

Kémiai technológia

Kémiai és Környezeti Folyamatmérnöki Tanszék

Kun Róbert

Bevezetés a tantárgyba

A tantárgy célkitűzései

- Megismertetni a kémiai technológiák szerepét az ipar több területén és az energiatermelésben.
- A kémiai technológiák működési elvének bemutatása.
- Bemutatni bizonyos kémiai, fizikai-kémiai és katalízissel kapcsolatos alapelv érvényesülését.
- Bemutatni a vegyipari-műveleti alapelvek érvényesülését.
- Bemutatni a kémiai technológiákban használt anyagok eredetét, és a keletkezett termékek felhasználásának módszereit.
- Megismertetni a technológiák melléktermékeinek és a hulladékok alkalmazásának, illetve ártalmatlanításának módszereit.

Témakörök

- A kémiai technológiák definíciója, szerepe. Ipari ágazatok, melyekben kémiai technológiákat alkalmaznak. A vegyipar jellegzetességei és a vegyi anyagok fajtái.
- A katalízis szerepe a kémiai technológiákban, alapjelenségei és ipari alkalmazása.
- Főbb szerves kémiai technológiák áttekintése (N-ipar, műtrágyák).
- Fémes szerkezeti anyagok kémiai technológiája (vas, acél, alumínium).
- Szilikátipari anyagok kémiai technológiája (építőanyagok, üveg).
- Az „energiatermelés” kémiai technológiája, alapfogalmi. Energiaforrások, energiahordozók (szén, kőolaj, földgáz, nukleáris energia, megújuló energiaforrások).
- A víz kémiai technológiája. A víz szerepe a kémiai technológiákban. Vízkeménység, vízkezelés, korrózió.
- Elektrokémiai energiatárolás, Li-ion technológia, akkumulátorgyártás

A tantárgy tematikája

1. Bevezetés, katalízis, savak, műtrágyák, kőszó felhasználása
2. Vas- és acélgégyártás, alumíniumgégyártás
3. Szilikát- és építőanyagipar, üveggyártás
4. Vízkémia és technológia, korrózió
5. A szén kémiai technológiája, kőolaj- és földgázipar (szénhidrogénipari technológiák); motorhajtóanyagok, kenőanyagok
6. „Energiatermelés” kémiai technológiája
7. Elektrokémiai energiatárolás, akkumulátorok, akkumulátor-modulok gégyártástechnológiája

Az előadások részletes tartalma

Szorgalmi időszak: 2020.09.07. – 2020.12.11.

| Hét | Időpont | Téma |
|-----|---------|---|
| 1 | 09. 08. | Bevezető óra, lebonyolítás, követelmények |
| 2 | 09. 15. | Bevezetés a kémiai technológiába |
| 3 | 09. 22. | Katalízis szerepe; Nitrogéniparok |
| 4 | 09. 29. | Ammóniaszintézis; Salétromsavgyártás |
| 5 | 10. 03. | Karbamidgyártás; Mútrágyák |
| 6 | 10. 13. | Kénsav- és foszforsavgyártás |
| 7 | 10. 20. | Kőszó ipari felhasználása |
| 8 | 10. 27. | Vas-, acél- és alumíniumgyártás |
| 9 | 11. 03. | Szilikátiparok, üveggyártás |
| 10 | 11. 10. | A víz kémiai technológiája |
| 11 | 11. 17. | Korrózió, Energiaszolgáltatóiparok |
| 12 | 11. 24. | Szénkémia, motorhajtó- és kenőanyagok |
| 13 | 12. 01. | Energia „termelés”, energia tárolási technológiák |
| 14 | 12. 08. | Lítium és Li-ion technológiák, Li-ion akkumulátor cellák és akkumulátor pakkok gyártástechnológiája |

Ajánlott irodalom

- Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry
- Pátzay, Tungler, Mika: ***Kémiai technológia*** (elektronikus jegyzet)
- Varga, Polinszky: ***Kémiai technológia*** (történeti anyag)
- CEFIC.org, The European Chemical Industry Council
- Andreas Jossen, Wolfgang Weydanz: ***Moderne Akkumulatoren richtig einsetzen***
- Jung-Ki Park: ***Principles and Applications of Lithium Secondary Batteries***
- Robert A. Huggins: ***Advanced Batteries***
- Kazunori Ozawa (Editor): ***Lithium Ion Rechargeable Batteries***
- Gholam-Abbas Nazri, Gianfranco Pistoia: ***Lithium Batteries - Science and Technology***

Követelmény

2020/2021 – I. félév (ősz)

Alapadatok:

- A tárgy a *Környezetmérnök BSc* képzéshez tartozik
- 2020/2021/ősz félév
- Előadás időpontja: kedd 15¹⁵ - 17⁰⁰
- Előadás helye: CH308
- Óraszám: 2+0+3 (E+Sz+L)

Követelmény:

- Az aláírás megszerzésének feltétele a laborgyakorlat sikeres teljesítése.
- Az előadás anyagából a vizsgaidőszakban vizsgáznak a hallgatók.
- A vizsga eredménye a végső érdemjegy 60%-át képi.
- A vizsgán minimum 50%-ot kell elérni (30 pont a maximális 60 pontból).

—~~Katalógus vezette.~~



Bevezetés a kémiai technológiába

Iparok, ipari technológiák

Feldolgozóipar („Könnyűipar”)

A könnyűipar több feldolgozóipari ágazat gyűjtőneve, amelyek jellemzően fogyasztási cikkeket és azok alapanyagait állítják elő.

A mai iparstatisztika nem ismeri a „könnyűipar” fogalmát. A korábban ide tartozó iparok tevékenységét az Európai Unió irányelveivel összhangban 2008-ban létrehozott gazdasági tevékenységek egységes ágazati osztályozási rendszere (TEÁOR) a *feldolgozóipar* mint nemzetgazdasági ág körébe sorolja – számos más iparéval együtt –, az alábbiak szerint:

textília gyártása

ruházati termékek gyártása

bőr, bőrtermék, lábbeli gyártása

fafeldolgozás (kivéve: bútor), **fonottáru** gyártása

papír, papírtermék gyártása

nyomdai és egyéb sokszorosítási **tevékenység**

Nehézipar

Alapvetően nem mindennapi fogyasztásra szánt, hanem tartós termékeket, illetve más termékek létrehozásához szükséges eszközöket állít elő. Kis élőmunkaigény és jelentős energia, nyersanyag és tőkeigény jellemzi.

Üzletágai:

