15	
CMR rendezetlen töltet	1.5 és nagyobb	1	

# Tányérszerkezet összehasonlítása

Tányértípus	Tervezési algoritmus hozzáférhetősége	Beszerzési költség	Piaci részesedés
Szitatányér	Jó	Alacsony	~20 %
Szelepes tányér	Nehezen hozzáférhető	20% nagyobb mint a szita tányér	~75 %
Buboréksapkás tányér	Jó	Magas	~5 %

Tányértípus	Karbantartási igény	Érzékenység a szilárd szemcsékre	Érzékenység a korrozív közegre
Szitatányér	kicsi	kicsi	kicsi
Szelepes tányér	kicsi - közepes	Kicsi - közepes	Kicsi - közepes
Buboréksapkás tányér	Viszonylag nagy	Nagy	Nagy

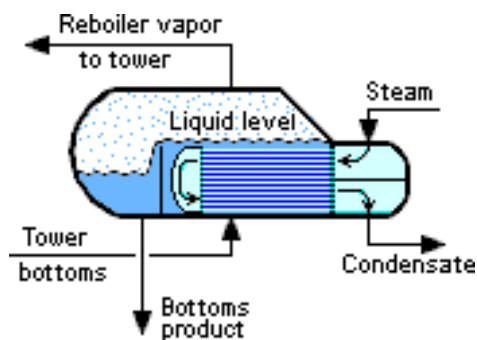
# Tányérok – töltetek

## Előnyök – hátrányok

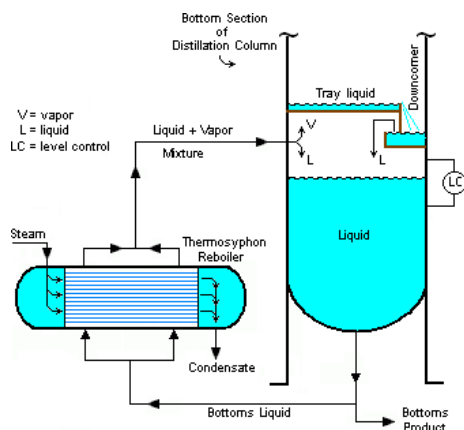
Eszköz	Előny	Hátrány
<b>Rendezett töltet</b>	Kis nyomásesés Nagy gőz kapacitás Nagy hatékonyság Alacsony cseppelhordás Jó habzó képességű anyagok esetén Könnyen beépíthető	Érzékeny szennyeződésre Érzékeny korrózióra Nagy folyadékterhelés esetén nem alkalmazható Alacsonyabb mechanikai szilárdság Nagy nyomás esetén nem alkalmazható
<b>Rendezetlen töltet</b>	Közepes nyomásesés Alacsony cseppelhordás Korrózió álló anyagból készíthető Jó szennyezett anyagok esetén	Alacsonyabb hatásfok mint a rendezett töltet Nehéz eltávolítani
<b>Nagy teljesítményű tányér</b>	Közepes szennyezőanyag tűrő képesség Mechanikailag szilárd Alacsony axiális keveredés	Közepesen erős cseppelhordás Habzó anyag esetén nem alkalmas Alacsonyabb hatásfok mint a rendezett töltet Nehezebb beépíteni Nagy nyomásesés
<b>Rács</b>	Kis nyomásesés Nagy szennyezőanyag tűrőképesség Nagy gőz és folyadék kapacitás	Nagyon alacsony hatásfok, elválasztó képesség

# Reboilerek

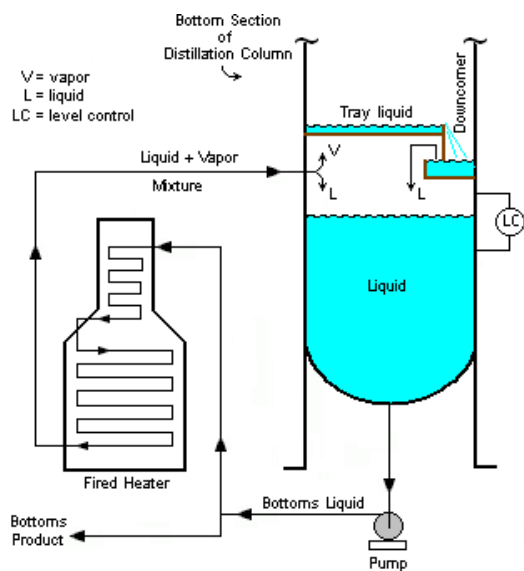
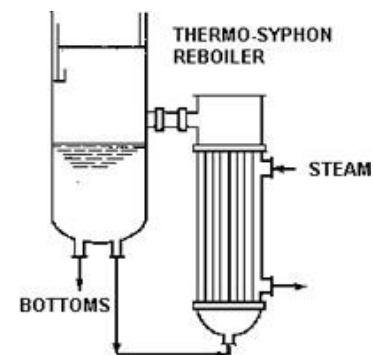
Kettle típusú reboiler



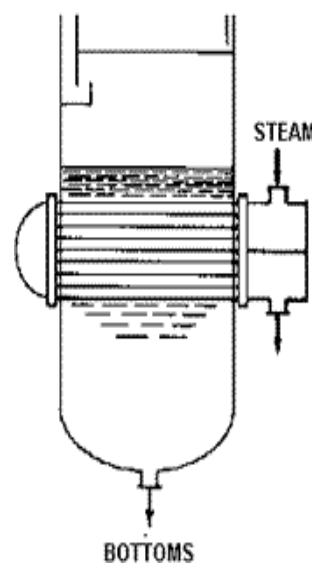
Thermoszifon reboiler (vízszintes)



Thermoszifon reboiler (függőleges)

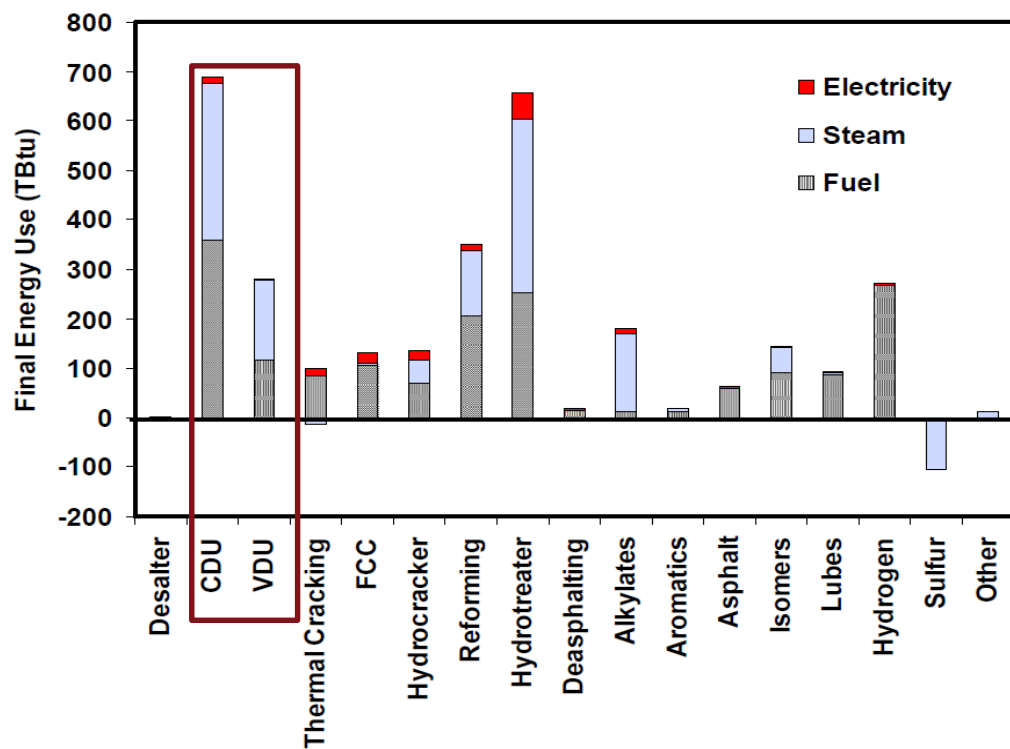


INTERNAL REBOILER



# Energia hatékony desztilláció

- ▶ A desztillációs technológia az egyik legnagyobb energia fogyasztó az olajipari feldolgozási folyamatban
- ▶ Hatékony desztillációs berendezések tervezése és működtetése a releváns fiziko-kémiai ismertek meglétét igényli.



Energia felhasználás primer energia fogyasztásként van számolva

Villamos energia felhasználás 10,66 Btu/kWh fűtőanyag egyenértékkel van számolva

Minden gőz kazánban van előállítva 77%-os hatásfokkal

# Fej-fenék termékes „egyszerű” desztillációs kolonna koncepcionális tervezése

- ▶ két termékes desztillációs kolonna: a betáplálás két termékre van elválasztva, ahol a kolonna rendelkezik kondenzátorral és kiforralóval.
- ▶ koncepcionális tervezés azt jelenti, hogy meghatározzuk azokat a működési és tervezési paramétereket, melyek biztosítják hogy a kolonna az elvártnak megfelelően, hatékonyan tudjon működni.

# Desztillációs kolonna tervezés szabadsági fokai

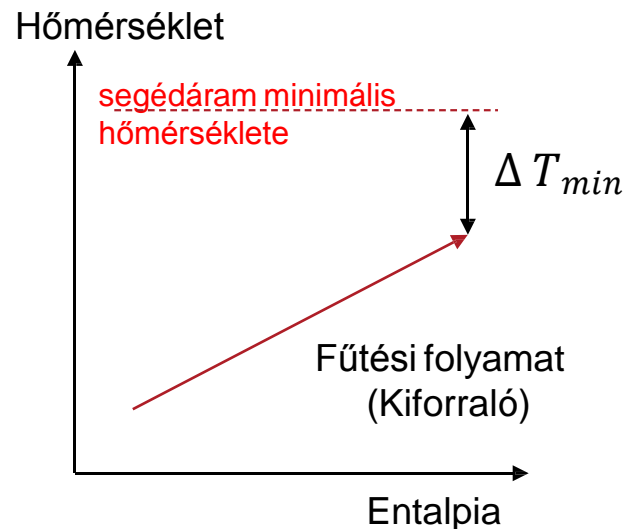
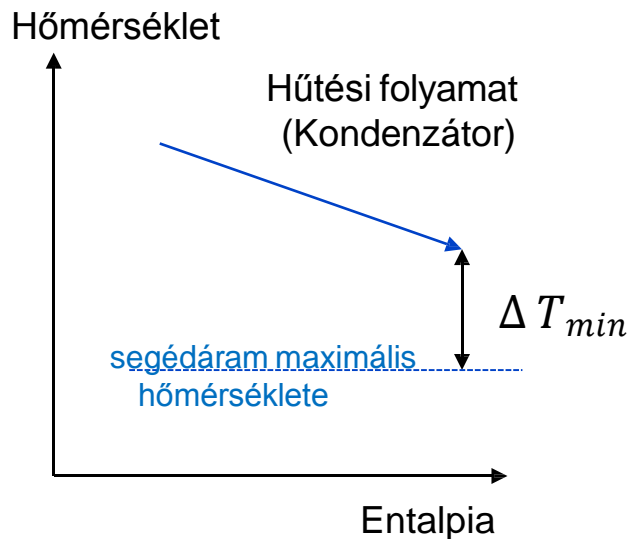
Változtatható paraméterek a tervezés során:

- ▶ Kolonna működési nyomása
- ▶ Nyomás esés
- ▶ Betáplálás hőmérséklete
- ▶ Betáplálás nyomása
- ▶ Elméleti tányér száma
- ▶ Betáplálás helye
- ▶ Kondenzátor típusa

(A betáplálás mennyisége és összetétele definiált.)

**Ezen paraméterek jelentős hatással vannak az elválasztás fűtési és hűtési energia igényére.**

# Fűtő és hűtőközeg (segédáram/ Utility) hőmérséklete

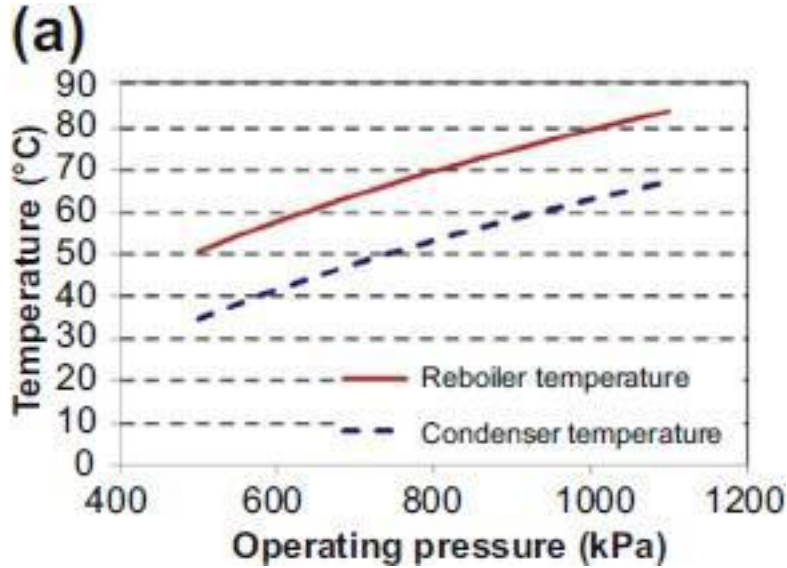


A segéd áramok hőmérséklet igényét a kondenzátor és kiforraló hőmérséklet szintje határozza meg.



# Desztillációs kolonna működési nyomása

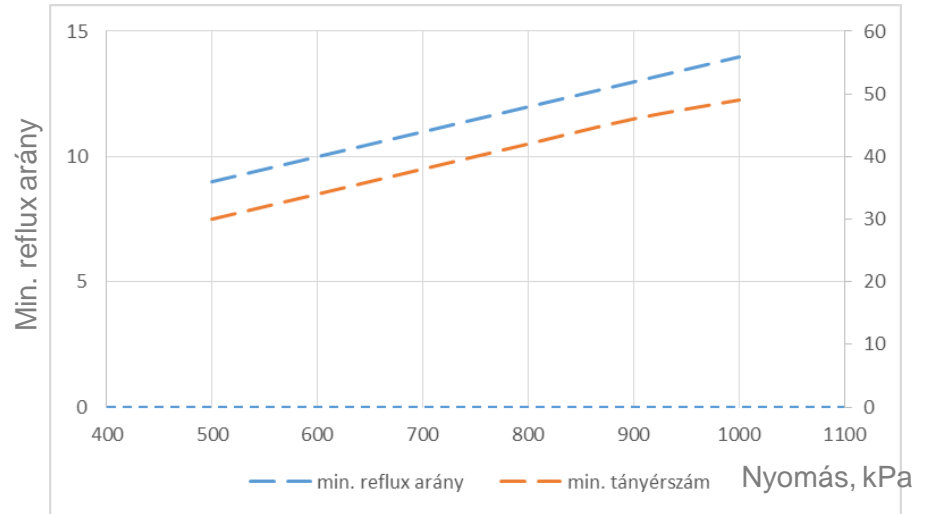
Hőmérséklet, °C



Nyomás, kPa



A kolonna nyomása befolyásolja a segédáramok hőmérsékletét. Az elegy buborék és harmatpontja erősen függ a nyomástól.



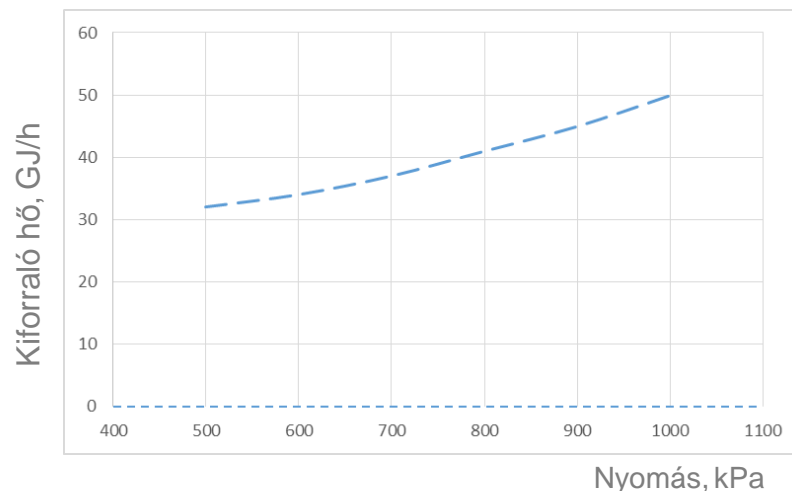
Min. tányérszám



Min. reflux arány és a min. tányérszám nő a nyomással.  
**Nagyobb működési nyomás, nagyobb CAPEX**

# Desztillációs kolonna működési nyomása

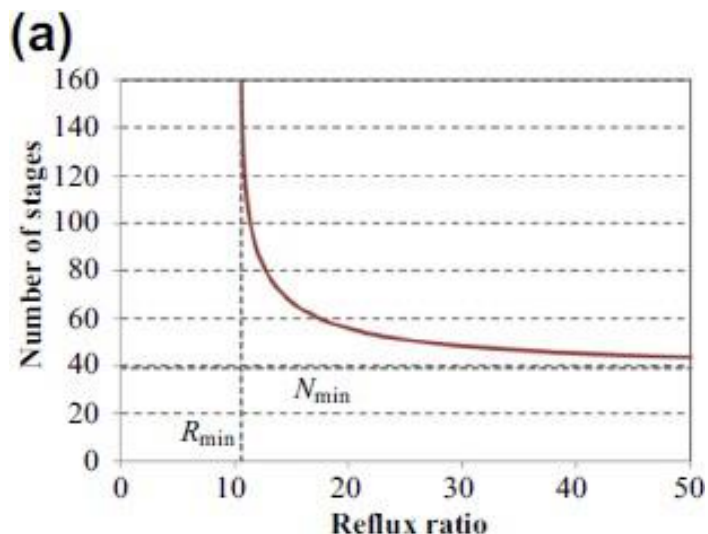
A nyomás növekedésből származó magasabb reflux igény növeli a kiforralás hőigényét.