Bányászat

Építőipar

Gépipar

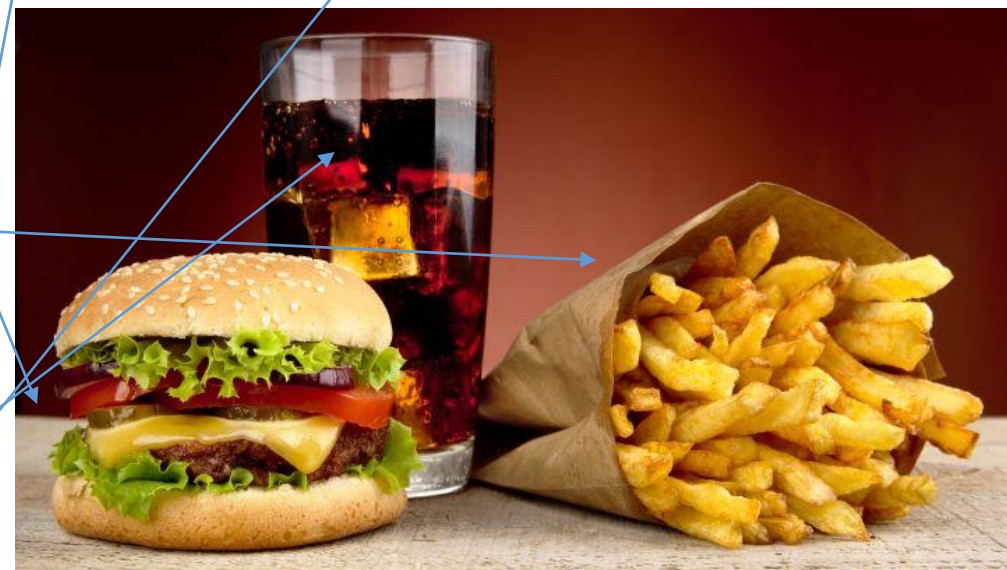
Hadiipar

Kohászat

Vegyipar

Villamosenergia-ipar

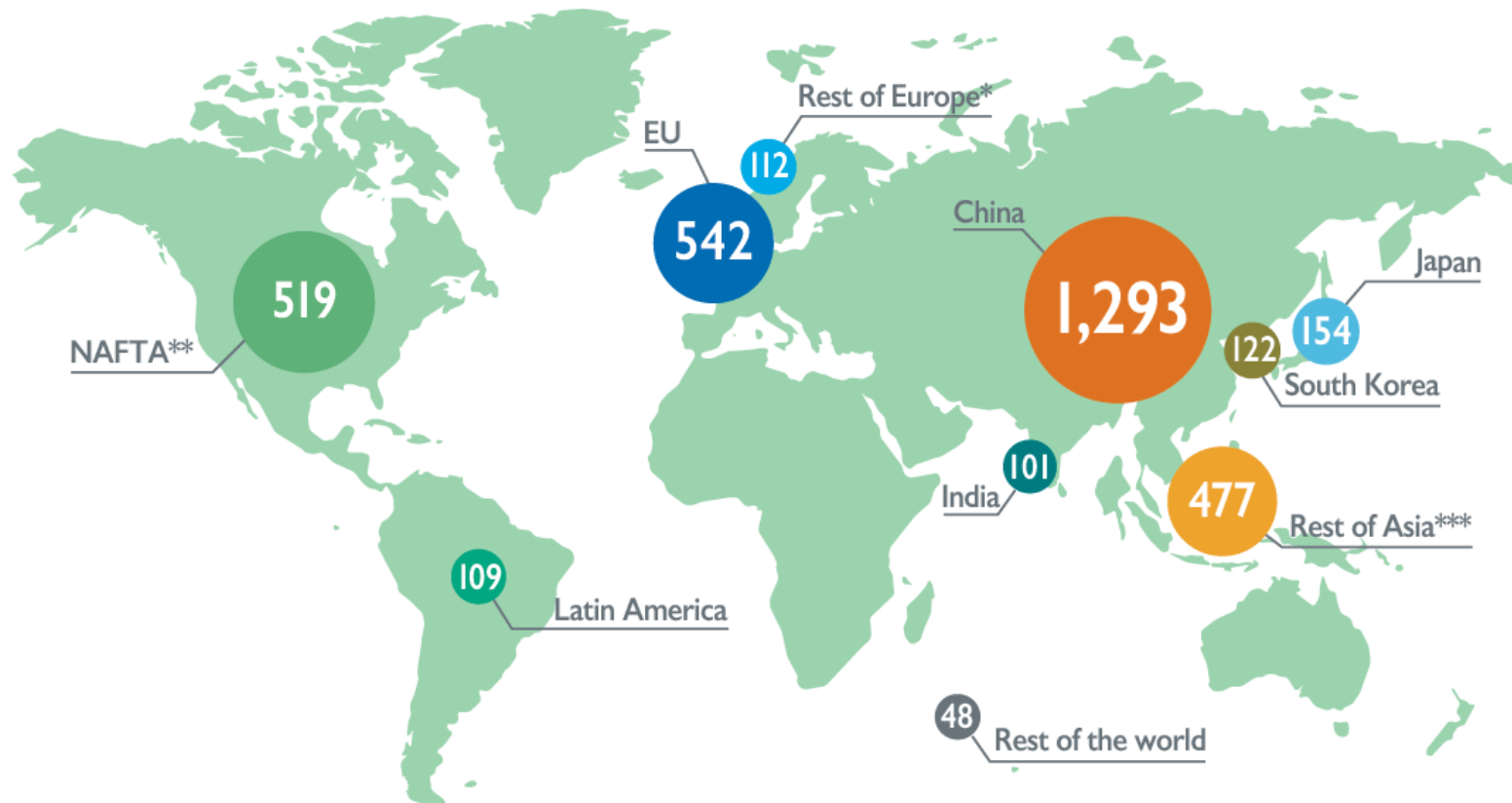
Az ipari technológiák és a vegyipar szerepe a mindennapi életben



- Műanyagok
- Szinezékek
- Festék/mosószer
- Metallurgia
- Műtrágyák
- Gyógyszer
- Papíripar
- Szilikátiparok
- Üvegyártás
- Energiatárolás
- Energia termelés
- Savak
- (...)

A világ kémiai termelése földrajzi régiók szerint, összesen 3475 milliárd € (2018)

Az EU a világ második legnagyobb vegyipari termelőjévé lépett elő.



Source: Cefic Chemdata International 2018

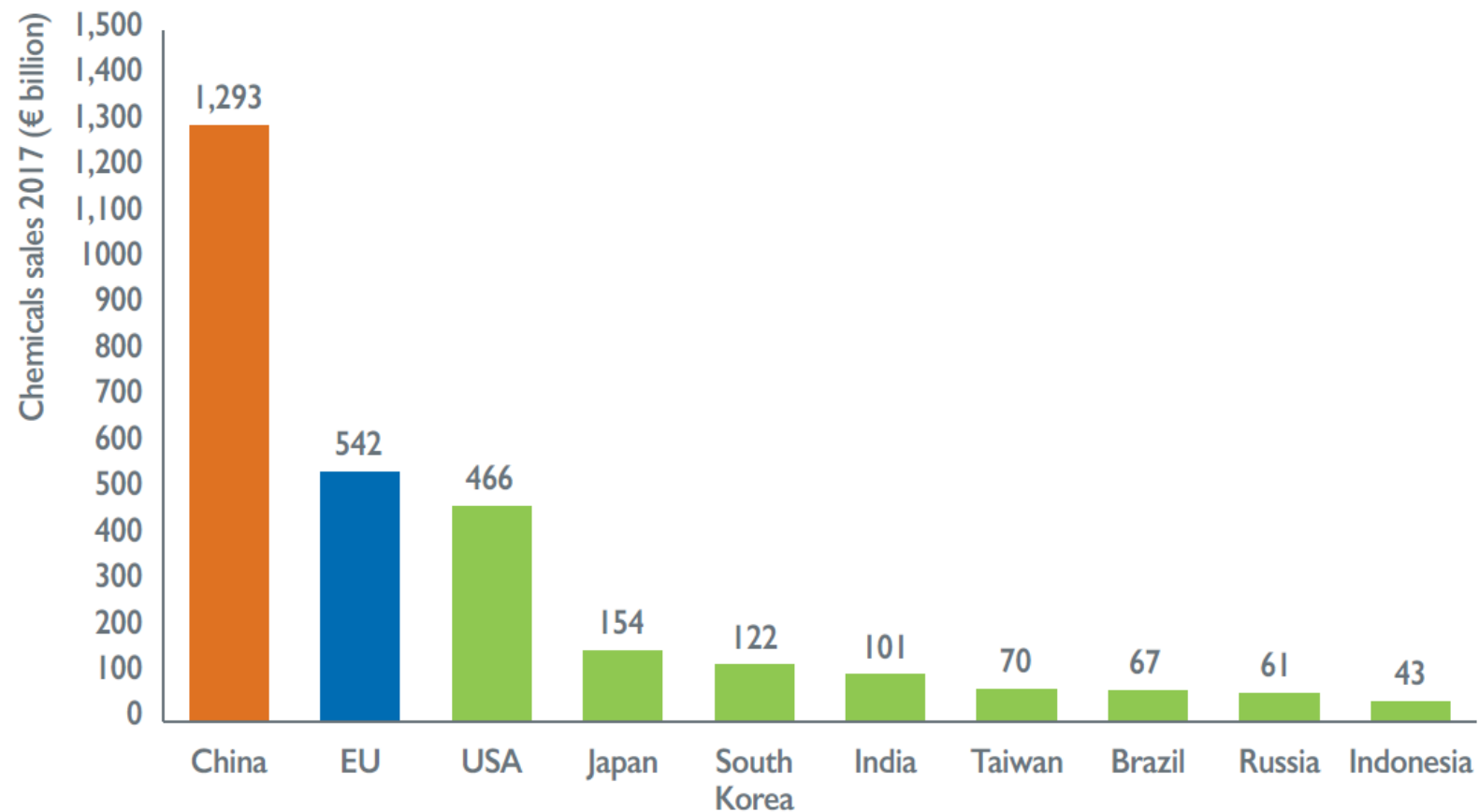
* Rest of Europe covers Switzerland, Norway, Turkey, Russia and Ukraine

** North American Free Trade Agreement

*** Asia excluding China, India, Japan and South Korea

Unless specified, chemical industry excludes pharmaceuticals
Unless specified, EU refers to EU 28

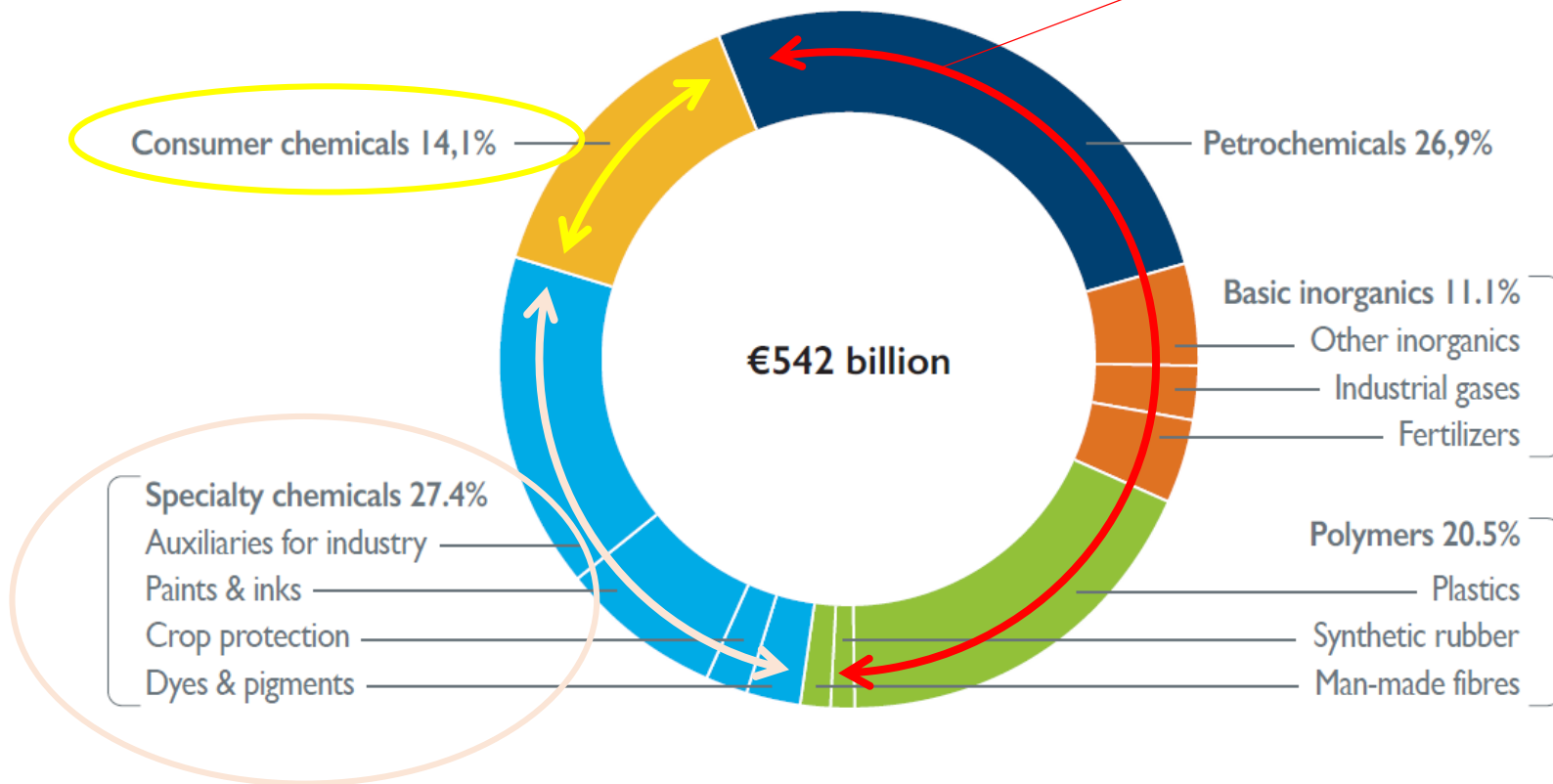
Kína domináns szerepe.



Source: Cefic Chemdata International 2018

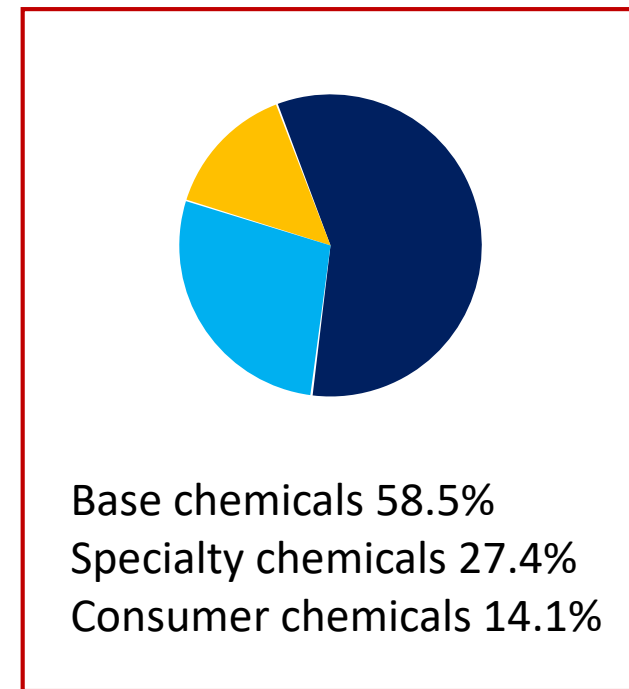
Unless specified, chemical industry excludes pharmaceuticals
Unless specified, EU refers to EU 28

base chemicals



Az EU vegyipari termelése

Összvolumen: 542 milliárd €
(2017)

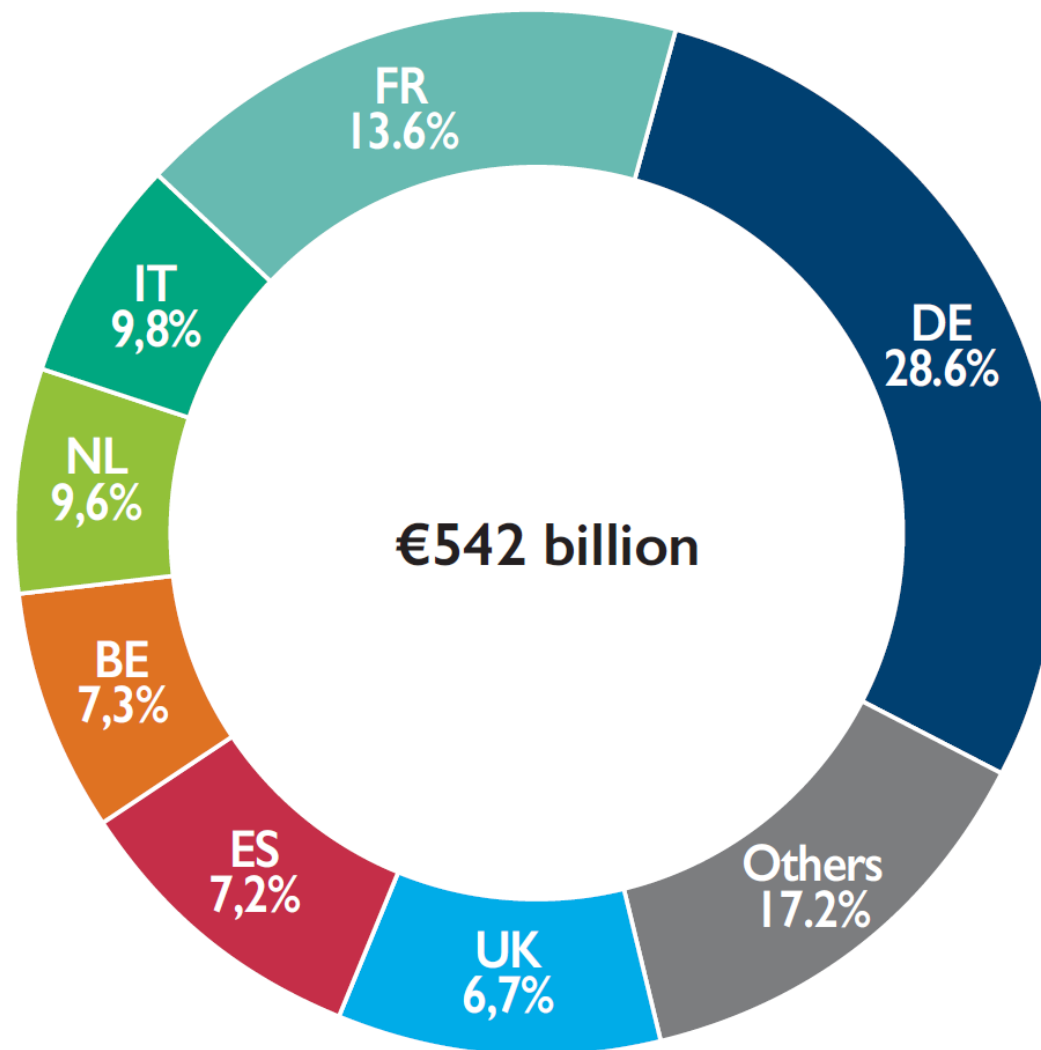


Source: Cefic Chemdata International 2018

Unless specified, chemical industry excludes pharmaceuticals
Unless specified, EU refers to EU 28