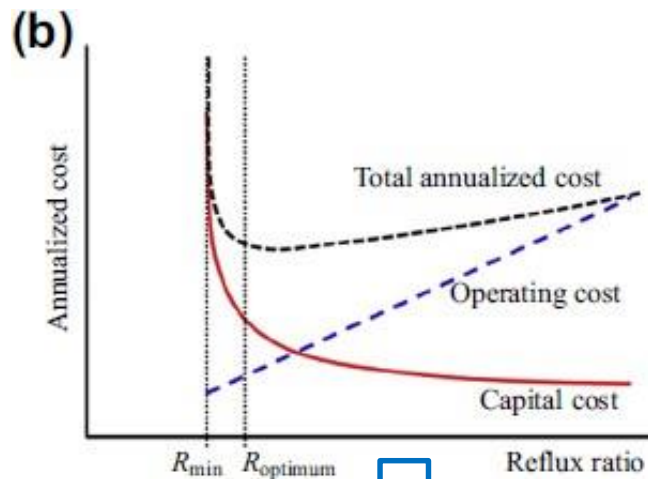
A logikus következtetés, hogy legjobb atmoszférikus nyomáson működtetni, hacsak nincs alapos indok eltérni ettől, ilyen lehet például:

1. A nyomás növelésével elkerülhetjük hűtőgép alkalmazását, vagy enyhébb körülmények közötti használatát;
2. Vákuum használatával elkerülhetjük hőérzékeny anyagok degradálódását
3. Nyomás változtatásával (fel, vagy le) lehetőség nyílik a hő hasznosításra a teljes folyamaton belül
4. **A betáplálási nyomás növelés költsége meghaladja a magasabb üzemi nyomás előnyeit.**

# Elméleti tényérszám változtatása



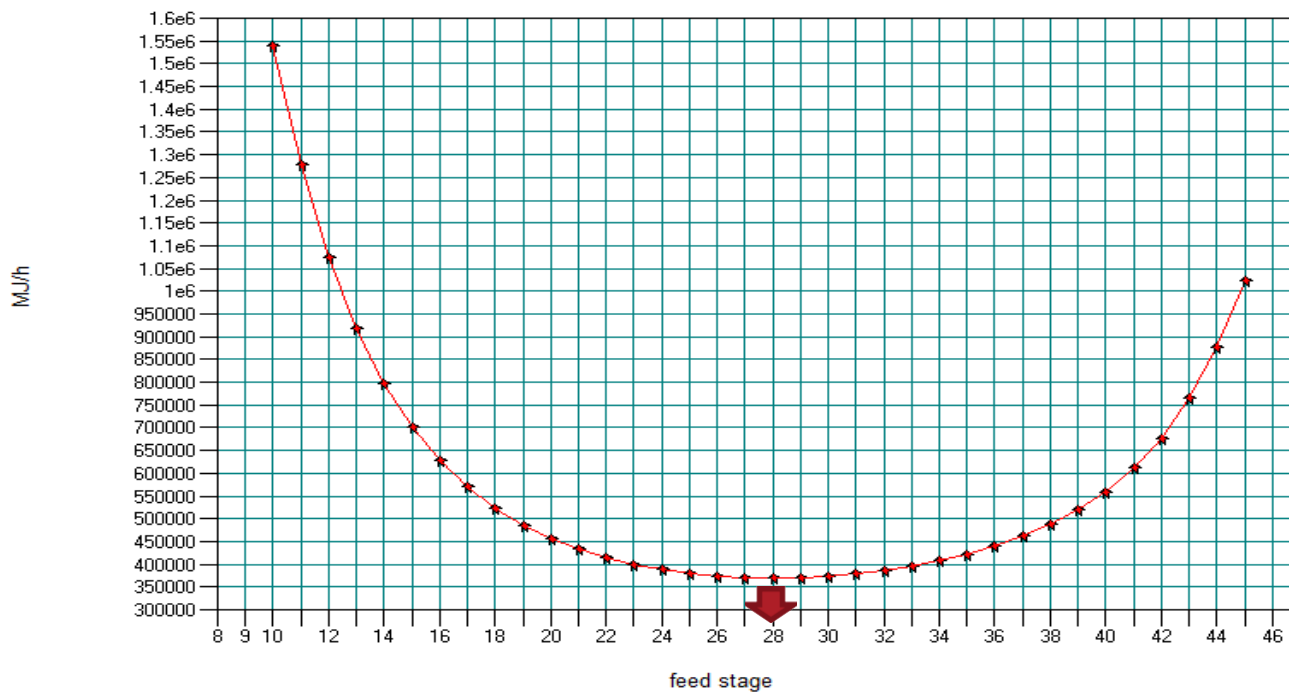
Eltérő tényérszám esetén a szükséges reflux arány változik melynek következtében változik a szükséges reboiler és kondenzátor hőigény



A feltételek ismeretében a reflux arányokhoz szükséges a CAPEX és a működési költségek számítása, melynek összege adja a teljes költséget. Ennek minimuma mutatja meg az optimális reflux arányt, melyből az optimális kolonna mérete meghatározható

# Optimális betáplálási hely meghatározása

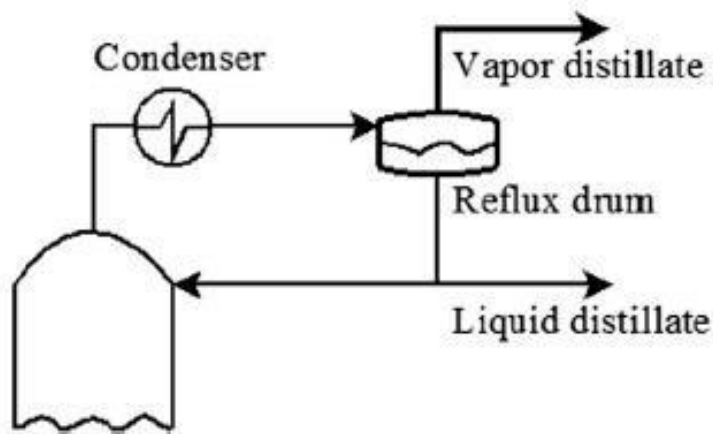
feed tray



★ reb duty

A kolonna tányérszámának ismeretében az optimális betáplálási hely meghatározható, ha állandósult termék minőségekhez meghatározzuk a minimális hőigényt.

# Kondenzátor típusa



**Totál kondenzátorban** az összes gőz termék lekondenzál. A szükséges mennyiségű refluxot visszavisszük a kolonnába, míg a többlet kondenzátum termékként kerül kitárolásra

**Parciális kondenzátorban** a gőz egy része kondenzál, míg a maradék része gőz halmazállapotban kerül kitárolásra. A lekondenzált folyadék fázis részben vagy teljes egészében visszavezethető a kolonnába refluxként.

# Agenda



Desztilláció

**Kőolaj desztilláció**

Speciális alkalmazások

# Agenda

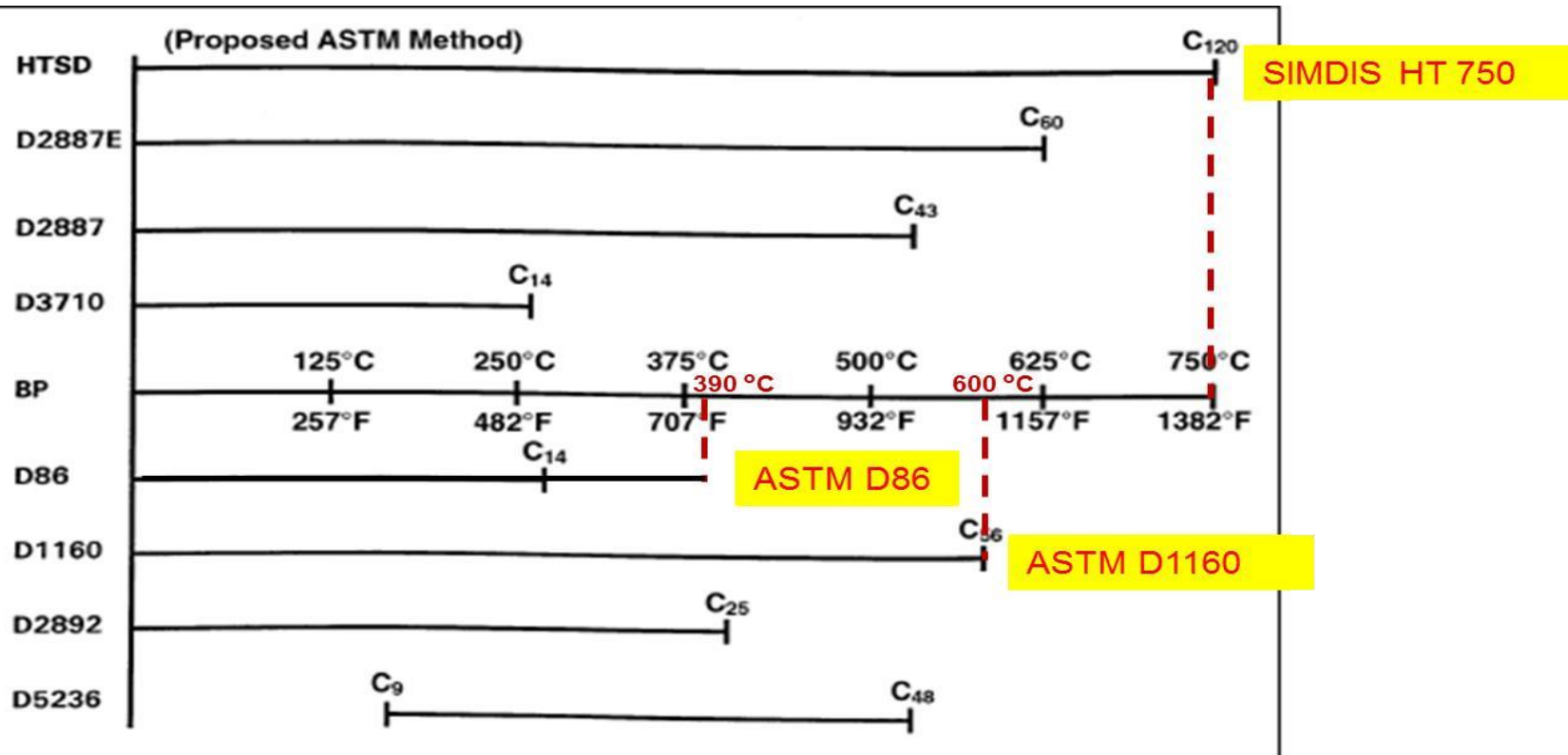


Desztilláció

**Kőolaj desztilláció**

Analitikai módszerek (alapanyag és termékek)

# Analitikai módszer vs. forráspont

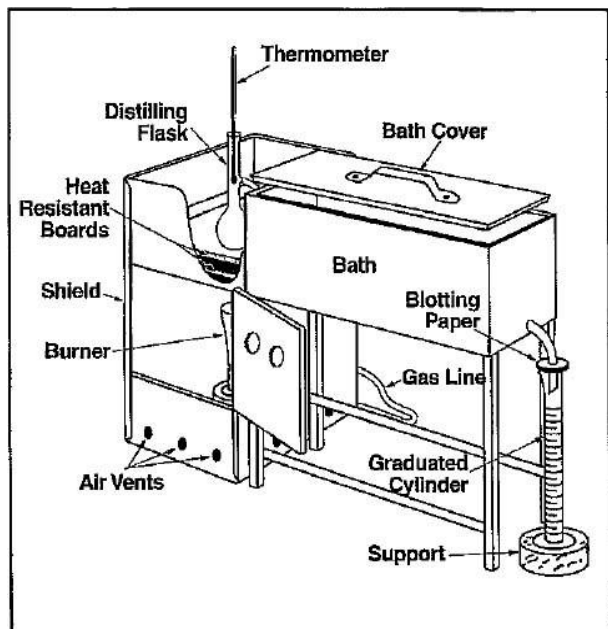


ASTM és SIMDIS módszerek alkalmazási tartománya  
(forráspont és n-paraffin szénatom szám)

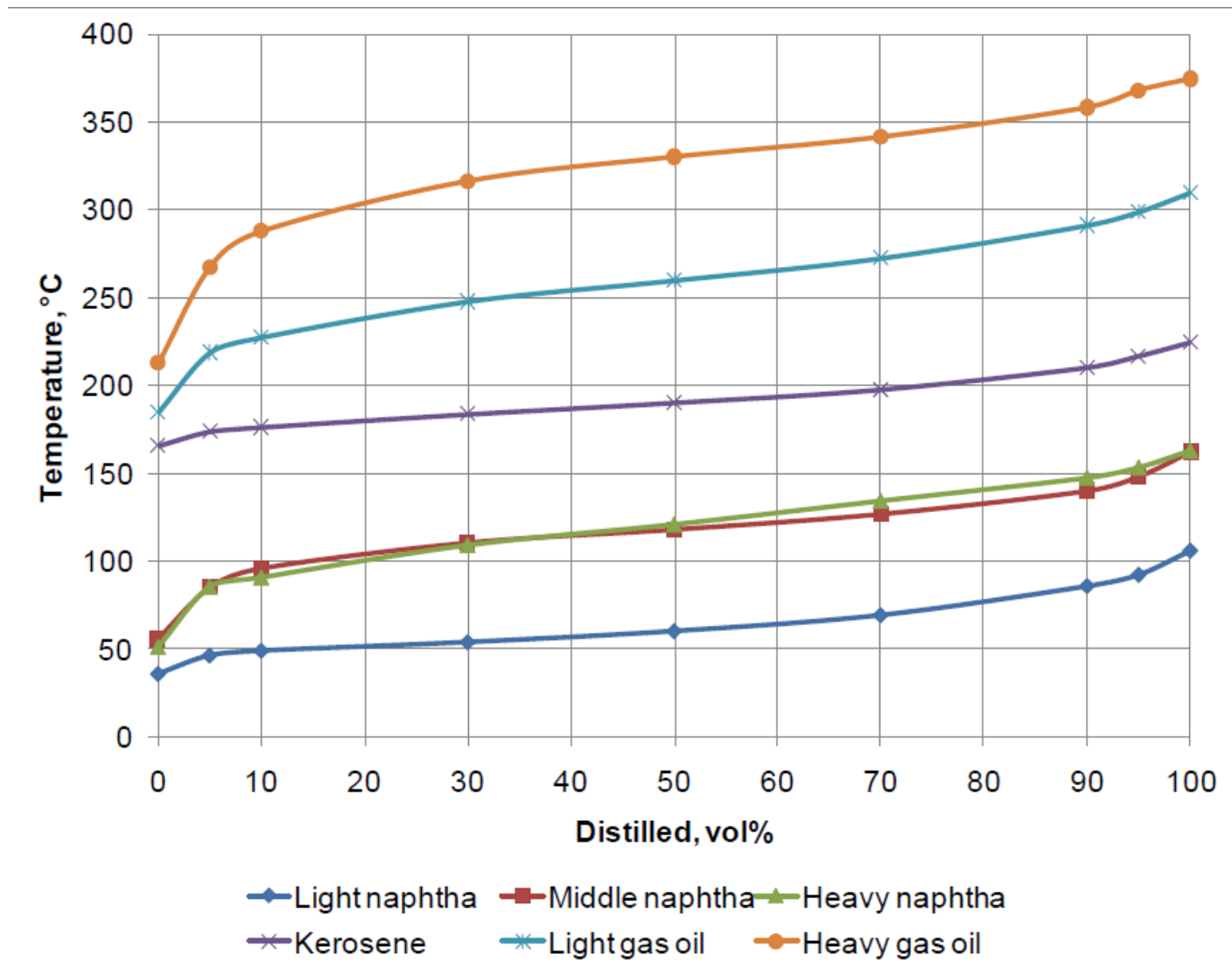


# Engler desztilláció (ASTM D86)

- Kezdő forráspont:** az első csepp megjelenésekor leolvasott gőztéri hőmérséklet, normál légnyomásra korrigálva, °C
- Végő forráspont:** az a hőmérséklet, amelynél még szedünk párlatot és a hőmérséklet nem csökken, °C
- Átdestillált mennyiség:** a végő hőmérsékletnek megfelelő desztillátum mennyisége, ml
- Maradék:** a lombikban maradt anyag mennyisége, ml
- Veszteség:** (bemért – átdestillált – maradék) anyag mennyiség , ml



# Atmoszférikus termékek desztillációs görbéje, ASTM D86



# Kromatográfiás retenciók idő vs. forráspon

**SIMDIS**

Boiling points of *n*-alkanes (ASTM method D2887-97<sup>(1)</sup>)

Carbon number	BP (°F)	Carbon number	BP (°F)
1	-258.7	46	1033
2	-127.5	48	1051
3	-44	50	1067
4	32	52	1083
5	97	54	1096
6	156	56	1112
7	209	58	1126
8	259	60	1139
9	303	62	1152
10	345	64	1164
11	385	66	1175
12	421	68	1186
13	455	70	1197
14	489	72	1207
15	520	74	1216
16	549	76	1227
17	576	78	1238
18	601	80	1247
20	651	82	1258
22	696	84	1267
24	736	86	1276
26	774	88	1283
28	808	90	1292
30	840	92	1299
32	871	94	1306
34	898	96	1314
36	925	98	1321
38	948	100	1328
40	972	110	1355
42	993	120	1382
44	1013		