7 EU tagállam állítja elő az EU (azaz EU28) vegyipari termelésének 80%-át (~430 milliárd €)! (2017)

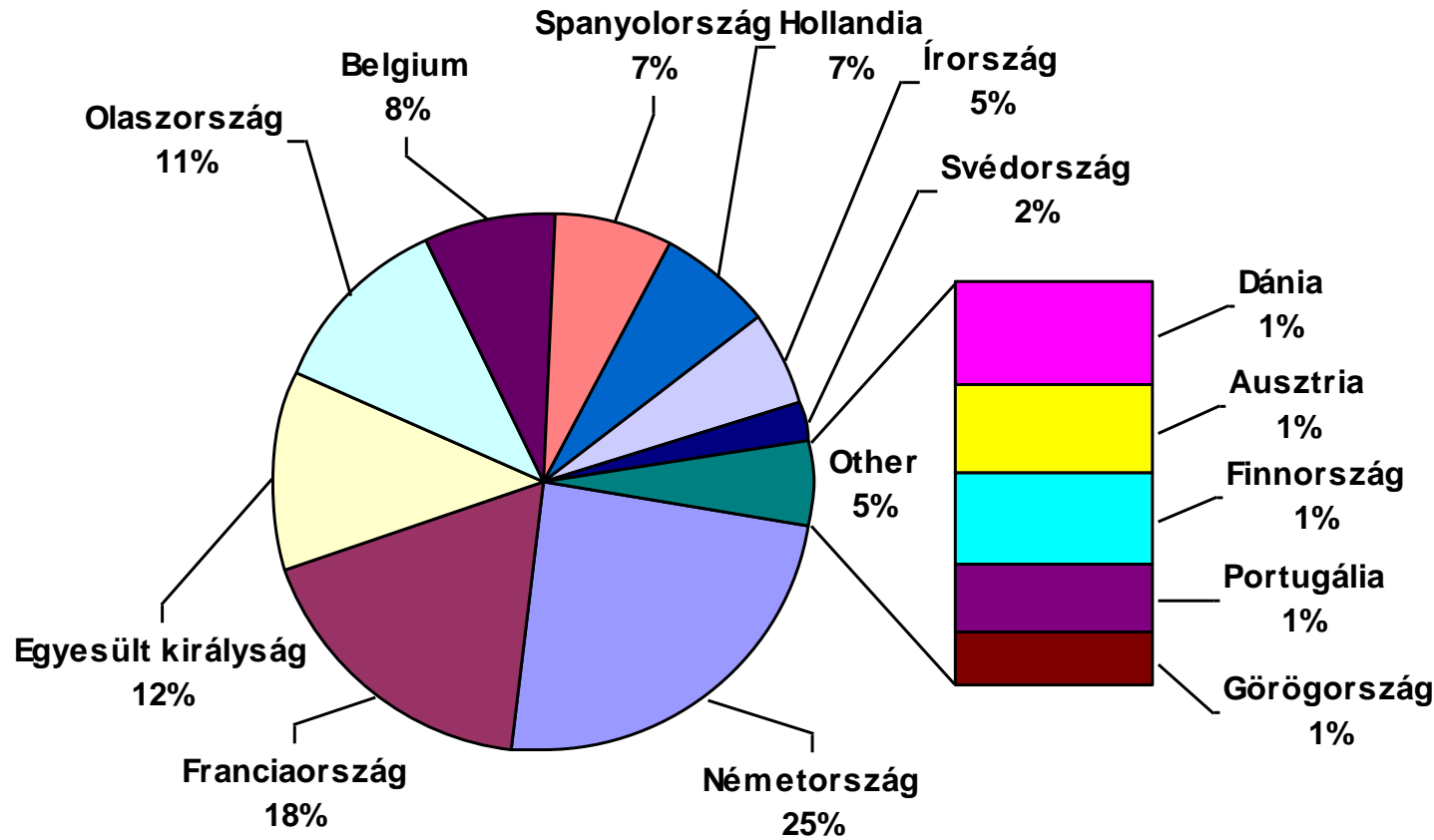
Németország: 28,6%
Franciaország: 13,6%
Olaszország: 9,8%
Hollandia: 9,6%
Belgium: 7,3%
Spanyolország: 7,2%
Egyesült Királyság: 6,7%



Source: Cefic Chemdata International 2018

Unless specified, chemical industry excludes pharmaceuticals
Unless specified, EU refers to EU 28

Retrospektív

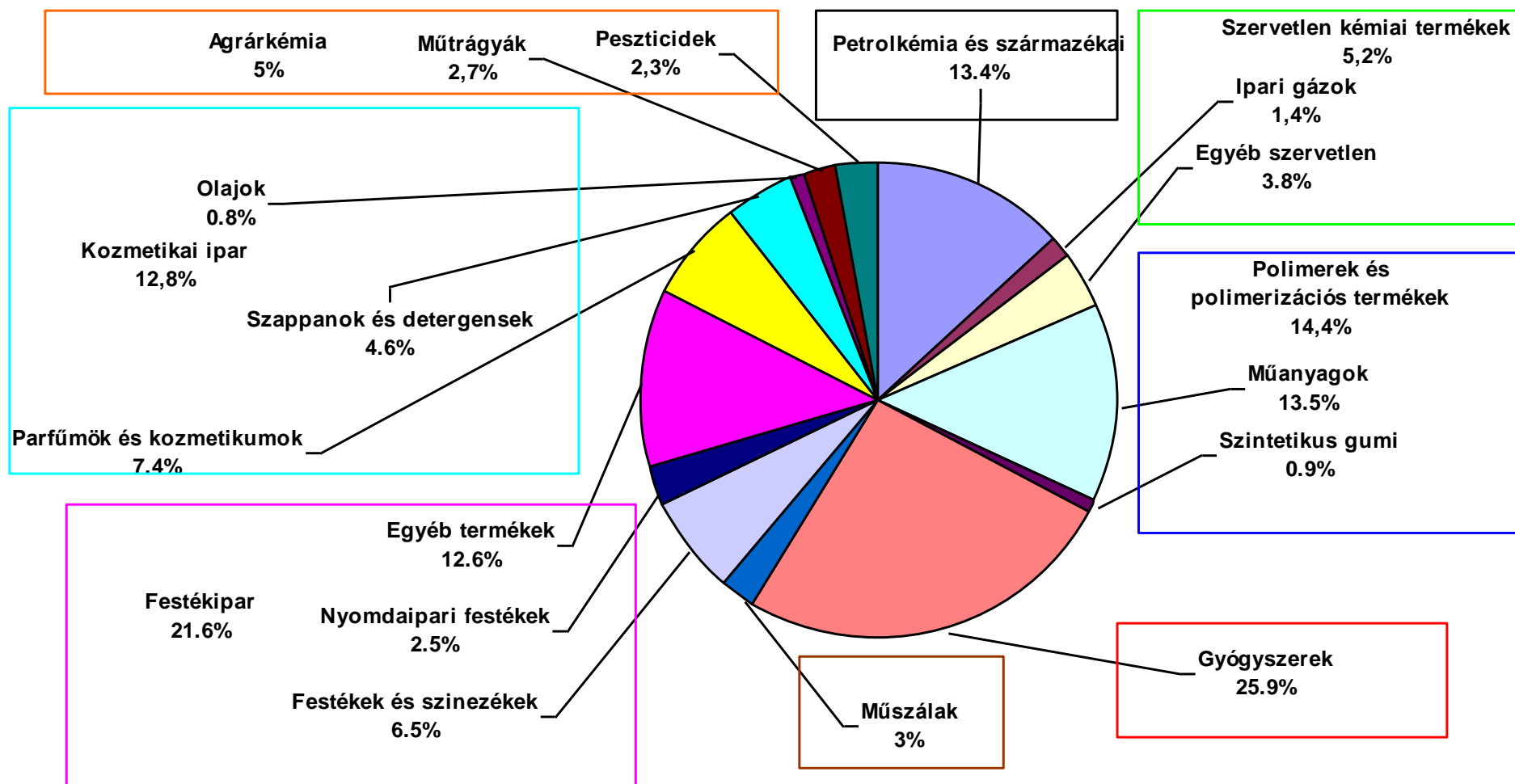


| | (1999) | (2017) | |
|---------------------|--------|--------|---|
| Németország: | 25% | 28,6% | ↗ |
| Franciaország: | 18% | 13,6% | ↘ |
| Olaszország: | 11% | 9,8% | ↘ |
| Hollandia: | 7% | 9,6% | ↗ |
| Belgium: | 8% | 7,3% | ↘ |
| Spanyolország: | 7% | 7,2% | ≡ |
| Egyesült Királyság: | 12% | 6,7% | ↘ |

Az Európai Unió felosztása a kémiai ipari termelés szerint (összes termelés 403 milliárd €) (1999)

Az EU vegyipari termelése, összvolumen: 542 milliárd € (2017)

Az Európai Unió kémiai iparának felosztása szektorok szerint (1999)



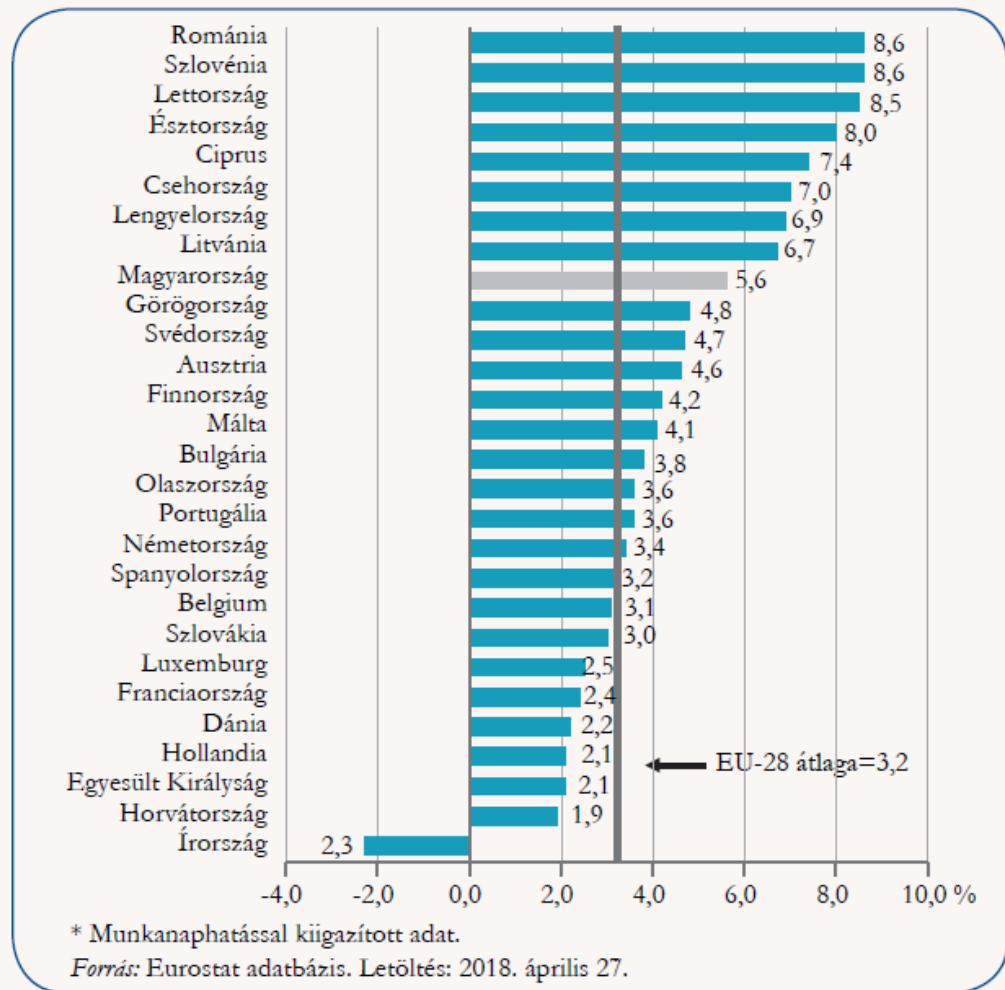
Helyzetkép az iparról, 2017

→ Az előző évi kismértékű növekedés után 2017-ben az ipari termelésben folytatódott a bővülés: a kibocsátás 4,8%-kal emelkedett az egy évvel korábbihoz képest, elsősorban a feldolgozóipar két legnagyobb súlyú gépipari alágának, a jármű és a számítógép, elektronikai, optikai termék gyártása – együttesen több mint 40%-ot adó – jelentős teljesítményének köszönhetően.

Az ipar nemzetgazdasági ágai közül a legnagyobb, több mint 95%-át képviselő feldolgozóipar 2017. évi, 4,9%-os növekedése – meghaladva az előző évi 1,4%-os, szerényebb mértékű emelkedést – az export bővülésével párhuzamosan ment végbe. A feldolgozóipari alágak döntő többségénél a külpiaci eladások játszottak meghatározó szerepet. A három legnagyobb súlyú terület közül a számítógép, elektronikai, optikai termék gyártása bővült a legjobban (8,8%-kal), a járműgyártás kibocsátása csak kisebb mértékben, 1,5%-kal emelkedett. Az élelmiszer, ital és dohánytermékek gyártását is mérsékeltebb, 2,0%-os növekedés jellemezte. Az ipari termelésből mindössze 0,3%-kal részesedő bányászat termelése 24%-kal nőtt 2016-hoz viszonyítva, míg a 4,2%-os súlyú energiaipar kibocsátása gyakorlatilag stagnált.

Az ipari termelés minden régióban emelkedett, a legnagyobb mértékben Észak-Alföldön (7,7%), a legkevesbé Budapesten (2,2%).

Az ipari termelés változása az előző évhez képest az Európai Unió tagállamaiban, 2017*



Az ipar
teljesítménye

Az ipar teljesítménye Magyarország bruttó hozzáadott értékéből 2017-ben 25,6%-kal részesedett (ez 0,2 százalékpontos aránycsökkenést jelent 2016-hoz képest): ezen belül a feldolgozóipar 23,5, az energiaipar 1,9 és a bányászat 0,2%-kal. Az ipar nemzetgazdasági súlya 2000 óta – folyó áron számítva – 23–27% közötti tartományban mozgott, a legnagyobb arányt 2015-ben (26,6%), a legkisebbet (23,5%) 2009-ben, a válság mélypontján érte el.

Munkavállalók
száma

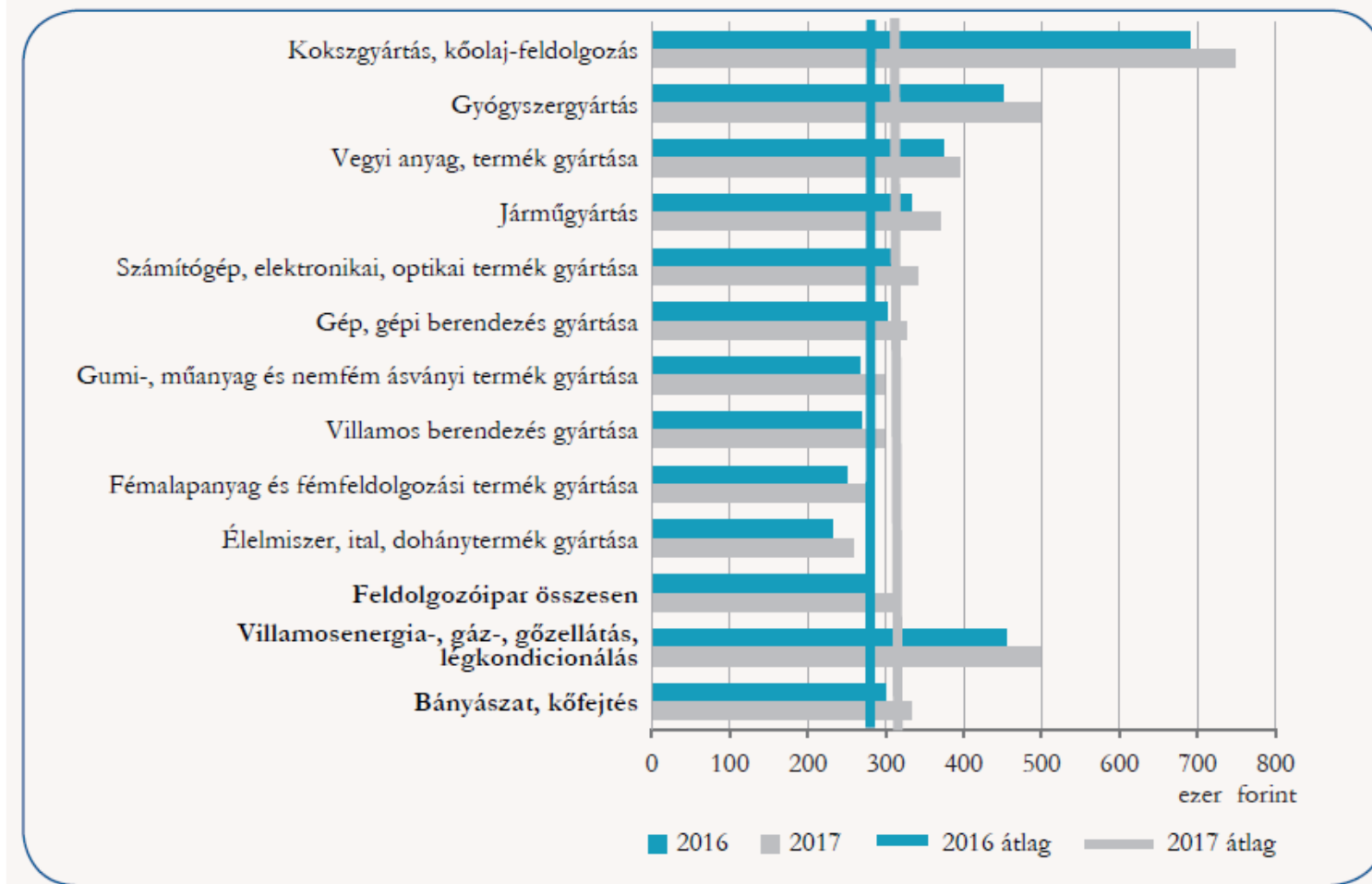
2.3. A munkavállalók száma, átlagkeresete és a termelékenység

2017-ben az iparban alkalmazásban állók száma¹ – a legalább 5 főt foglalkoztató vállalkozásoknál – 713 711 fő volt, 3,2%-kal (több mint 22 ezer fővel) több, mint egy évvel korábban. (2016-ban 4,8%-os volt a növekedés.) Az összes munkavállaló 72,5%-át képviselő fizikai foglalkozásúak száma 2,7, a szellemi foglalkozásúaké 4,8%-kal nőtt.

Munkavállalók
bére

2017-ben az iparban alkalmazásban állók havi bruttó átlagkeresete 318 707 forint volt – 11,5%-kal magasabb az egy évvel korábbinál –, a versenyszférában pedig 306 125 forint. Az ipari ágak, alágak tekintetében a legnagyobb bruttó átlagkeresettel (749 332 forint) a kocszgyártás, kőolaj-feldolgozásban foglalkoztatottak rendelkeztek, éppúgy, mint 2016-ban. Ezt a gyógyszergyártás követte 499 184 forinttal, de 400 ezer forinton felül kerestek még az energiaiparban is. Az előzőeken kívül a feldolgozóipar négy alágában (vegyi anyag, termék gyártása; számítógép, elektronikai, optikai termék gyártása; gép, gépi berendezés gyártása; járműgyártás) és a bányászat területén az ipari átlag felett (327 és 395 ezer forint között), hét alágban pedig az ipari átlag alatt (194 és 298 ezer forint) alakult a bruttó átlagkereset. A havi bruttó átlagkereset – több éve változatlanul – a textília, ruházat, bőr és bőrtermék gyártásában volt a legalacsonyabb (194 437 forint).