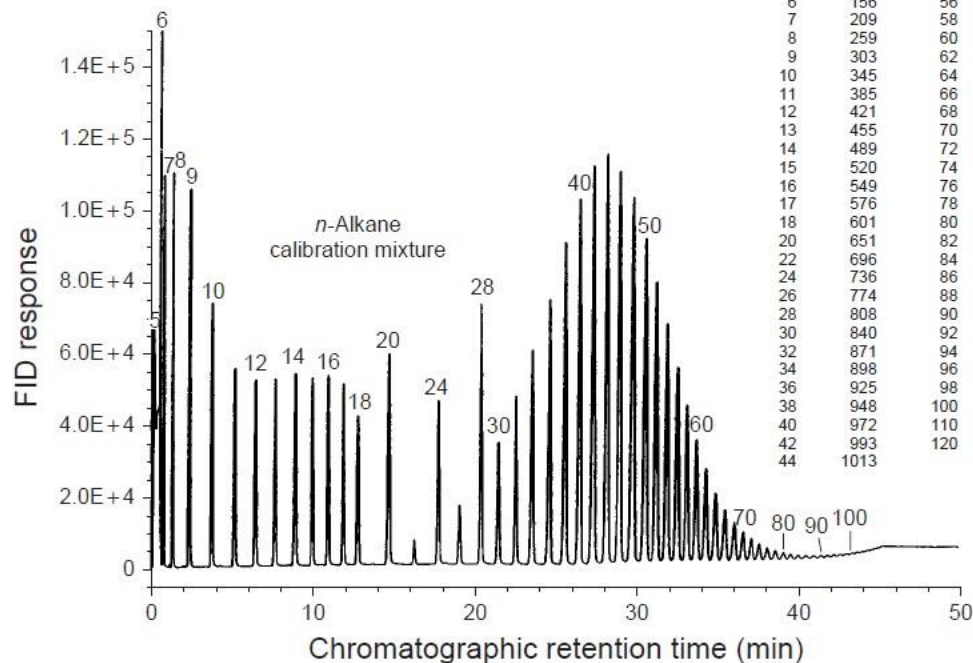
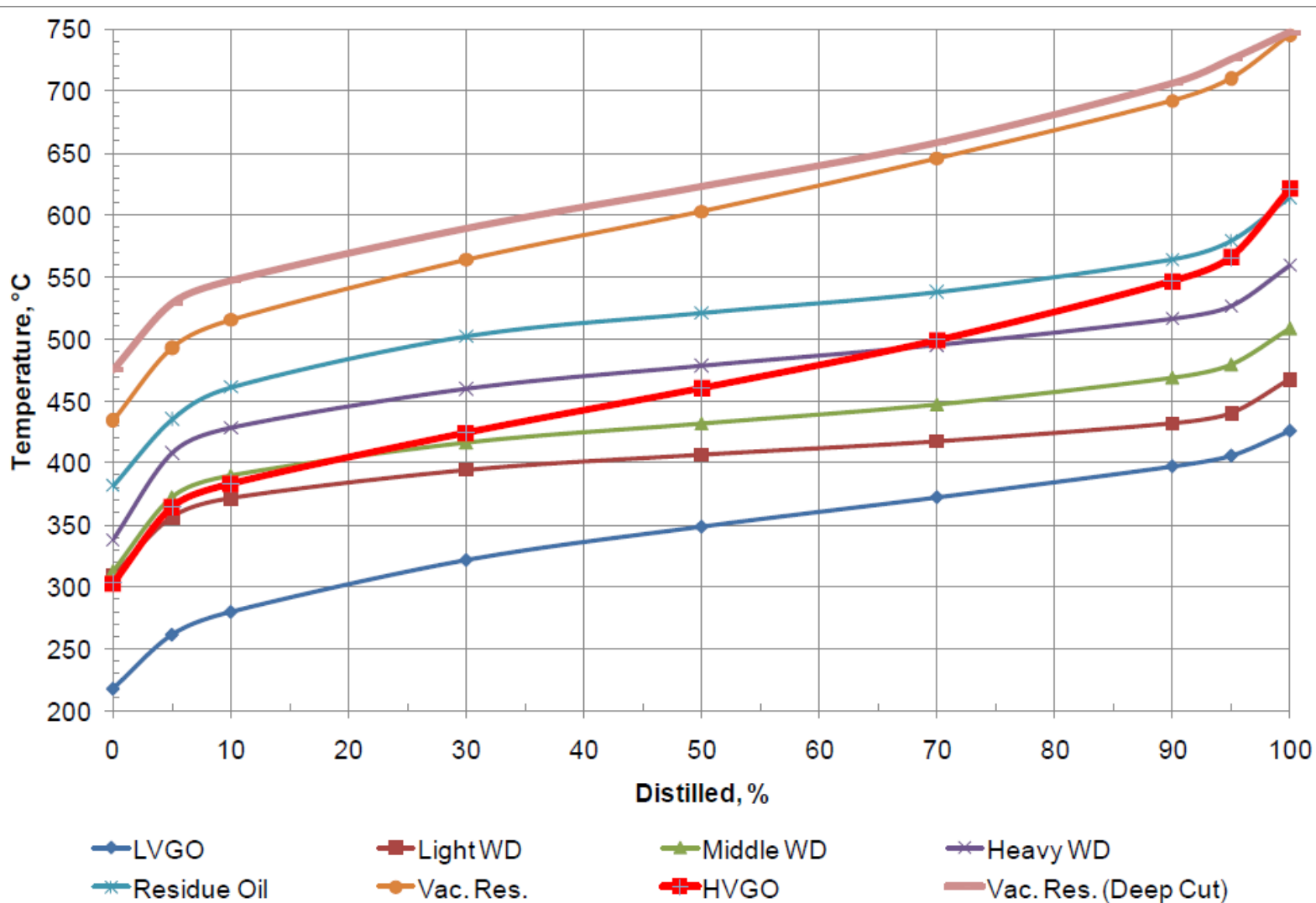


Figure 1: Bruker 450-GC SimDist Analyzer.

# Vákuum termékek desztillációs görbéje, SIMDIS HT-750



# Agenda



Desztilláció

## **Kőolaj desztilláció**

Analitikai módszerek (alapanyag és termékek)

Üzemi konfigurációk

# Eltérések a Kőolaj desztilláló üzemek között

## Konfiguráció

- Integrált vagy külön álló atmoszférikus és vákuum desztilláció
- Desztillációs kolonnák száma
- Cirkulációs refluxok száma

## Működés

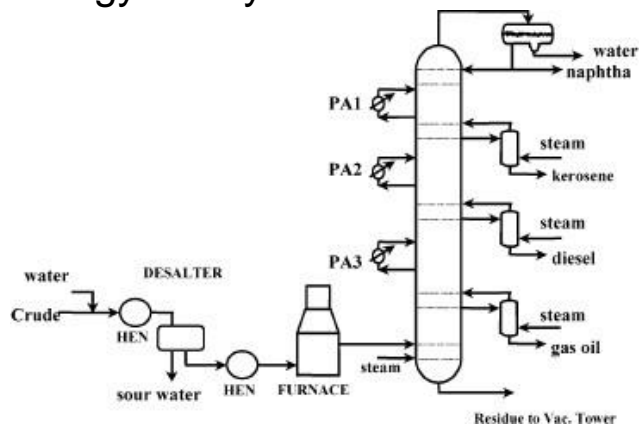
- Feldolgozott kőolaj típusa
- Termékek hozamstruktúrája
- Hőmérséklet (előmelegítő-sor kilépő hőm., kemence (be-, ki-), megcsapolási hőmérséklet)
- Nyomás
- Gőzt használnak sztrippelésre vagy nem (nedves (wet) vs. száraz (dry))

## Energia hatékonyság

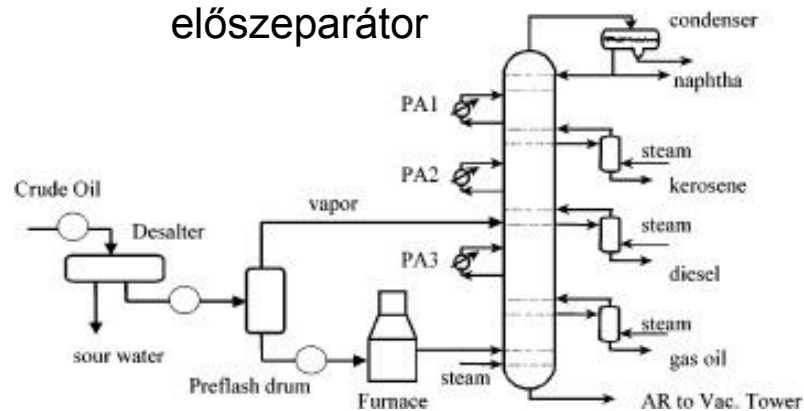
- Hő integráció
- Elválasztási hatékonyság
- Kemencék és hőcserélők állapota