Az iparban alkalmazásban állók havi bruttó átlagkeresete

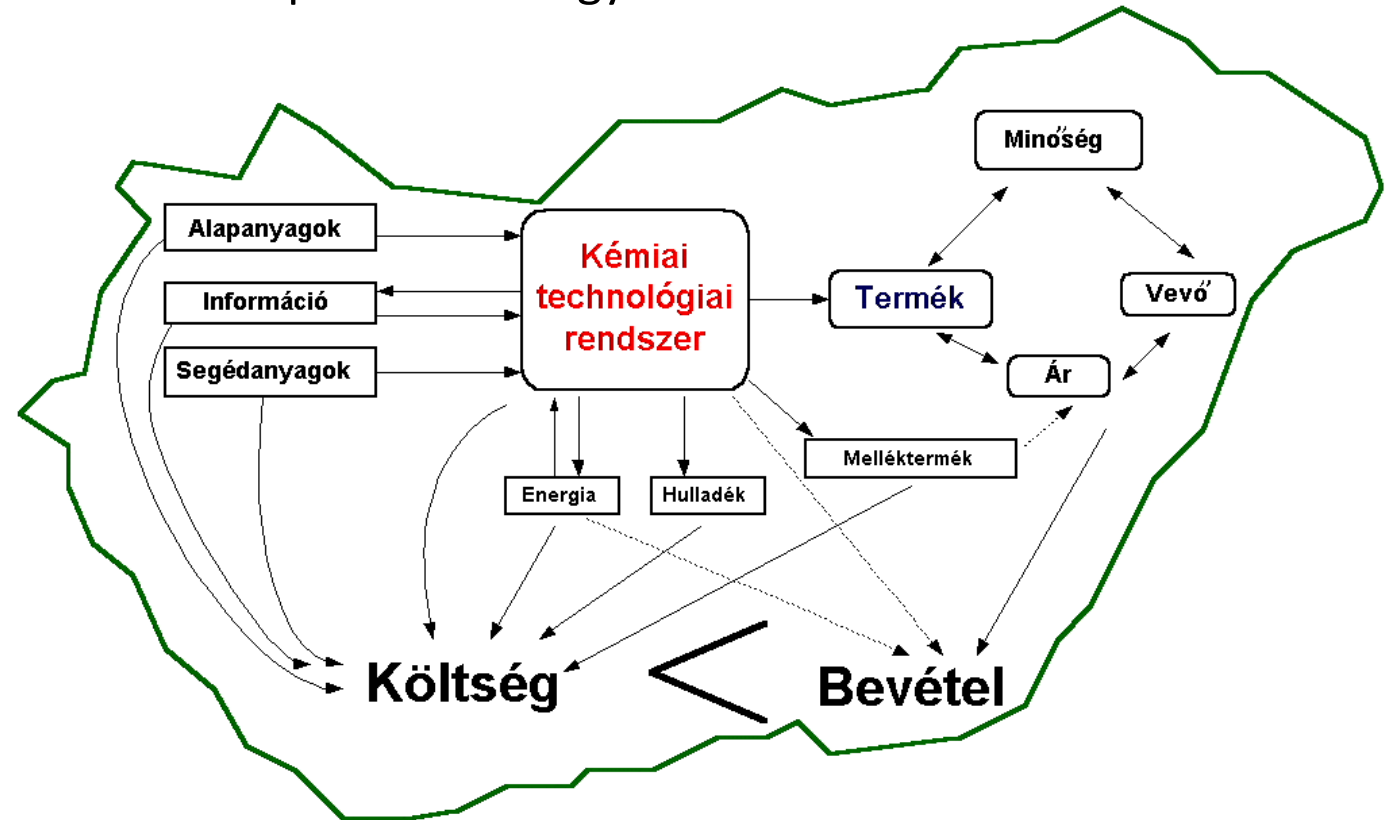


Kémiai technológia

- A kémiai termékek gyártásával kapcsolatos természettudományi és műszaki ismeretek összessége. Olyan folyamatokkal foglalkozik, melyekben az anyag összetétele, szerkezete, és energiatartalma változhat meg.
- Az általános folyamat a gazdaságosságot és a belső kapcsolatokat figyelembe véve:

Technológia (görög eredetű: τεχνολογια, τεχνη „mesterség” + λογος „tan”):

eljárások, műveletek, eszközök szerves összessége, amelyek segítségével tudatos átalakítások révén nyers-, és alapanyagokból (ill. segédanyagokból) energiaráfordítással, tényleges szükségletek kielégítésére alkalmas ipari terméket (vagy energiát) állítunk elő.



Vegyipari gyártással kapcsolatos alapfogalmak

- **Vegyipari műveleti egységek**: Fizikai (vagy fizikai-kémiai) változás létrehozása az anyag állapotában ipari módszerekkel a vegyiparon belül

- **Vegyipari folyamatok**: Kémiai változás létrehozása az anyagban ipari körülmények között

Vegyipari gyártással kapcsolatos alapfogalmak

- **Gyártási folyamat**: A gyártásban szereplő műveleteknek és folyamatoknak a valóságnak megfelelő kapcsolódásában vázolt összessége.
- **Gyártási technológia**: A gyártásban szereplő műveletek és folyamatok kapcsán a tennivalók részletes ismertetése a hozzájuk tartozó készülékek, gépek és műszerek leírásával együtt.
- **Gyártási előirat** (*know-how*: tudni azt, hogy hogyan): A gyártás részletes leírása, mely alapján végleges üzemi méretben el lehet készíteni a gyártó berendezéseket, amelyekben a leírt módon a leírás szerinti minőségű kiindulási anyagokkal, a leírásban megadott minőségű termék állítható elő a megadott gyártási kapacitással.
- **High-tech**: Technológiai értelemben a legkorszerűbb tudományos és műszaki elveket és megoldásokat alkalmazó gyártási eljárás.

A kémiai technológia alaptörvényei

1. **Költségparaméter elv**: Minden kémiai technológiai eljárásnak van egy *önköltség maximuma*. Ezen költség eléréséig gazdaságos a technológia. Ha ezt túllépi, be kell szüntetni, és gazdaságosabb technológia alkalmazása szükséges.

Az *önköltség* függ:

- a) eljárás típusától, berendezések bonyolultsága
- b) nyersanyagok elérhetősége, összetétele
- c) szállítás költsége
- d) képződő hulladékminősége, mennyisége, ártalmatlanítás költsége
- e) dolgozók bére, felkészültsége
- f) termék piaci ára (Az adott termék önköltség maximuma a termék piaci ára \rightarrow veszteség)

- 2. Paraméterek nagy számának elve:** Az összes paraméter szétválasztása lehetetlen, így a döntő befolyású, ún. „vezérlő” paramétert kell figyelembe venni. A szigorú matematikai összefüggések nem érvényesülnek → empirikus összefüggésekkel dolgozunk.

A kémiai technológia alaptörvényei

3. **Léptékhatás törvénye:** Minden technológiai folyamat, ill. berendezés növelése bizonyos mértékhatáron túl minőségi változással jár. Ezen változások vagy új szabályokat követelnek, vagy határt szabnak a berendezés méreteinek (pl. laboratóriumi méret ●, nagy/ipari méret ●)

Minden technológiai eljárás fejlődési pályát fut be az első kísérlettől az ipari megvalósításig. A kívánt mennyiségű és minőségű termék előállítását teljesíteni képes üzemi eljáráshoz csak többlépcsős, tudatos fejlesztő munka eredményeként lehet eljutni.

Ezen tevékenység főbb állomásai:

- a) laboratóriumi kísérlet
- b) kísérleti üzem
- c) próbaüzem
- d) nagyüzem



lépték nő

Az *optimális gyártási méret* (gyártási kapacitás): az a méret, amely a fennálló műszaki és gazdasági körülmények között a leggazdaságosabban képes terméket előállítani.

4. **Automatizáció törvénye**: Paraméterszórás csak automatizálás útján szorítható az előírt határok közé. Megfelelő biztonsági rendszerű számítógéppel vezérelt folyamatok. Kézi vezérlés háttérbe szorult (biztonsági okokból emberi beavatkozás szükséges lehet).

A technológiák csoportosítása eljárásmód szerint

- a) **Mechanikai technológiák:** azokkal a munkafolyamatokkal foglalkoznak, amelyek az anyag fizikai tulajdonságait változtatják meg (kémiai összetételét, minőségét nem), pl. aprítás, őrlés, szűrés, sajtolás, esztergálás, stb.
- b) **Kémiai technológiák:** ezen technológiák alkalmazása során az anyagok kémiai összetétele és sajátossága változik meg (pl. acélgyártás, műanyagok gyártása, krakkolás, extrakció, desztilláció, stb).
- c) **Biológiai technológiák:** mikroorganizmusokat, biokémiai reakciókat használnak fel a kívánt biológiai folyamat lejátszódásához, ill. annak elősegítéséhez (biotechnológia, élelmiszeripar)

A technológiák csoportosítása szakágazatok szerint

- a) **Ipari** (pl. kohászat, gépipar, vegyipar, élelmiszeripar, textilipar, stb.)
- b) **Mezőgazdasági** (talajelőkészítés, növénytermesztés, betakarítás, állattenyésztés, stb.)
- c) **Környezet** (pl. hulladékkezelés, hulladék gazdálkodás)
- d) **Energia** (pl. energia átalakítás [*termelés*], energia tárolás)

A technológiai műveletek csoportosítása hajtóerő szerint

- a) **Hidrodinamikai műveletek:** *folyadékok és gázok mozgásával foglalkozik, folyadékok és gázok áramlása, heterogén diszperz rendszerek elválasztása - ülepités, centrifugálás, szűrés.*
- b) **Mechanikai műveletek:** *szilárd halmazállapotú anyagok feldolgozása, pl. aprítás, őrlés, keverés, méreetszerinti frakcionálás/osztályozás, stb.*
- c) **Kalorikus (hőátadási) műveletek:** *hőtan törvényszerűségeivel értelmezhető eljárások, pl. melegítés, hűtés, szárítás, hőcsere, bepárlás.*
- d) **Elválasztási (anyagátadási) műveletek:** *homogén elegyek komponenseinek elkülönítése egy második fázis megjelenésével és a komponenseknek a két fázis határán történő szelektív áthaladásával. Hajtóerő: a komponensek kémiai potenciáljának különbsége (fázisegyensúly beállításig megy végbe a folyamat), pl. desztilláció, extrakció, kristályosítás, ab-/adszorpció, membrán eljárások (RO, membránszűrés).*
- e) **Kémiai reaktorok:** *„reagáltatás művelete”, a folyamatok végbemenetelét a reakciókinetika és a kémiai termodinamika törvényszerűségei határozzák meg (a leglassúbb részfolyamat a sebességmeghatározó).*