# Kőolaj desztilláció

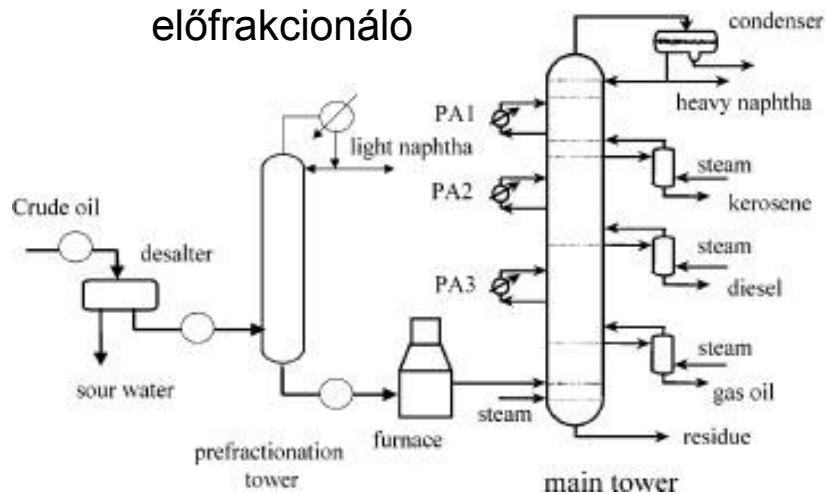
hagyományos



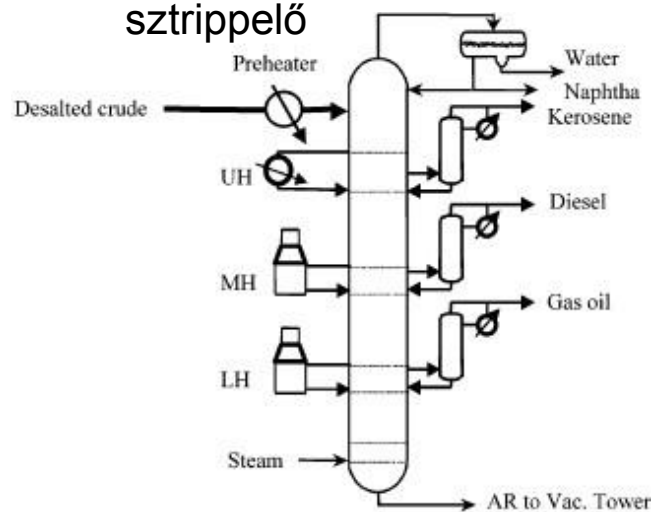
előszeparátor



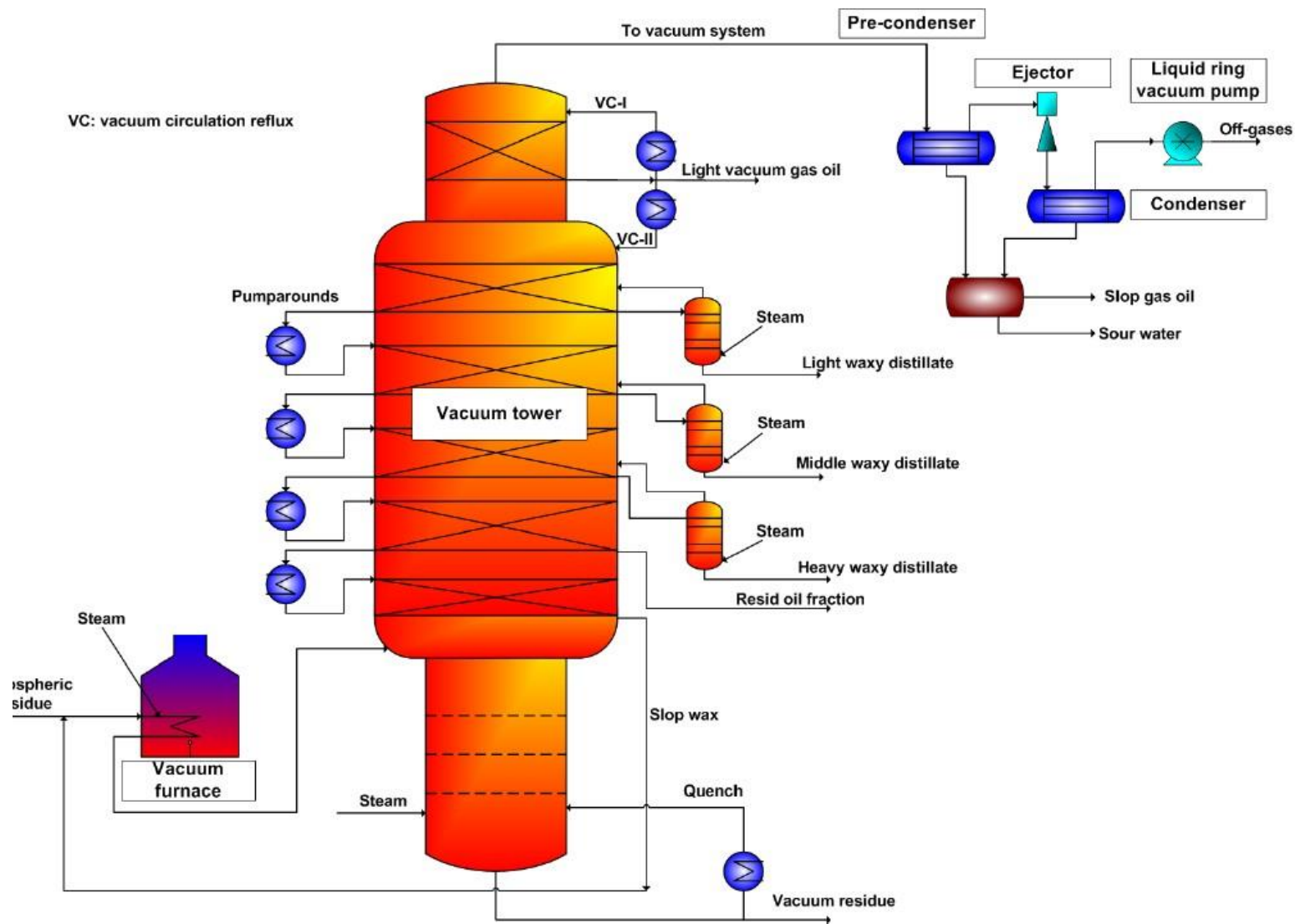
előfrakcionáló



sztrippelő

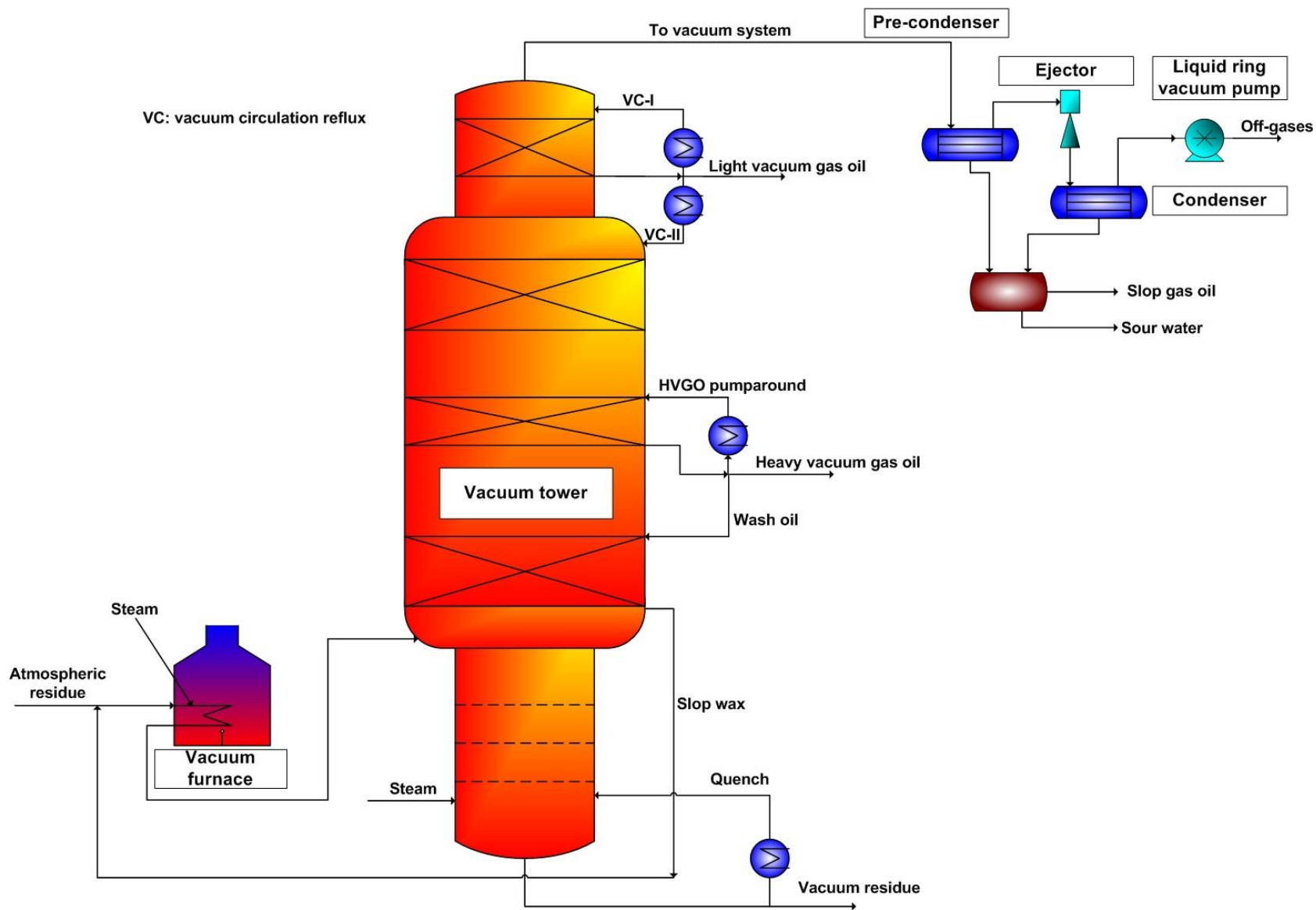


# Vákuum desztilláció– I. Kenőolaj termelés





# Vákuum desztilláció – II. üzemanyag termelés



# Kőolaj desztillációs üzemek a Dunai finomítóban



AV-1

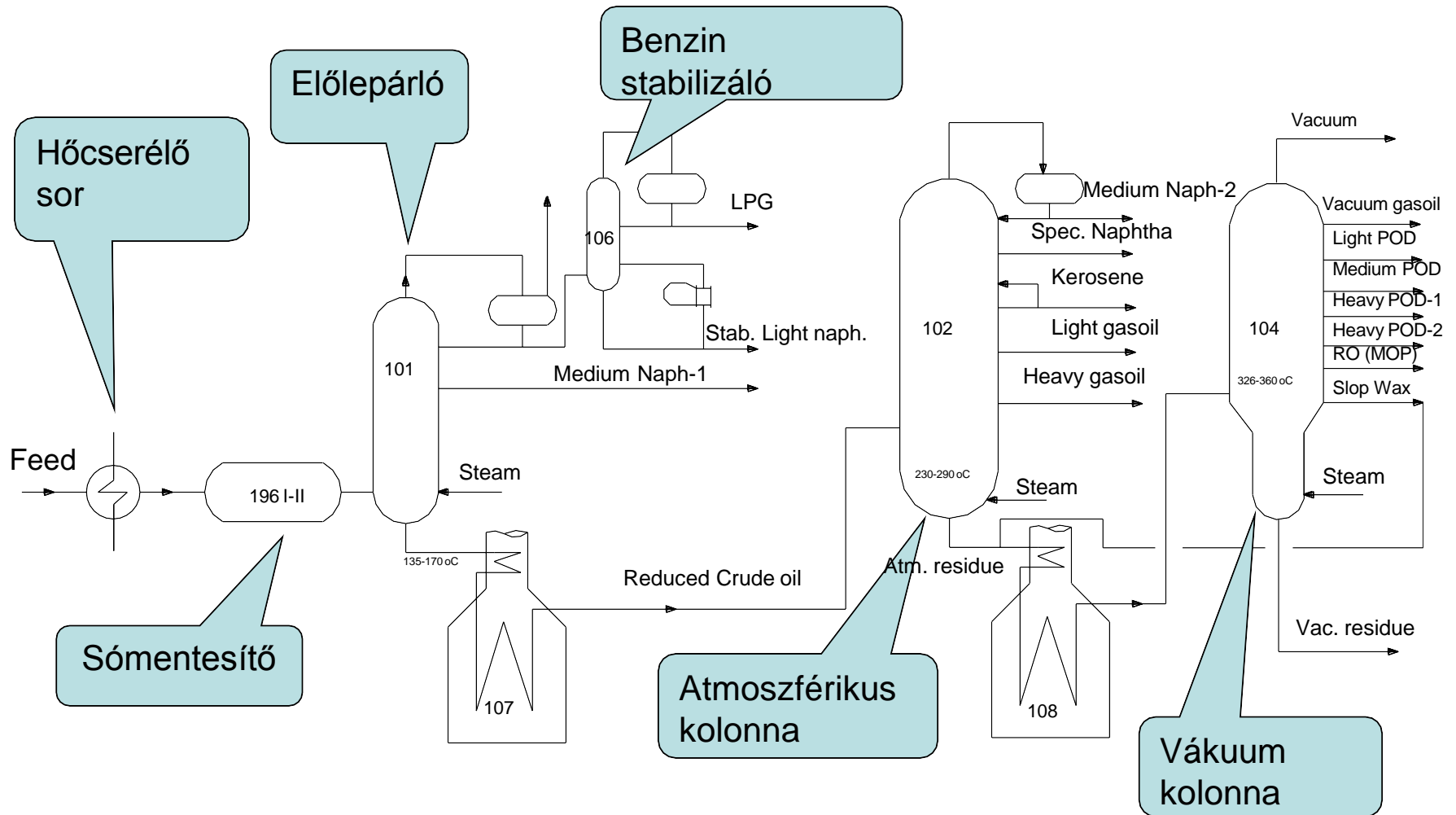


AV-2



AV-3

# AV üzemek főbb részegységei



# Hőcserélő sor

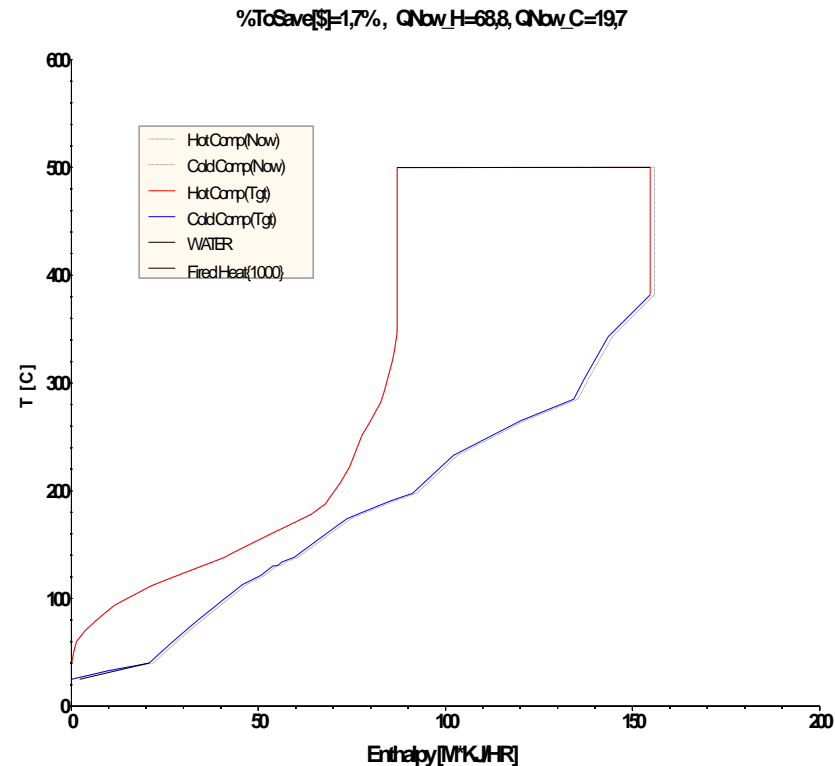
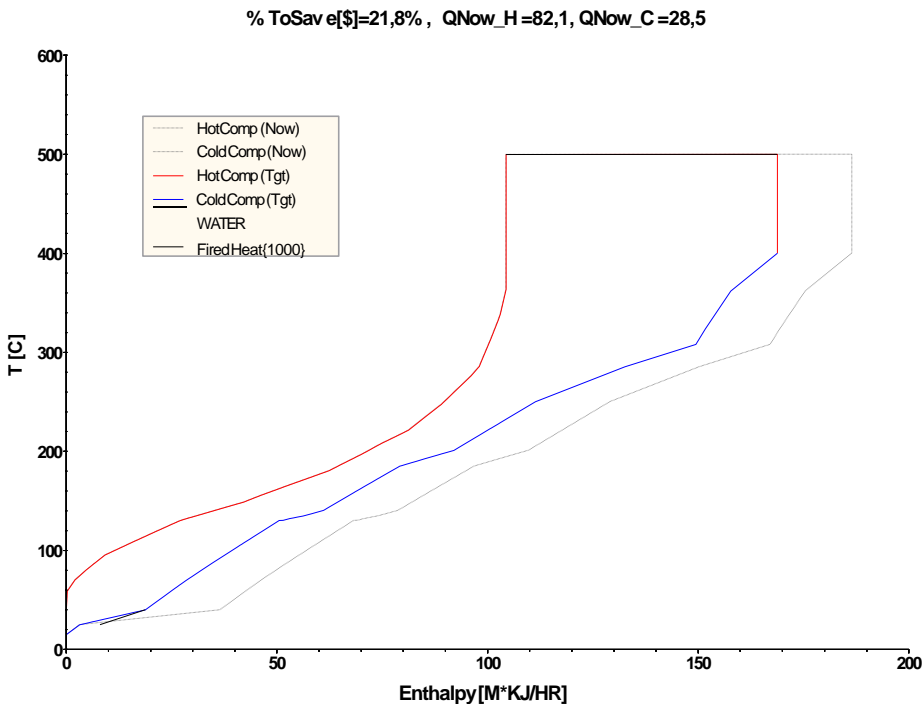


- ▶ A sómentesítő előtt a kőolajat felmelegítjük 120-140 °C-ra két párhuzamos előmelegítő soron.
- ▶ A sómentesítés után a kőolaj 170-180 °C-ra melegszik elő.
- ▶ Mialatt a kőolaj előmelegszik, a termékek és a cirkulációs refluxok lehűlnek.

▶ A jó hőátadás (tisztá hőcserélők) energetikai szempontból fontos



# Hőintegráció, pinch analízis – kompozit görbe



# Sómentesítő

## ▶ Funkció:

- ▶ Nyersolaj só- és vízmentesítése

## ▶ Miért szükséges a sómentesítés:

▶ A rosszul működő sómentesítő közvetlen hatással van az atmoszférikus kolonna működésére

- ▶ A kemencékben és hőcserélőkben lerakódást okoz
- ▶ Korrózió a fejtermék vonal berendezéseiben (páracső, kondenzátor)
- ▶ Atmoszférikus maradék magas Na tartalmának hatása

- A lerakódás nő a vákuum kemencében
- Rövidebb ciklusidők a VB üzemben
- Katalizátor mérge a katalitikus krakkolási technológiáknál
- Lerakódás és korrózió a túlhevítő kazánok esetén

**▶ A sómentesítés kulcsfontosságú előkészítő technológia a nyersolaj desztilláció és tovább feldolgozási technológiáknál!**

# Sómentesítő-2

▶ A kőolajban található sók főként klorid formában találhatók:

▶ NaCl      70-80 wt %

▶ MgCl<sub>2</sub>    20-10 wt %

▶ CaCl<sub>2</sub>    10 wt %

▶ A sók ionizált vagy kristályos formában találhatók a kőolajban oldott vízben.

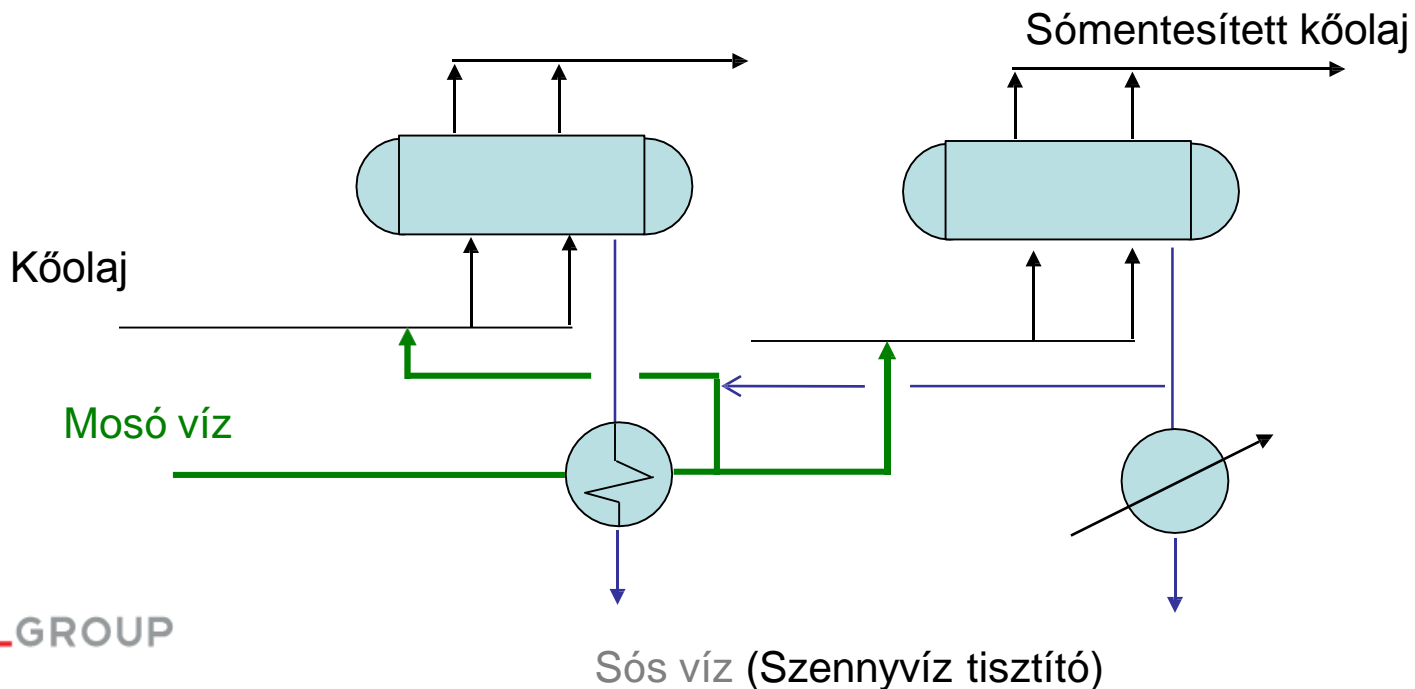
▶ A sók megfelelő mennyiségű víz hozzáadásával eltávolíthatók a sómentesítő berendezésben.

▶ Általánosan elfogadott szabály, hogy a fejkondenzátor vízének klorid tartalma nem haladhatja meg a 10 ppm-et, különben súlyos korrózió léphet fel.

# Sómentesítő-3



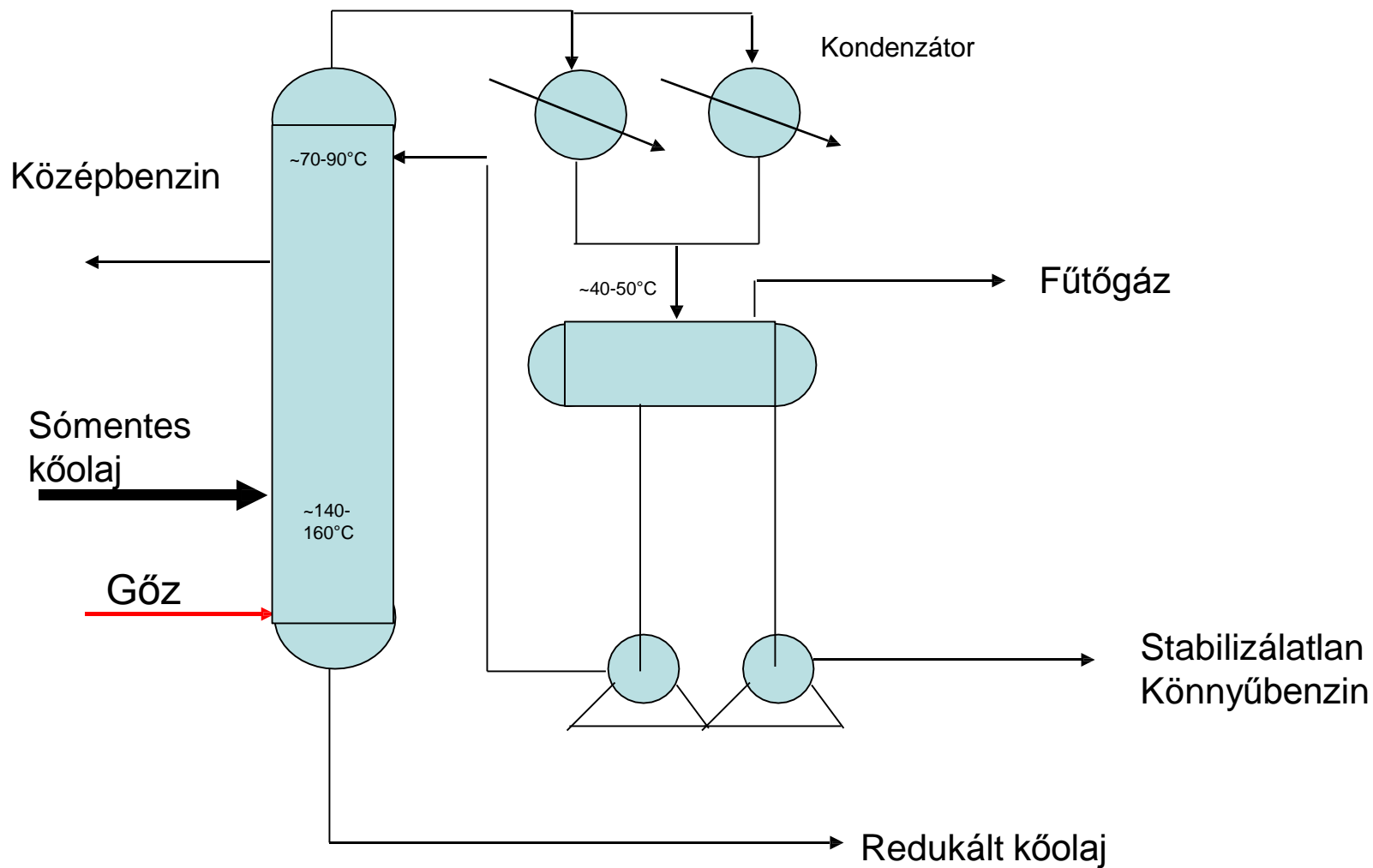
- ▶ Két fokozatú sómentesítő működik az AV üzemekben
- ▶ A kőolaj átlagos sótartalma: 20-40 ppm
- ▶ A sótartalom két fokozatban csökken 4 ppm alá
- ▶ Kevesebb vízfelhasználás
- ▶ A tartály fenekéről a lerakódás tisztítása folyamatosan történhet





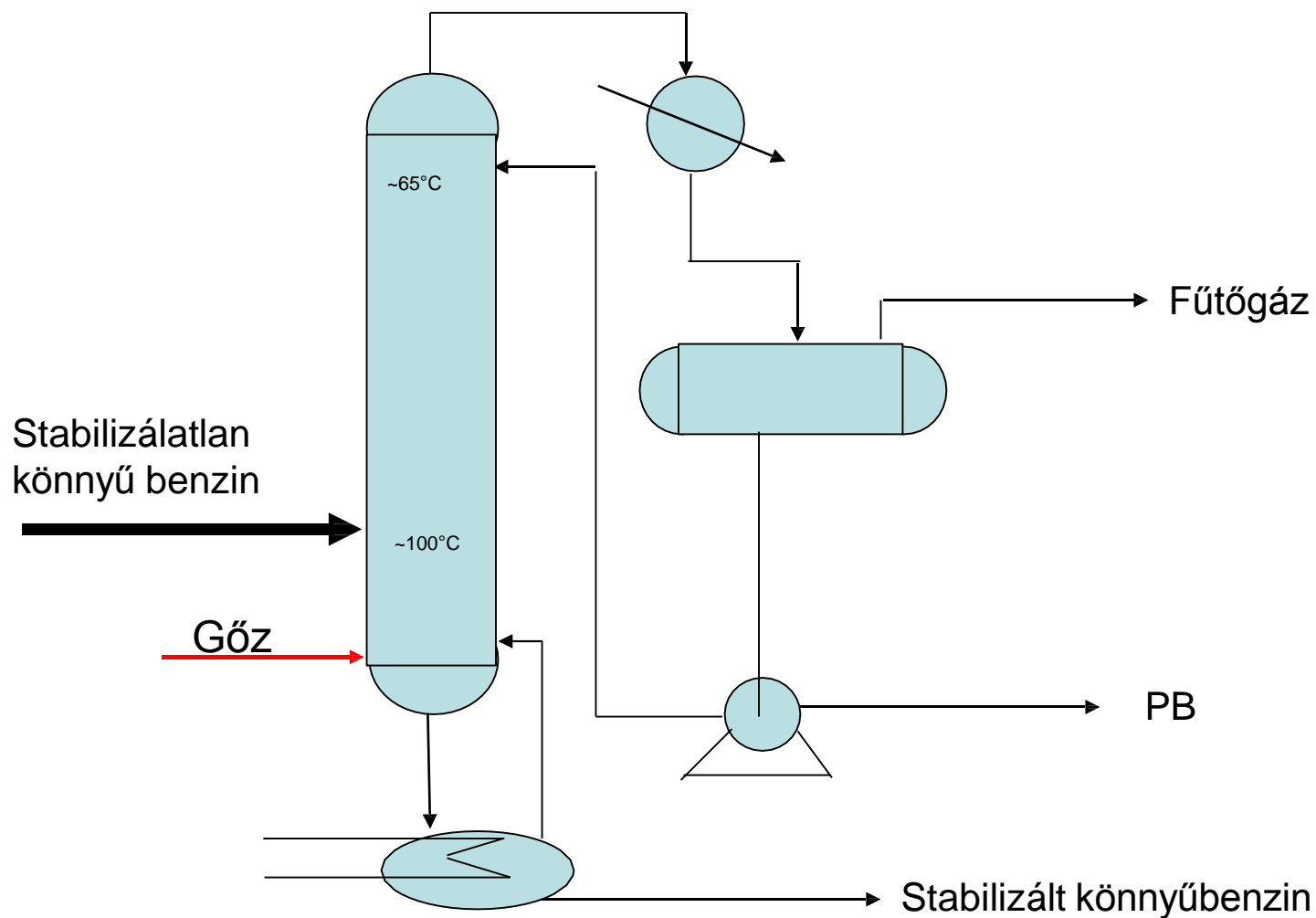
# Előlepárló

Cél: könnyű szénhidrogén komponensek eltávolítása a kőolajból



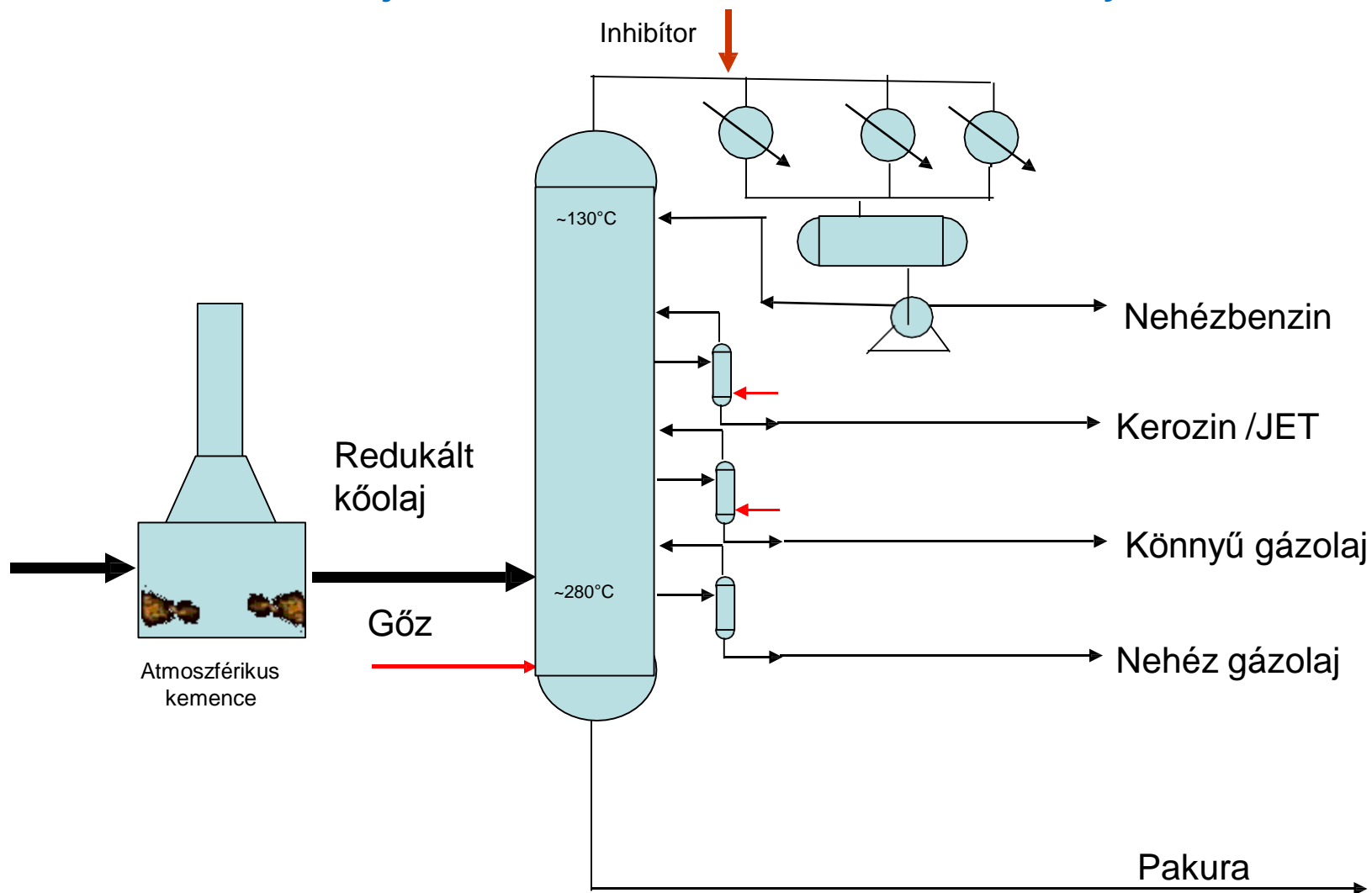
# Könnyűbenzin stabilizáló

Cél: könnyű benzin stabilizálása



# Atmoszférikus kolonna

**Cél:** redukált kőolaj freatkiókra desztillálása atmoszférikus nyomáson

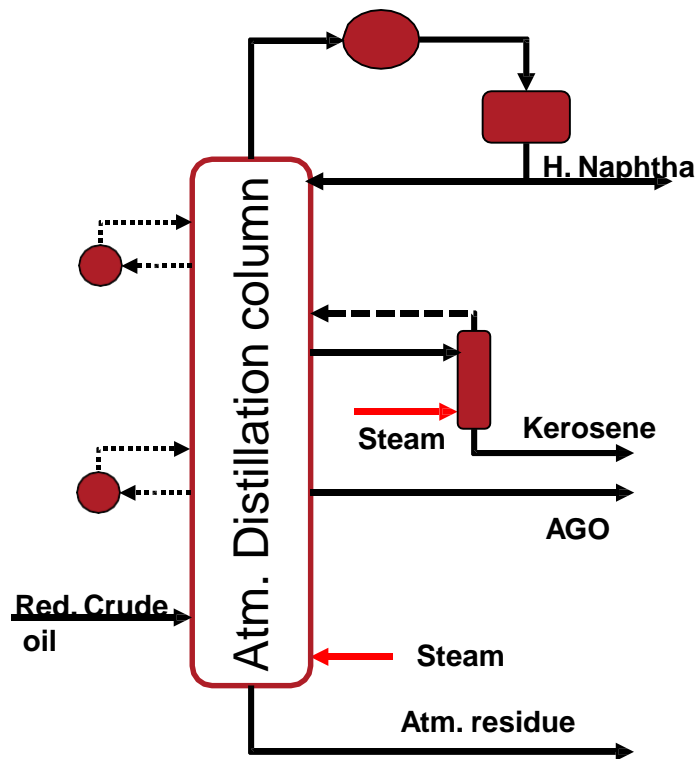


# Tipikus tányér számok – atm. kolonna

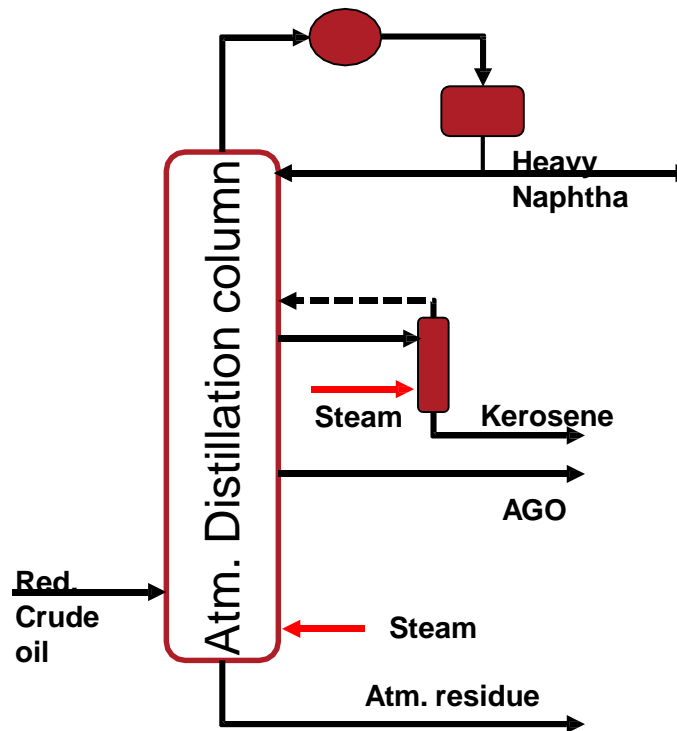
Frakciók	Tányér szám
Benzin / petróleum	8 - 9
Petróleum / KGO	9 - 11
KGO / NGO	5 - 9
NGO / Betáplálás	8 - 11
Betáplálás / Fenék	4 - 9
Oldal termék sztripper	4 - 10

# Atmoszférikus kolonna cirkulációs reflux-szal vagy anélkül

Példa



**A eset**

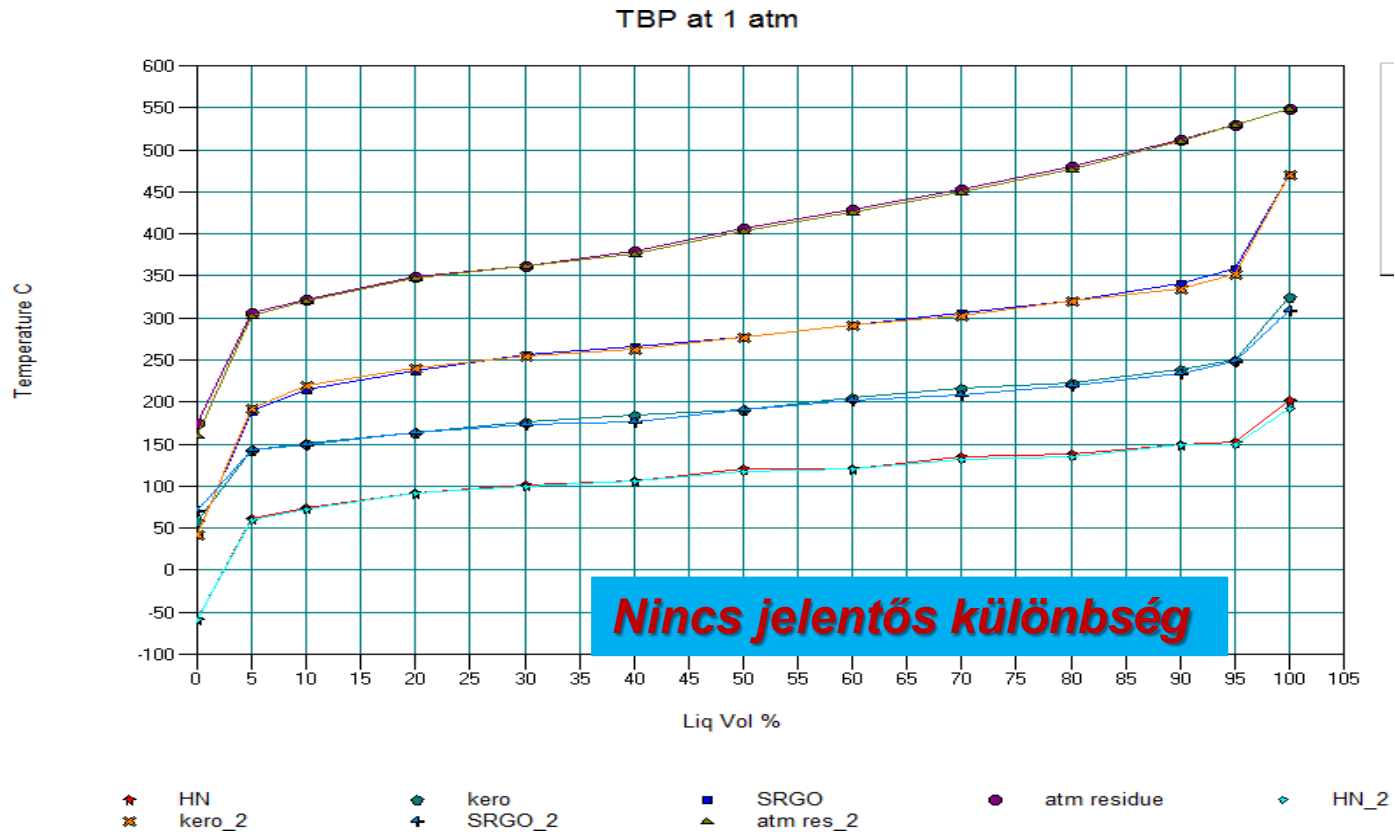


**B eset**

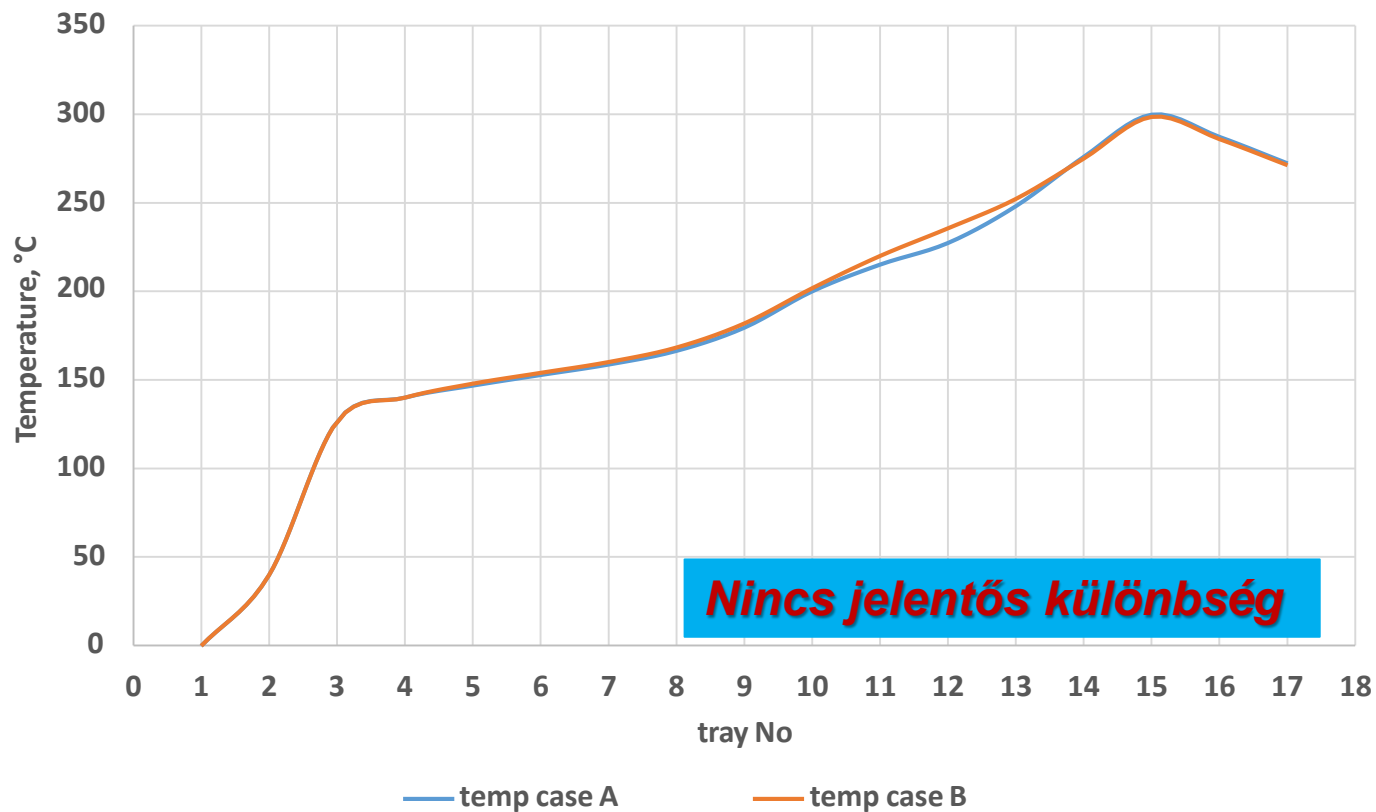
# Kolonna konfiguráció

	A eset	B eset
Redukált kőolaj mennyisége, kg/h	65 500	65 500
Redukált kőolaj hőmérséklete, °C	325	325
Redukált kőolaj nyomása, bar	3,15	3,15
Betáplálási tényér	14	14
Kondenzátor hőmérséklete, °C	40	40
Kolonna tényérszáma	16	16
Kondenzátor hőmérséklete, °C	40	40
kerozin, kg/h	18 000	18 000
Sztrippeléső gőz mennyisége, kmol/h	20	20
Gőz hőmérséklete, °C	170	170
Gőz nyomása, bar	8	8
Atmoszférikus gázolaj mennyisége, kg/h	18 800	18 800
<b>Felső cirkuláció</b>	<b>Igen</b>	<b>Nem</b>
mennyiség, m3/h	20	
Hőmérséklet különbség, °C	-50	
<b>Alsó cirkuláció</b>	<b>Igen</b>	<b>Nem</b>
mennyiség, m3/h	50	
Hőmérséklet különbség, °C	-110	
Fenek sztrippelő gőz mennyisége, kmol/h	60	60

# Termékáramok minőségi összehasonlítása

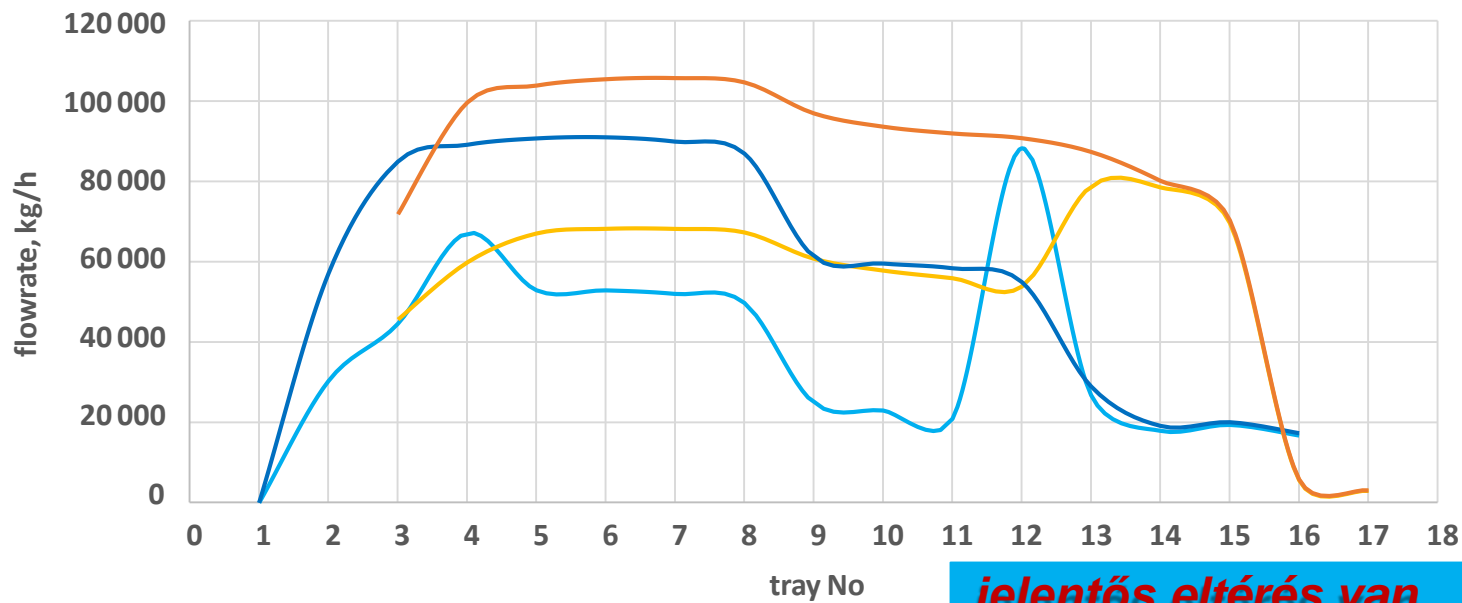


# Kolonna hőmérséklet profil





# Kolonna gőz-folyadék terhelése



**jelentős eltérés van**

— liquid Case A    — vapour Case A    — liquid case B    — vapour Case B

# Hő forgalom

	A eset			B eset		
	Hő, GJ/h / %	Belépő hőm, °C	Kilépő hőm, °C	Hő, GJ/h / %	Belépő hőm, °C	Kilépő hőm, °C
Kondenzátor	26,0 / 65%	127	40	39,2 / 100%	227	40
Felső cirkuláció	1,8 / 5%	147	97			
Alsó cirkuláció	11,8 / 30%	248	138			
Összesen	39,7			39,2		