A technológiai folyamatok bemenő anyagai (input)

- **nyersanyag**: a természetben előforduló szervetlen vagy szerves eredetű anyagok
- **alapanyag**: az a *nyersanyag* vagy félkész (közti-) termék, amelynek feldolgozása az adott gyártási folyamat feladata, a folyamatban kiinduló anyagként szerepel (pl. kőszén, kőolaj, ércék, stb.)
- **adalékanyag**: a technológiai eljárásokban felhasznált, az alapanyagokhoz képest kis mennyiségű anyag, amely az előállítandó termék minőségét javítja, vagy a gyártást gazdaságosabbá teszi (pl. ötvözőanyag)
- **segédanyag**: olyan anyag, amely a termelés során nem válik a termék részévé

A nyersanyagok eredet szerinti csoportosítása

- **növényi eredetű**: növényi anyagcsere-termékek (pl. keményítő, cellulóz, fehérjék, növényi cserzőanyagok, növényi olajok, viaszok, gyanták, kaucsuk, parafa, stb.)
- **állati eredetű**: élő vagy elhullott állatokból nyert nyersanyag (pl. hús, tej, zsír, kitin, prém/szörme, állati trágya/guanó, stb.)
- **ásványi eredetű**: a földkéregben előforduló anyagok, pl. (1) energiahordozók (kőszén, kőolaj, földgáz, (2) ércek (vas, színes-, könnyű-, nemesfém, radioaktív ércek), (3) nem érces anyagok (építőanyagok, grafit, kén, drága-, és féldrágakövek, stb.)

A technológiai folyamatok kimenő anyagai (output)

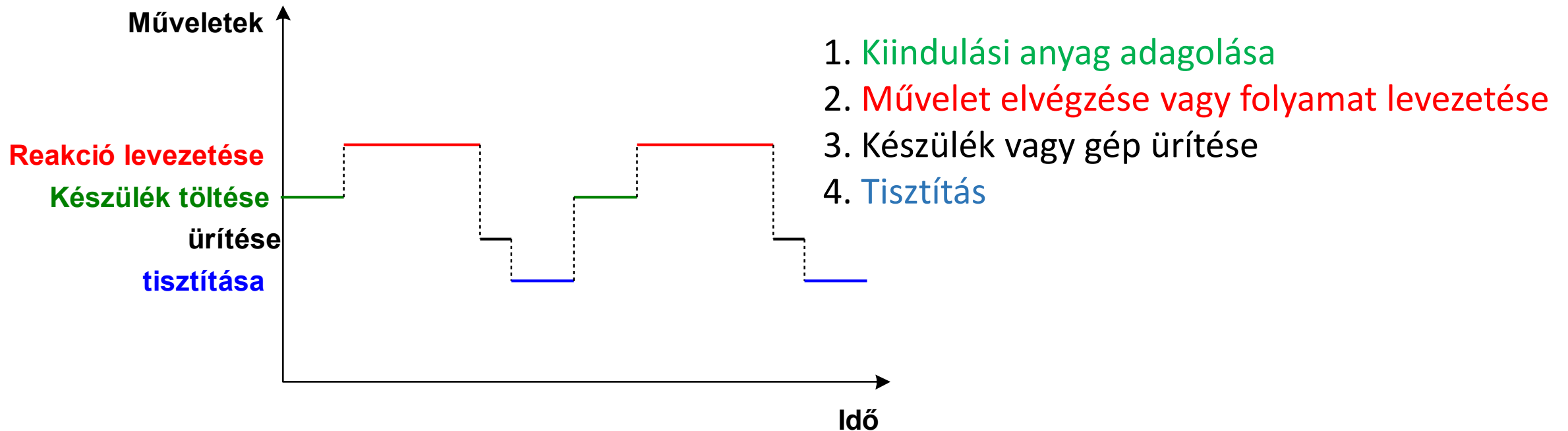
- **termék**: a termelés vagy szolgáltatás eredménye, amely valamilyen szükséglet kielégítésére szolgál
- **melléktermék**: az az anyag, amely a gyártási folyamatban a főtermék mellett keletkezik és keletkezési formájában hasznosítható vagy értékesíthető (pl. vas-, acél-, üveg-, papír-, textilhulladék)
- **félkész termék**: (köztitermék, intermedier) további feldolgozást igénylő termék
- **hulladék**: a termelési folyamatok anyagáramaiból keletkező termelési hulladék, amely keletkezhet: (1) üzemszerűen az anyagátalakítási műveletek következtében, (2) felújítás és karbantartás során, ill. termékváltáskor, (3) üzemeltetési hiányosságok miatt

Szakaszos és folyamatos gyártás

- A kémiai reakciókat leggyakrabban **üstreaktorban** vagy **csőreaktorban** végzik.
- Szakaszos technológia ajánlott, ha:
 - A termelési kapacitás kisebb mint 500 t/év
 - Szezonális és/vagy rövid élettartamú termék esetében
 - Kis reakciósebesség (ún. lomha reakciók) esetén
 - Nehezen kezelhető anyagok (pl.: zagyok) reakciójánál
 - Gyorsan bomló, szennyeződésre érzékeny anyagok esetén
 - Finomkémiai termékek, gyógyszerek, növényvédőszeresek esetében
- Folyamatos technológia ajánlott, ha:
 - A termelési kapacitás nagyobb mint 5000 t/év
 - Tartós, nagy kereslettel rendelkező termékek gyártásánál
 - Olajipari, gázipari technológiák esetében
- 500 és 5000 t/év kapacitás között az adott céltermék és a piac jellemzői határozzák meg az előállítás módját.

- *Szakaszos gyártás*: Időben periodikusan ismétlődő részműveletekből áll.

Az eljárás során a nyersanyagok és a segédanyagok adagolása, ill. a végtermék elvétele időszakos. A folyamatban résztvevő anyagokat egyszerre helyezik a berendezésbe és a terméket a folyamat befejezése után távolítják el (pl. Bessemer-féle acélgyártás).



BESSEMER'S TILTING CONVERTER

1 CHARGING

The converter is now charged with molten pig iron from another furnace.



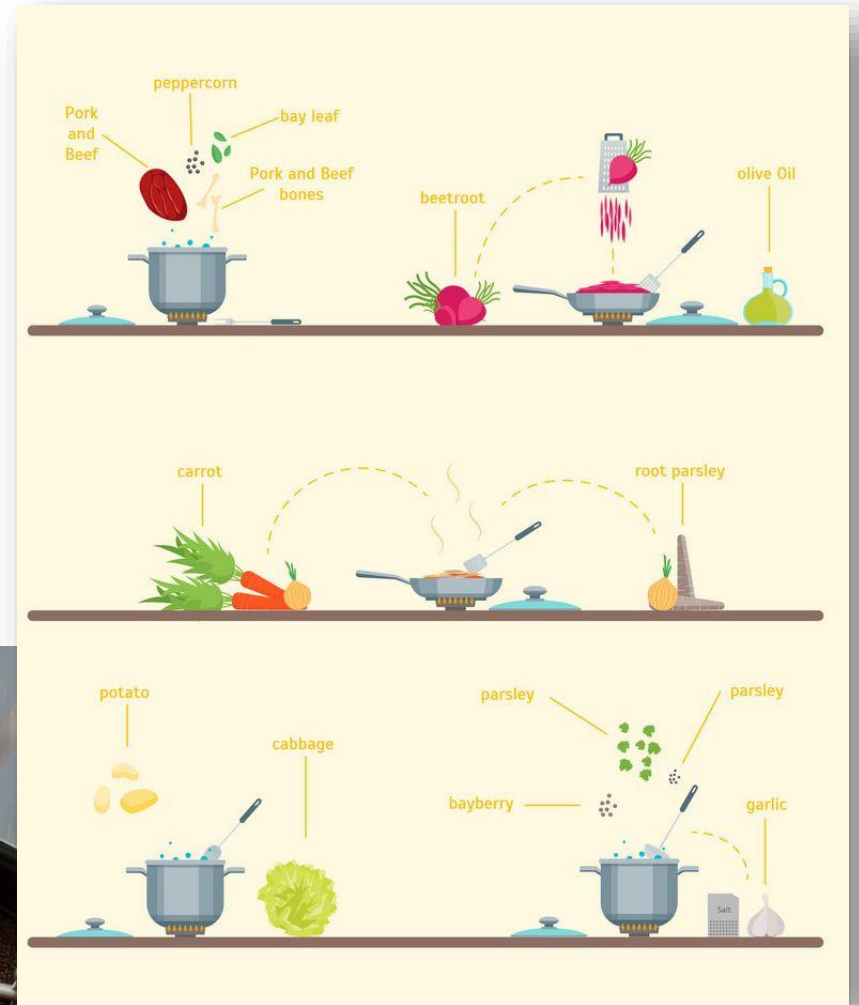
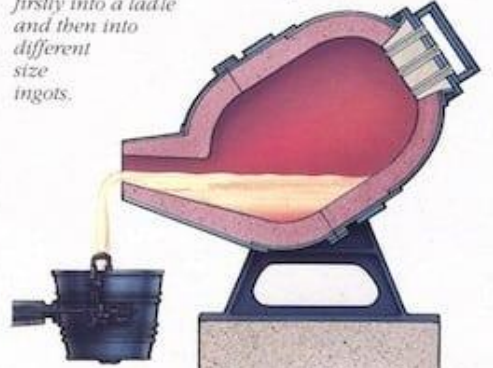
2 THE BLOW

The converter is now turned to the upright position and air is forced up through the molten iron causing all the unwanted materials to be burned off creating pure steel.