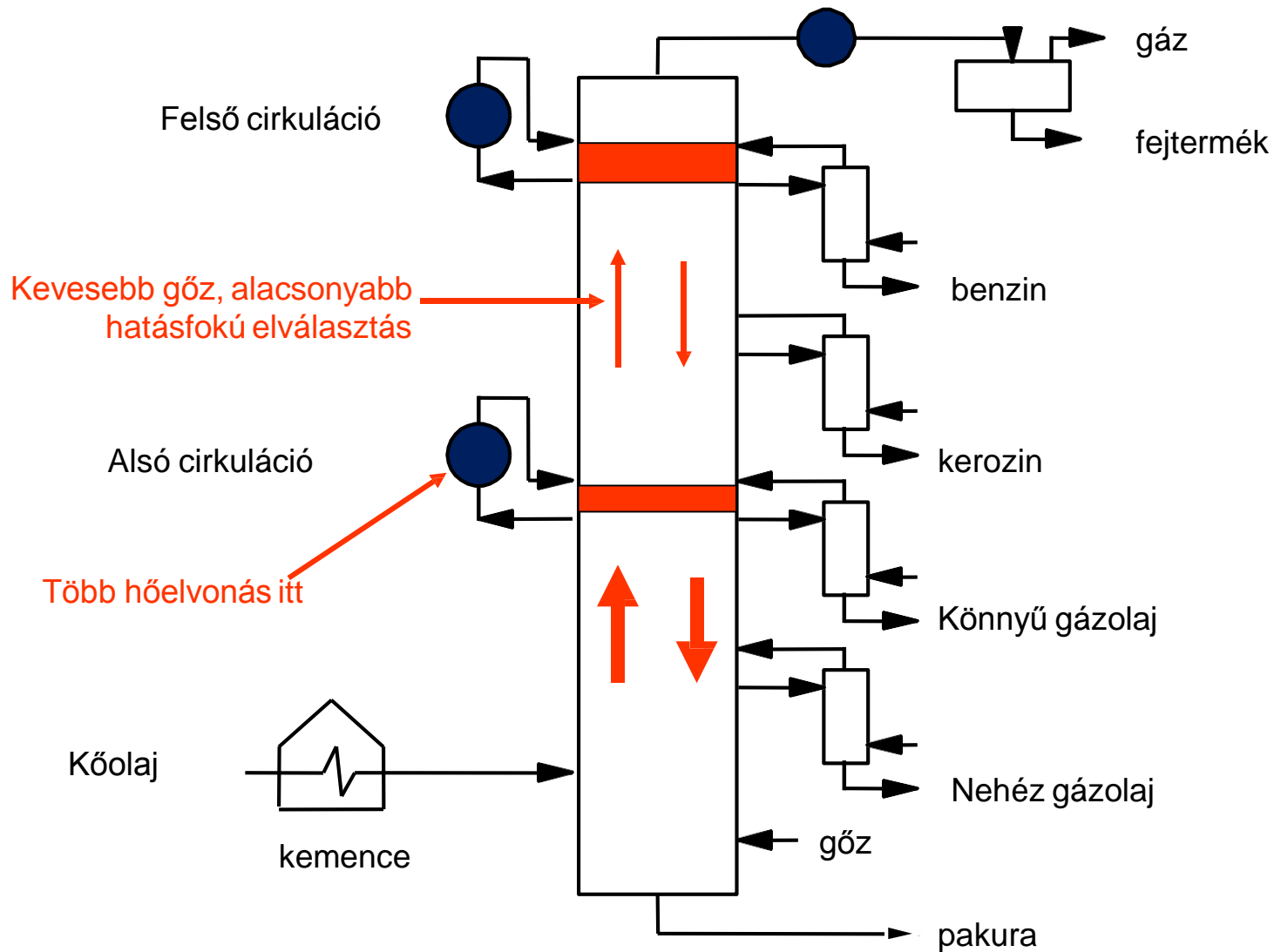
***Hő kinyerése magasabb hőfokszinten valósul meg !!***

**REFLUX arány:**

Case A: 2,2

Case B: 4,2

# Oldalsó cirkulációs reflux jelentősége

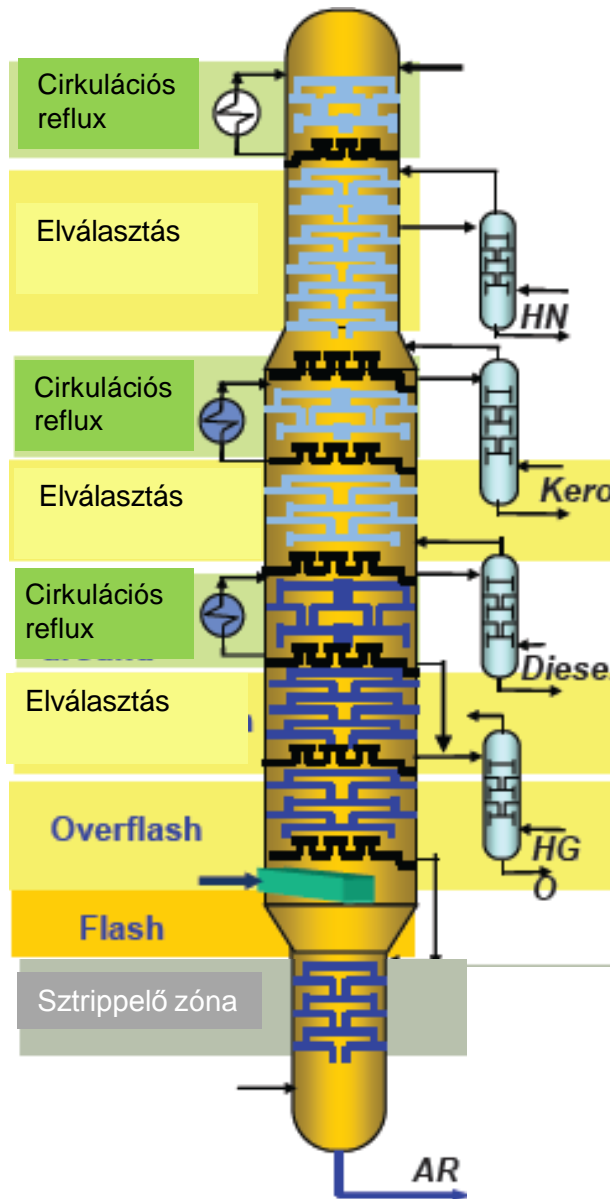


# Atmoszférikus kolonna – sztrippelő tányérok



- Tányér megsérülése gyakori probléma a sztrippelő szekcióban és a sztrippelő toronyban
- A meghibásodás gyakran az üzem indulásakor történik, ha a nedves gőz víztartalma hirtelen elpárolog - gőzrobbanás

# Hatékonyság javítás – atm. kolonna

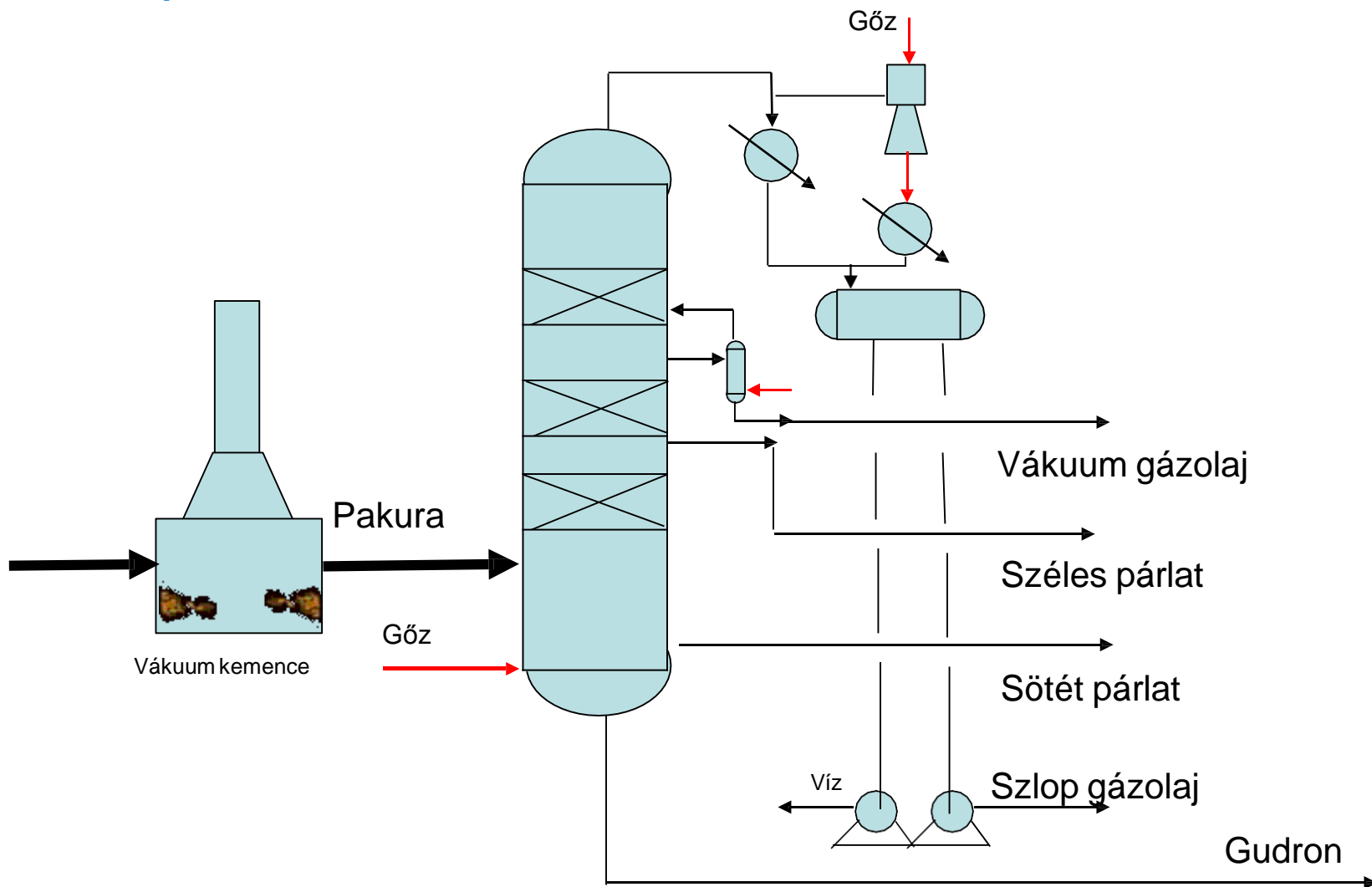


## Fehéráru hozam növelhető:

- Overflash mennyiség csökkentésével (mosózóna hatékonyság növelés)
- Sztrippelő zóna hatékonyság növelés
- Flash zóna hőm. növelés (mosó szekció szűk keresztmetszet feloldása.)
- Könnyű gázolaj növelhető jobb frakcionálás KGO/NGO között

# Vákuum kolonna

Cél: pakura frakciókra desztillálása vákuumban



# Működési paraméterek

## Vákuum kemence:

- Kilépő hőmérséklet: 385 - 415 °C
- Kilépő nyomás: 0.35 - 0.50 bar

## Vákuum kolonna

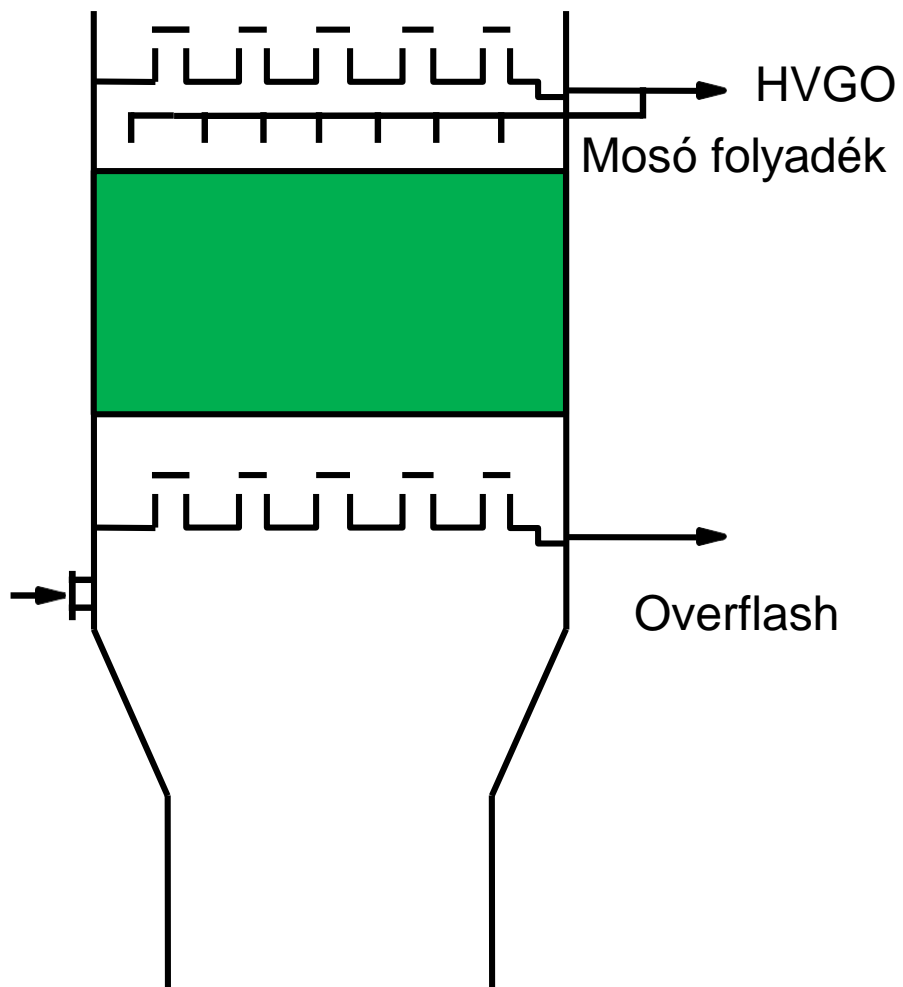
- Fej hőmérséklet: 70 - 80°C
- Fej nyomás: 40 - 80 mbar
- flash zóna hőmérséklete: 375 - 398 °C
- flash zóna nyomása: 60 - 170 mbar
- Fenék hőmérséklet: 320 - 340 °C

# Deep- cut működés

- ▶ Deep - cut üzemmód célja HVGO (széles párlat) hozam növelése a vákuum maradék (gudron) hozam rovására.
- ▶ Deep - cut üzemmód, ha a vágáspont (5-95 %-os pontok között) a HVGO (széles párlat) és a maradék között magasabb mint 565 °C.(1050 F)
- ▶ Megvalósítás feltételei:
  - ▶ Alacsony fejnyomás
  - ▶ Kis nyomásesés
  - ▶ Magas kemence kilépő hőmérséklet ( >410 °C )
  - ▶ Megfelelő mennyiségű mosófolyadék biztosítása a mosóágyon



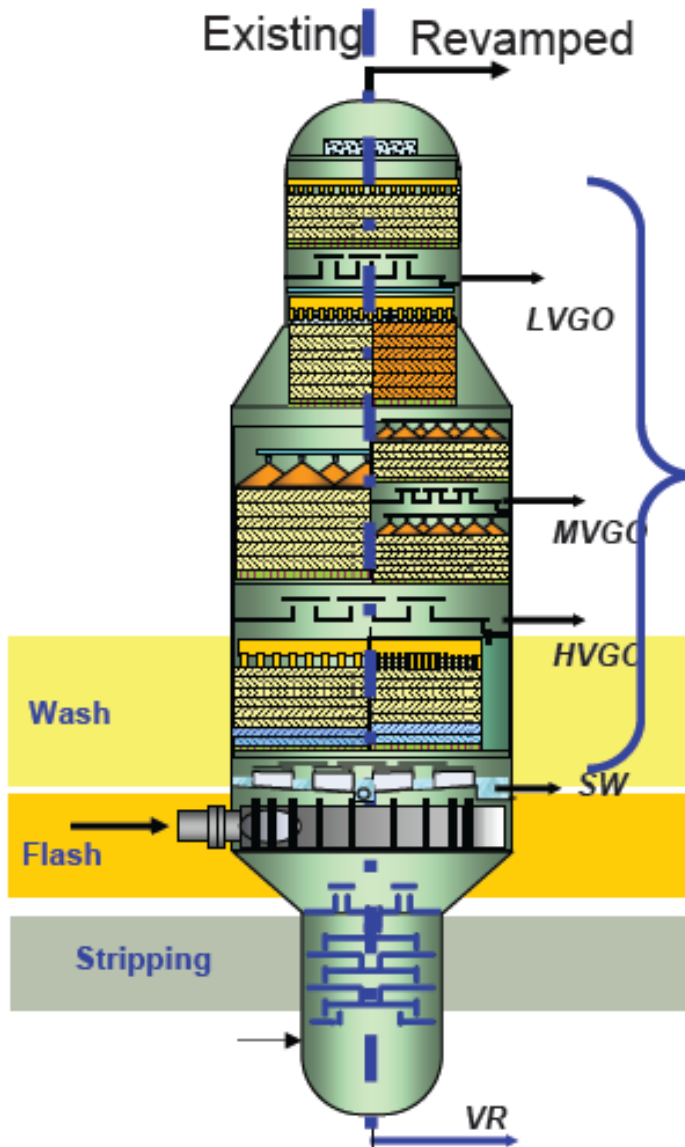
# Mosó zóna kialakítása



## Hagyományos elrendezés

- egyszerű
- minden vákuum kolonna esetén alkalmazható

# Hatékonyság javítás – Vákuum kolonna



**Vákuum kolonna hozama növelhető:**

- Nyomáscsökkenéssel
- Sztrippelő zóna hatásfok növelése
- Flashzóna hőmérséklet növelése

**Nyomáscsökkenés nagy hatékonyságú rendezett töltet használatával**

**HVGO hozamnövelés jó mosózóna tervezéssel (hatékonyabb mosózóna, kisebb Overflash)**

**Jól tervezett flash zóna – csökken a folyadékkelhordás – 0,1 %, jobb hozam**

**Jobb sztrippelő szekció tervezése 5 %-kal több fehérárú kihozatal, 20 %-kal kevesebb gőz felhasználás**

# Kemencék



▶ Oldal égők

Tüzelés:  
AV-1: fűtőgáz  
AV-2, AV-3 fűtőgáz és/vagy  
fűtőolaj



▶ Fenék égők

# Agenda



Desztilláció

Kőolaj desztilláció

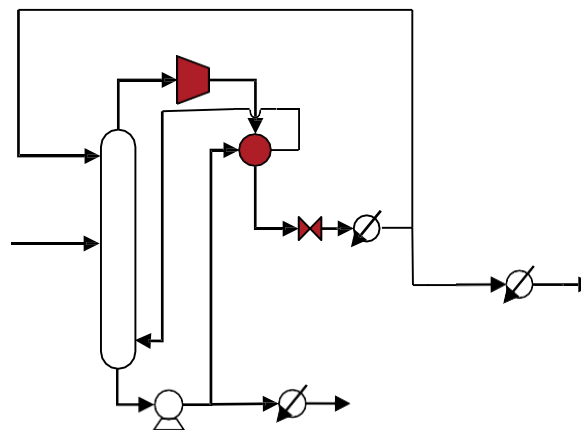
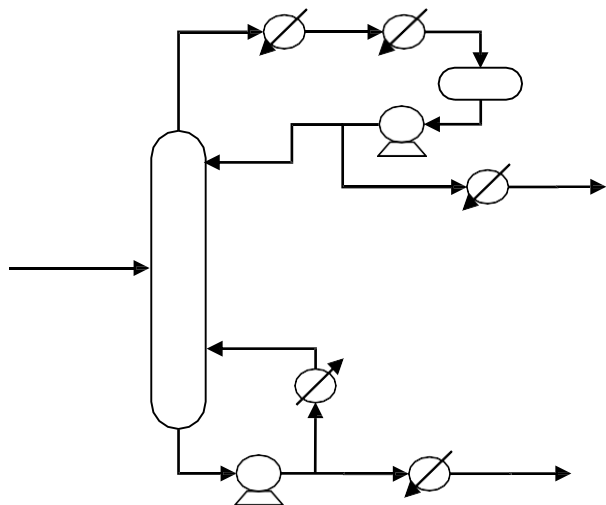
**Speciális alkalmazások**

# Hőszivattyú alkalmazása

## Propán/propilén szplitter (FCC és DC)

### ▶ Használat feltételei, előnye:

- ▶ A fej és fenéktermék közöttiforráspont különbség kisebb mint 30 °C.
- ▶ Kis nyomásesés a kolonnán (rendezett vagy speciális belső szerkezet alkalmazása)
- ▶ Energia megtakarítás
- ▶ Kompresszor drága

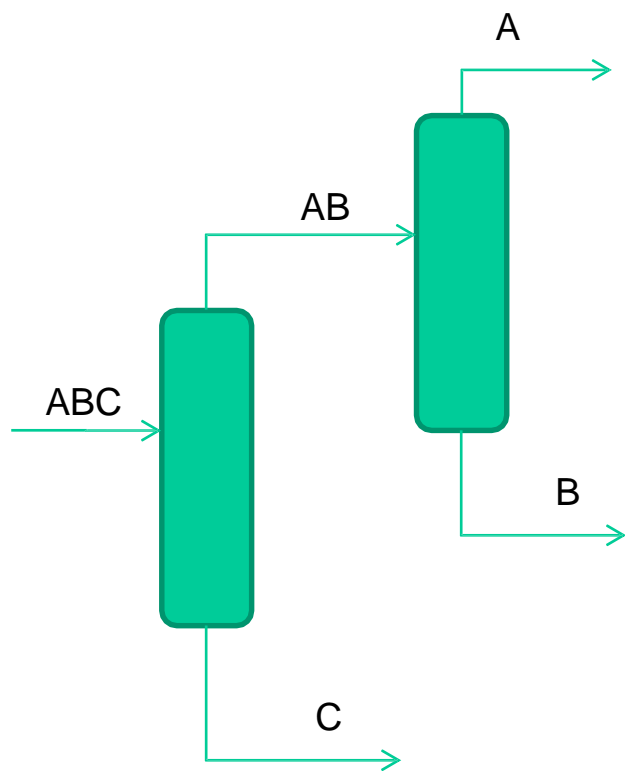


- ▶ A fejtermék nyomását növeljük kompresszorral annak érdekében hogy a hőtartalma és energia tartalma nőjön.
- ▶ A komprimált fejterméket használjuk mint meleg áramot a desztillációs folyamat hőjének biztosítására.(reboiler) A felmelegített fenékáram egy részét visszavezetjük a kolonnába.
- ▶ A fejtermék részben a hőcserélőben részben pedig a nyomás csökkentés hatására (szelep) lehűl. A kívánt reflux hőmérsékletet vizes hűtővel állítjuk be.

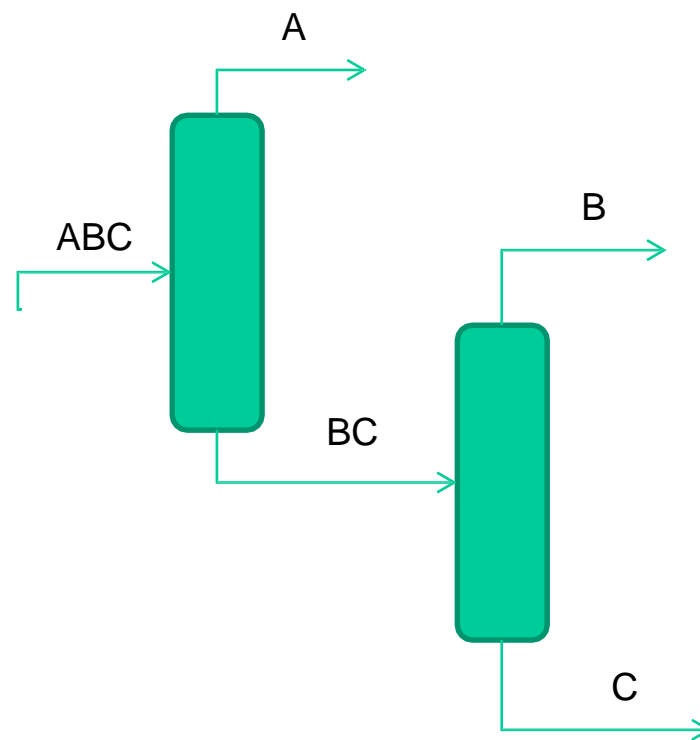
# Energia hatékonyság egyszerű kolonnáknál

Termékek száma	Szeperatorok száma	Lehetőségek
2	1	1
3	2	2
4	3	5
5	4	14
6	5	42
7	6	132
8	7	429
9	8	1430

# Példa



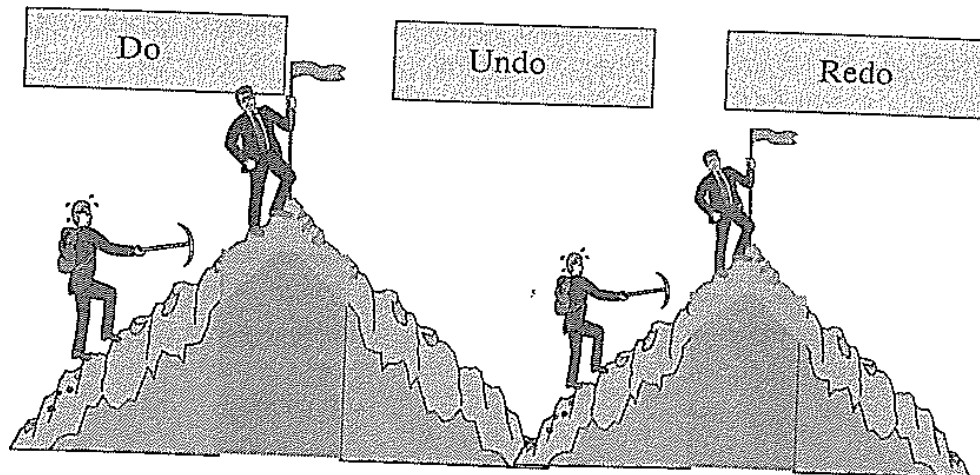
Case 1



Case 2

## PRE-SELECTION OF DISTILLATION SEQUENCE

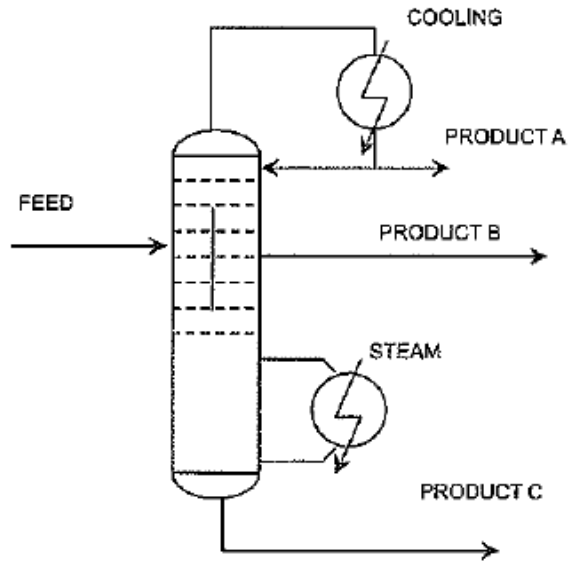
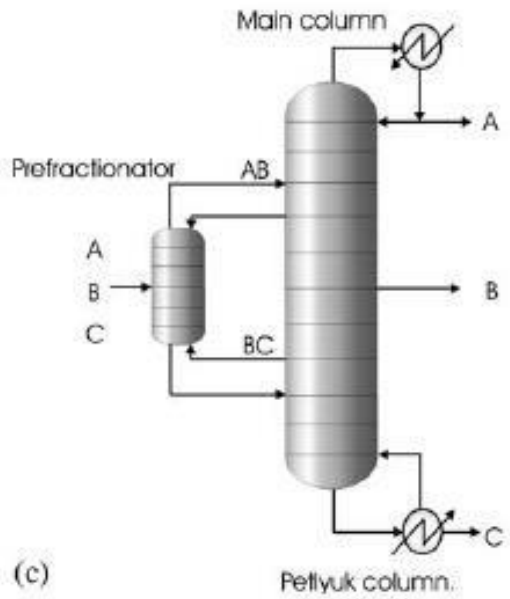
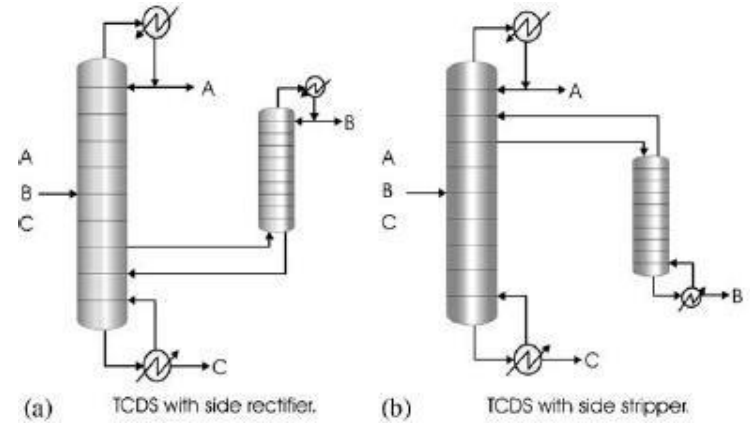
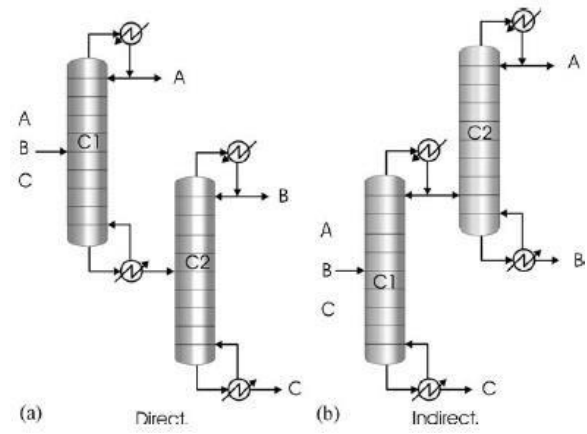
The pre-selection of distillation sequence during step 1 is generally made by evaluating all alternatives that satisfy the constrain. Evaluation can be based on the criteria of **minimum vapor flow**.



Pressurizing - depressurizing - pressurizing  
Heating cooling re-heating and Separation - mixing - separation



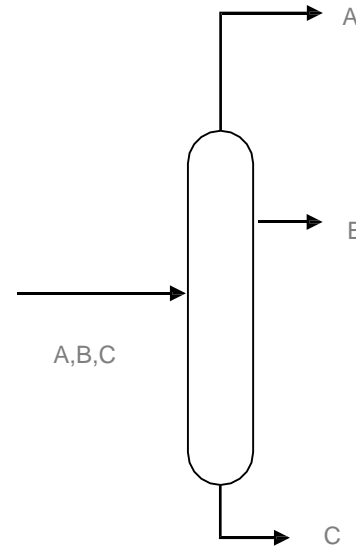
# Hagyományos desztillációs kolonna/ Petlyuk kolonna / Osztott falú kolonna



# COLUMNS WITH SIDE-DRAW PRODUCTS EXAMPLE-1

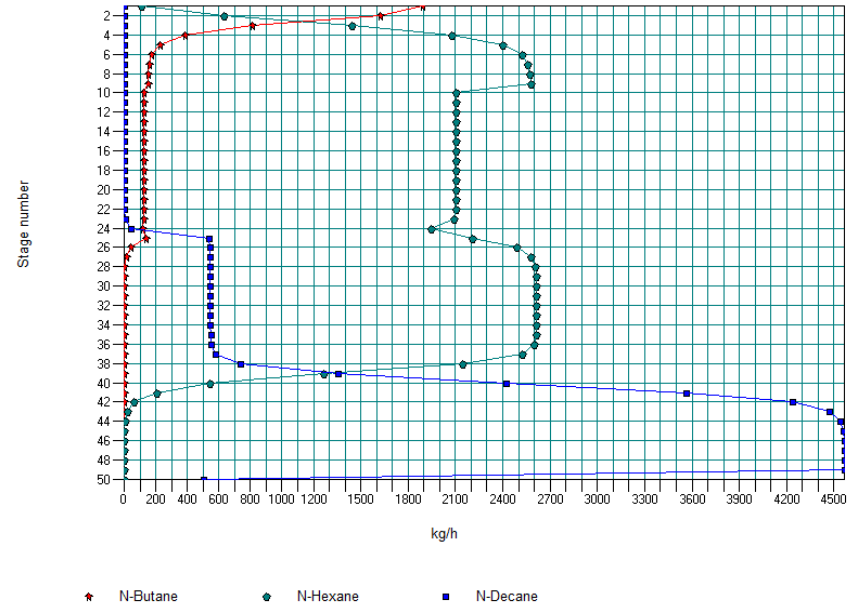
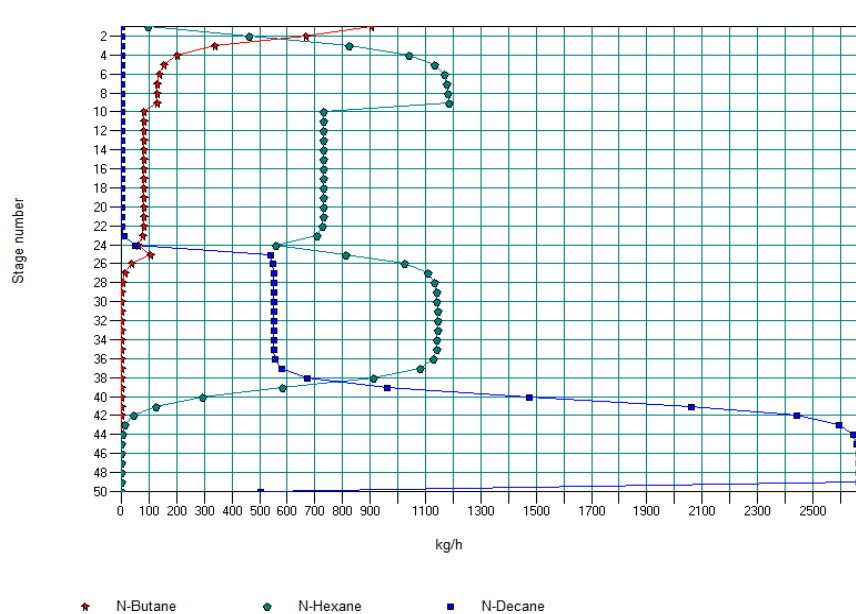
Components	Composition wt %
N-butane (A)	33,3
N-hexane (B)	33,3
N-decane (C)	33,3
Total, kg/h	1500

Column specification	
Tray number	48 + cond + reb
Feed tray	25
Top pressure, bar	5
Feed temperature, °C	120
Side-draw tray number	<b>10</b>
Reflux ratio	2; 4



# COLUMNS WITH SIDE-DRAW

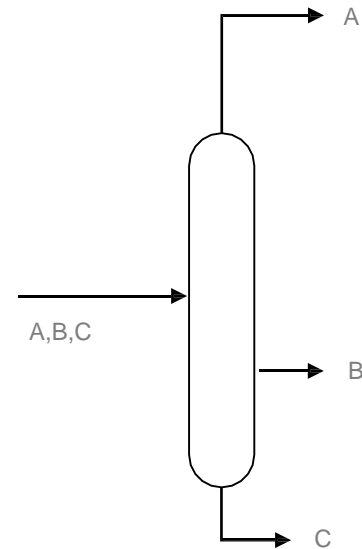
	feed	top	side	bottom	top	side	bottom
reflux ratio		2			4		
tray number	25	1	10	50	1	10	50
temperature, °C	120	22,7	118,3	248,5	21,5	118,3	248,5
pressure, bar	5	5	5	5	5	5	5
flowrate, kg/h	1500	500	500	500	500	500	500
n-Butane, wt %	33,3	90,3	9,7	0,0	94,5%	5,5%	0,0%
n-Hexane, wt %	33,3	9,7%	90,3	0,0	5,5%	94,5%	0,0%
n-Decane, wt %	33,3	0,0	0,0	100,0	0,0%	0,0%	100,0%



# COLUMNS WITH SIDE-DRAW PRODUCTS EXAMPLE-1

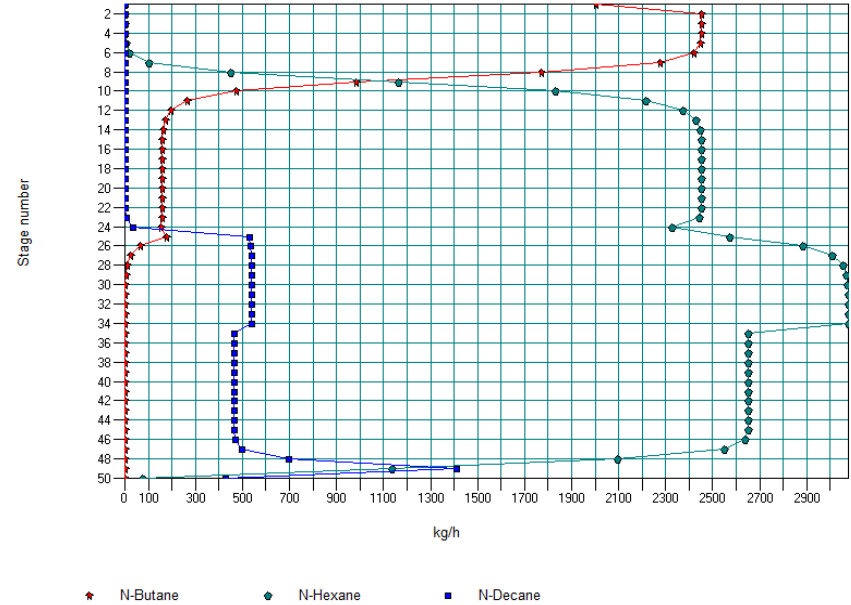
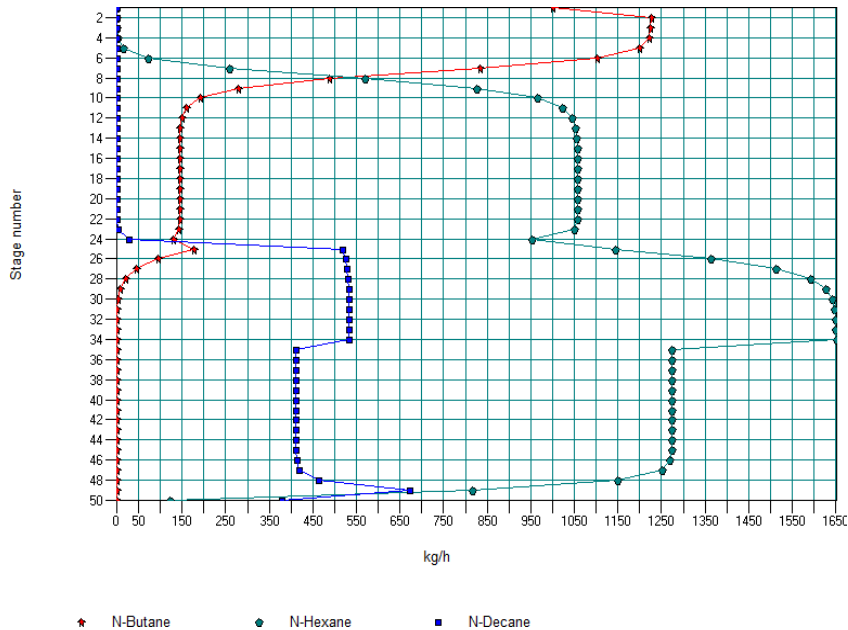
Components	Composition wt %
N-butane (A)	33,3
N-hexane (B)	33,3
N-decane (C)	33,3
Total, kg/h	1500

Column specification	
Tray number	48 + cond + reb
Feed tray	25
Top pressure, bar	5
Feed temperature, °C	120
Side-draw tray number	<b>35</b>
Reflux ratio	2; 4



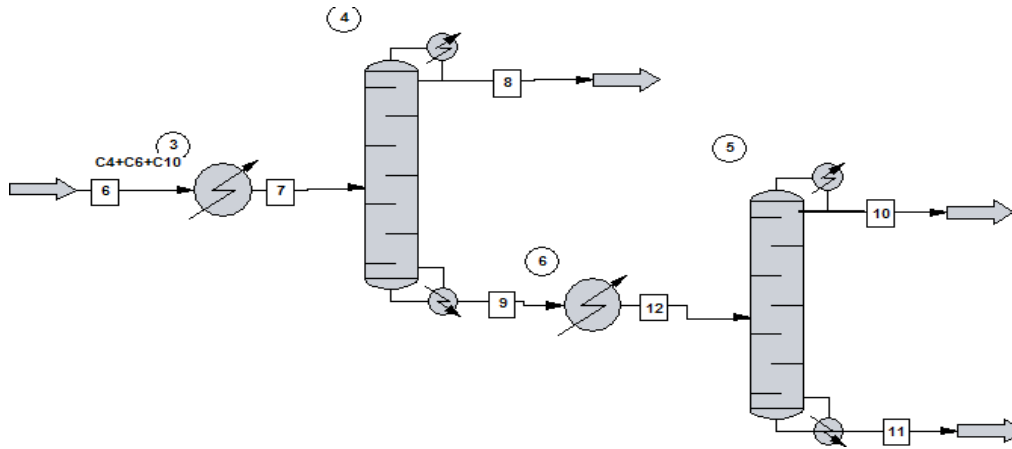
# COLUMNS WITH SIDE-DRAW

	feed	top	side	bottom	top	side	bottom
reflux ratio		2			4		
tray number	25	1	35	50	1	35	50
temperature, °C	120	20	139	183,8	20	135	203
pressure, bar	5	5	5	5	5	5	5
flowrate, kg/h	1500	500	500	500	500	500	500
n-Butane, wt %	33,3	100,0	0,0	0,0	100,0	0,0	0,0
n-Hexane, wt %	33,3	0,0	75,6	24,4	0,0	85,1	14,9
n-Decane, wt %	33,3	0,0	24,4	75,6	0,0	14,9	85,1



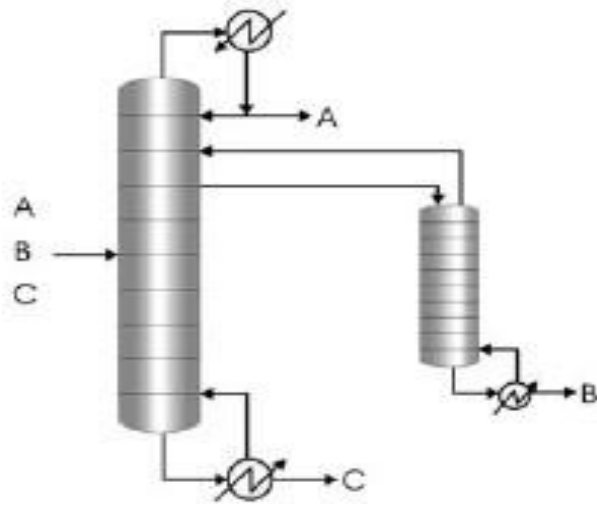
# COLUMNS WITH SIDE-DRAW PRODUCTS

## EXAMPLE-2

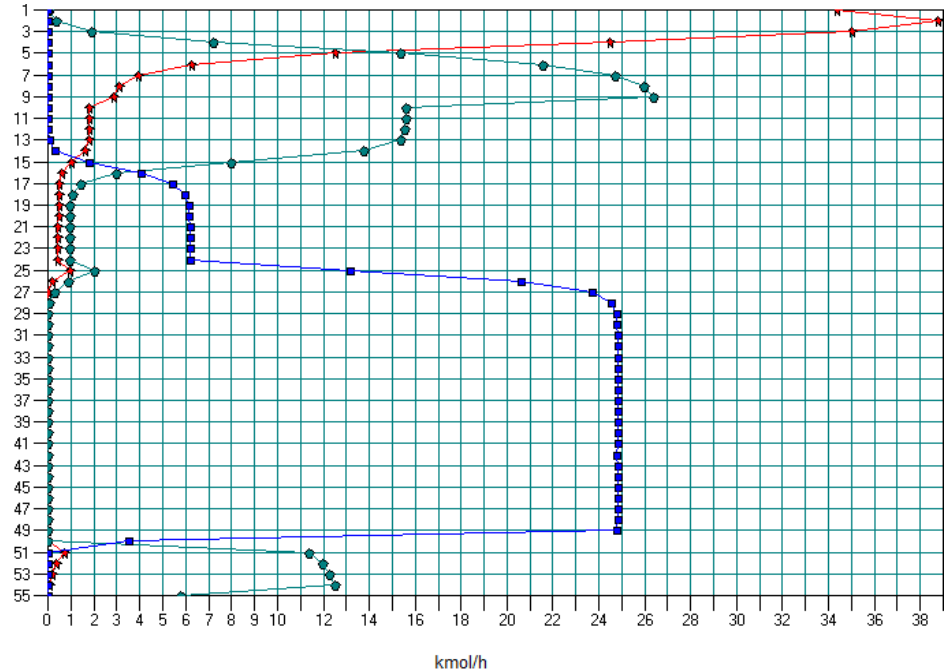


	feed	top	bottom	feed	top	bottom
reflux ratio			2			2
tray number	12	1	25	12	1	25
temperature, °C	120	20	248,5	120	52	202
pressure, bar	5	5	5	5	2	2
flowrate, kg/h	1500	500	1000	1000	500	500
n-Butane, kg/h	500	500	0	0	0	0
n-Hexane, kg/h	500	0	500	500	500	0
n-Decane, kg/h	500	0	500	500	0	500

# COLUMNS WITH SIDE-DRAW PRODUCTS - EXAMPLE-2



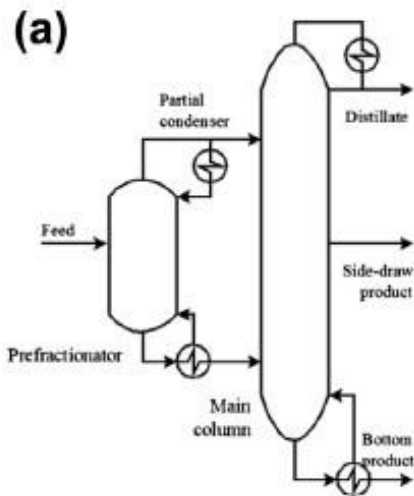
	feed	top	side	bottom
reflux ratio			4	
tray number	12	1	10 + 5 side strip	50
temperature, °C	120	30	129	249
pressure, bar	5	5	5	5
flowrate, kg/h	1500	500	500	500
n-Butane, wt %	500	99,8	,2	0
n-Hexane, wt %	500	,2	99,8	0
n-Decane, wt %	500	0	0	100



▲ n-Butane     
 ◆ n-Hexane     
 ■ n-Decane

# PRE-FRACTIONATION ARRANGEMENT

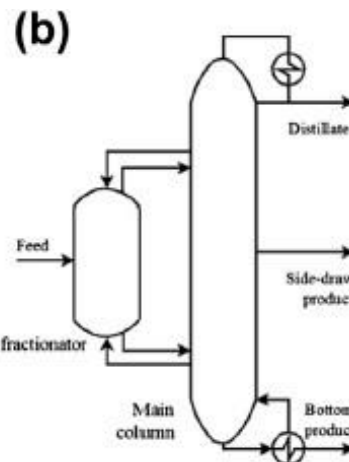
Instead of introducing a feed directly to a distillation column, where mixing effects will inevitably increase energy requirements, it is possible to partially separate the feed, in a “pre-fractionation” column - **with 20-40 % lower energy consumption than the traditional solution**



## Pre-fractionator:

2 distillation column, 2 reboiler, 2 condenser

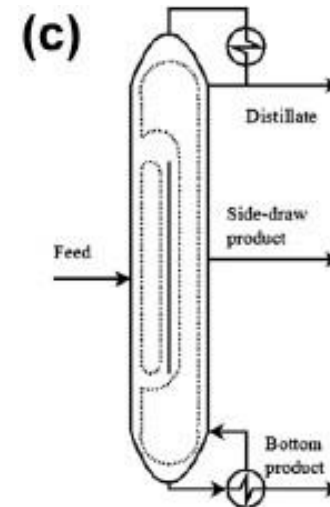
Possible to operate different pressure of the 2 columns



## Petlyuk column:

2 distillation column, 1 reboiler, 1 condenser

Reduce the opportunity to operate different pressure of the 2 columns

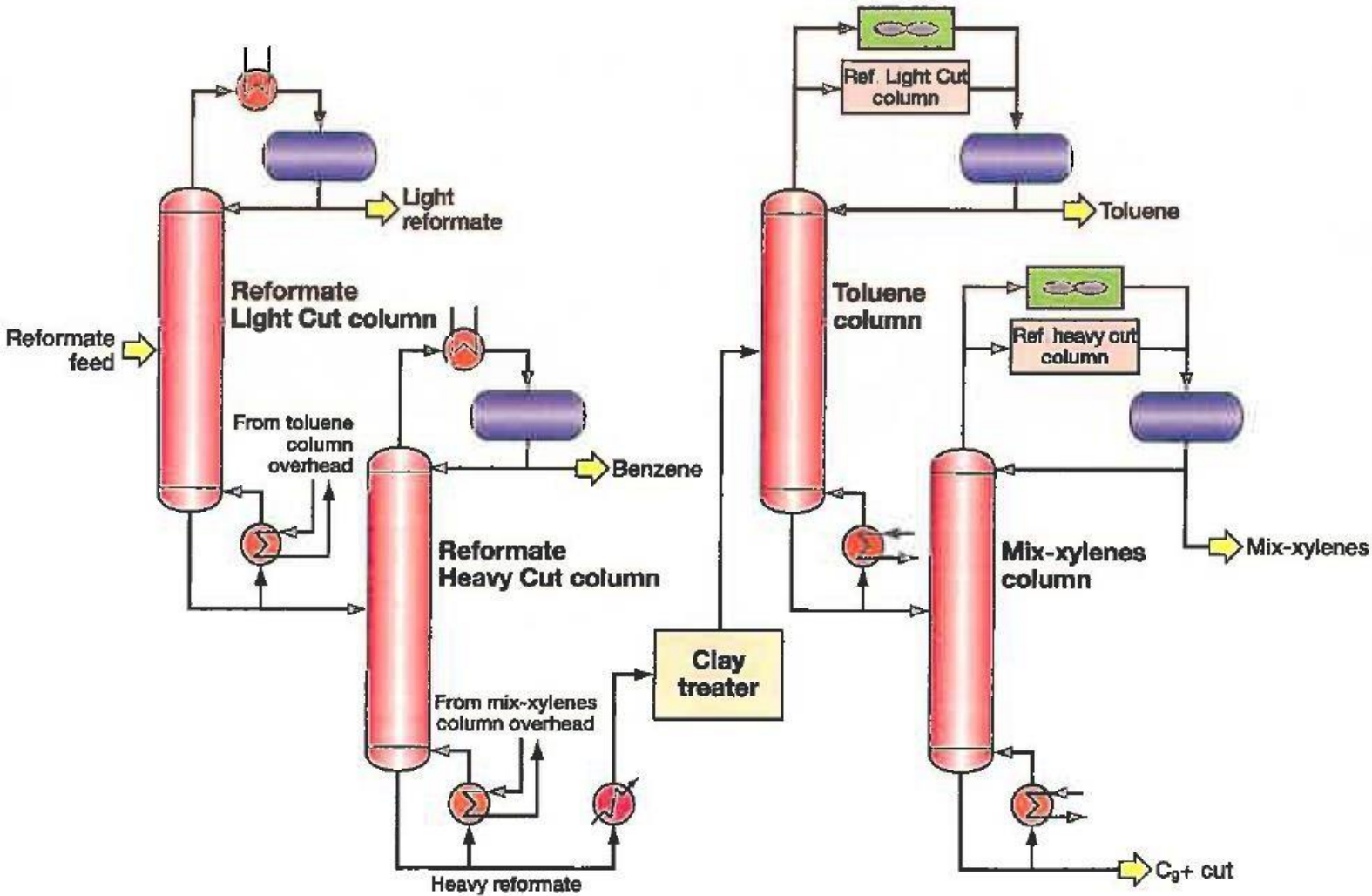


## Divided wall column:

1 distillation column, 1 reboiler, 1 condenser  
The pre-fractionation is carried out on one side of a vertical wall.



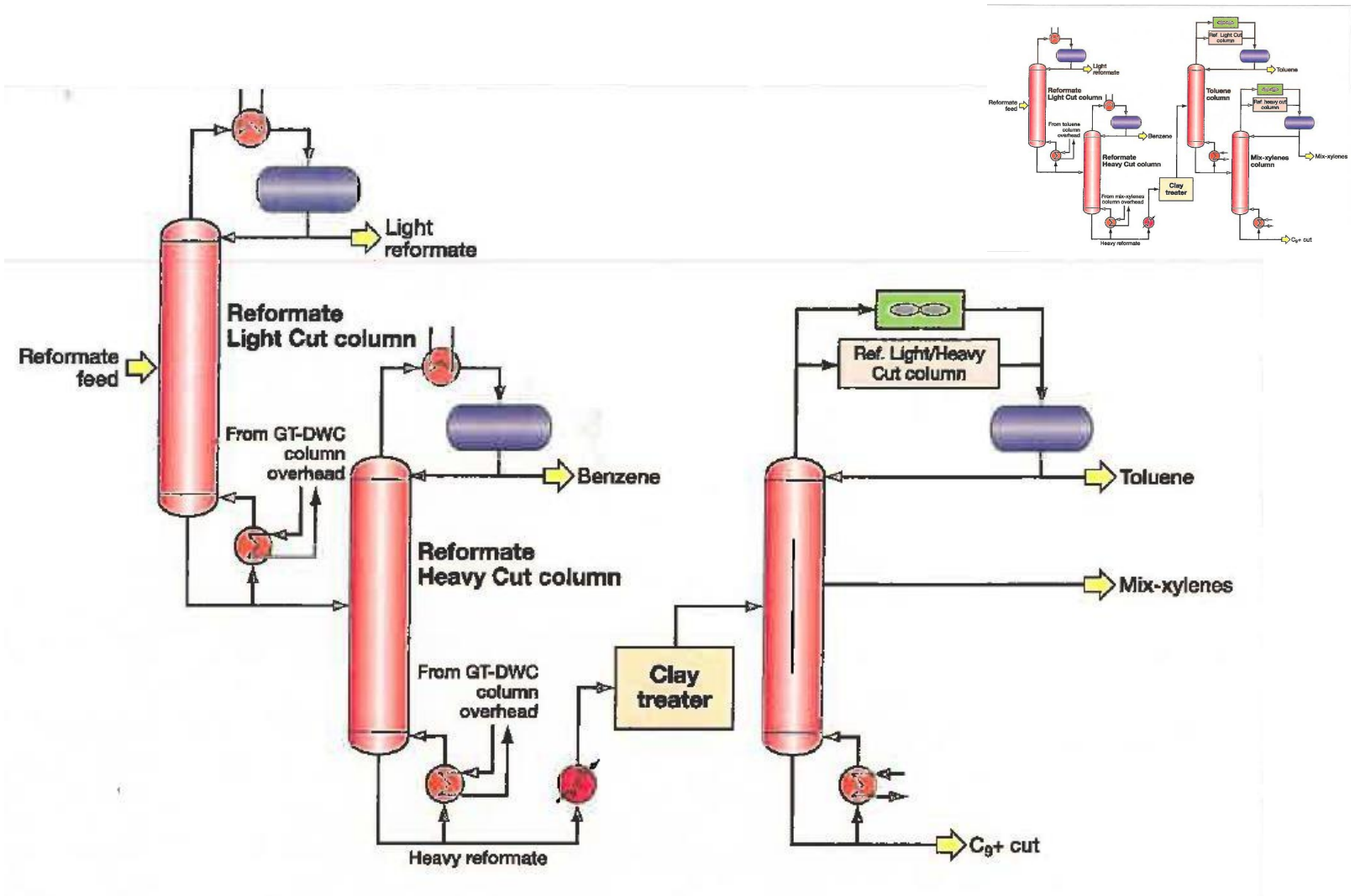
# Reformátum redesztilláció – hagyományos eljárással



# Reformátum redesztilláció – termék specifikációk

Komponens	Specifikáció, % m/m	megjegyzés
C8 aromás	98,8	min
Etil-benzol	18,0	max
Nem Aromás	1,0	max
C9 aromás	0,3	max

# Reformátum redesztilláció – osztott falú kolonnával



# Reformátum redesztilláció – összehasonlítás

Termék specifikáció	hagyományos	DWC	előírás
mix. Xilol termék, kg/h	29 332	29 334	
C8 aromás, wt%	99,2	99,3	min. 98,8
Nem aromás, wt%	0,5	0,4	max. 0,5
Etil-benzol, wt%	17,9	17,9	max. 18,0
C9 aromás, wt%	0,2	0,2	max. 0,3
Kiforraló hő, Gcal/h	21,5	17,2	
Kondenzátor hő, Gcal/h	20,1	15,8	
Működési költség megtakarítás, %	-	20	
CAPEX, MUSD	26	21	



*Köszönöm a figyelmet !*