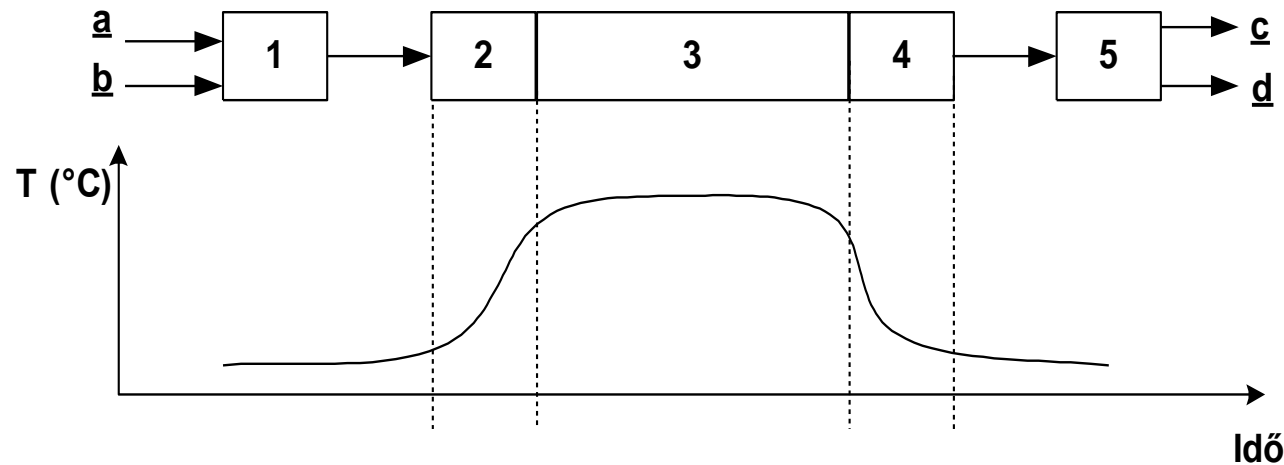
3 TAPPING

The converter is now tipped back to its original position and the steel poured firstly into a ladle and then into different size ingots.



- *Folyamatos gyártás:* Az egész gyártóberendezésen át gyakorlatilag állandó sebességgel áramlanak a folyamatban résztvevő anyagok, miközben olyan körülményeket biztosítunk, hogy a kívánt átalakulás lejátszódjék.

1. Kiindulási anyagok (**a** és **b**) elegyítése
2. Az elegy felmelegítése
3. A reakció levezetése a tartózkodási idő alatt
4. Az elegy hűtése
5. A melléktermék(ek) (**c**) elválasztása a termék(ek)től (**d**)



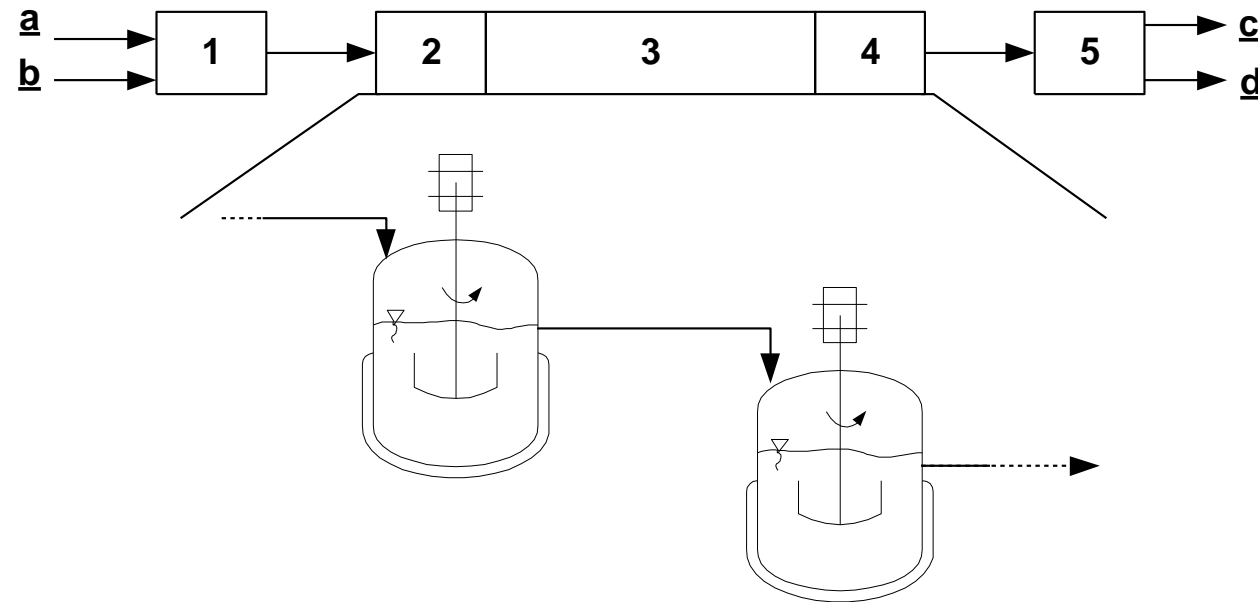
Folyamatos gyártás esetén a nyersanyag betáplálása és a késztermék elvétele folyamatos.

Az anyagok egyenletes sebességgel áramlanak végig a berendezésen. A fizikai körülmények a berendezés egyes pontjain állandó.

Folyamatos technológia: kőolaj lepárlás.

- *Folyamatos gyártás – Kaszkádszisztem* : Folyamatos csőreaktor helyett használhatunk két vagy több szakaszos reaktort:

1. Kiindulási anyagok (a és b) elegyítése.
2. Az elegy felmelegítése.
3. Adott ideig tartó reakció: tartózkodási idő a műveleti egységben.
4. Az elegy hűtése.
5. A melléktermékek (c) elválasztása a termékektől (d).

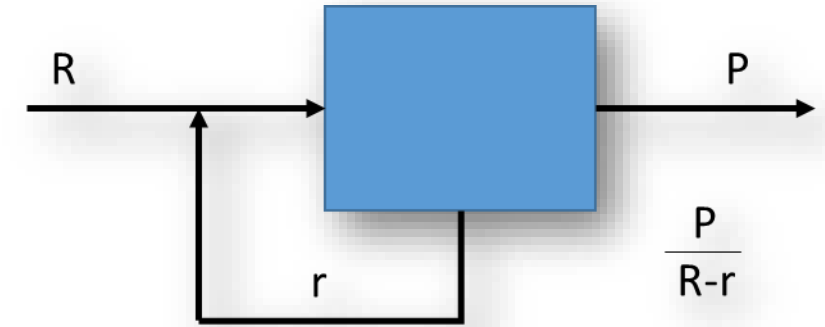


A gyártás gazdaságosságával kapcsolatos alapfogalmak

- Konverzió
- Hozam (kitermelés)
- Szelektivitás
- Termelékenység
- Gyártási kapacitás
- Folyamatszelektivitás

A gyártás gazdaságosságával kapcsolatos alapfogalmak

- **Konverzió:** Megmutatja, hogy a technológiai folyamatban egyszeri áthaladás során a bevezetett anyag [**R**] mekkora hányada (%-ban) alakul át más anyaggá vagy anyagokká [**P**].



$$\text{Molkonverzió} = \frac{\text{átalakult anyag anyagmennyisége (mol)}}{\text{bevezetett anyag anyagmennyisége (mol)}} \cdot 100$$

- **Hozam (kitermelés):** A gyártott termék [**P**] mennyisége hányad része a gyártásba vitt nyersanyag [**R**] elméletileg előállítható mennyiségnek. Megmutatja, hogy az összes bevezetett anyagnak hány %-a alakult át a kívánt céltermékké.

*(Megj.: Amennyiben a kiindulási anyag(ok) csak részben alakulnak át a gyártási folyamat során (és azok a termék(ek)től elválasztva újra felhasználhatók), akkor a kitermelés számításánál, a folyamatba bevitt kiindulási anyag [**R**] és az át nem alakult [**r**], de elválasztott kiindulási anyag mennyiségének különbségét kell alapul venni.)*

$$\text{Molhozam} = \frac{\text{céltermékké alakult anyag anyagmennyisége (mol)}}{\text{bevezetett anyag anyagmennyisége (mol)}} \cdot 100$$

A gyártás gazdaságosságával kapcsolatos alapfogalmak

- **Szelektivitás:** Az átalakult anyag céltermékké alakult %-át adja meg.

$$\text{Molszelektivitás} = \frac{\text{céltermékké alakult anyag anyagmennyisége (mol)}}{\text{összes átalakult anyag anyagmennyisége (mol)}} \cdot 100$$

- A fenti paramétereket a gyártás során jelenlévő minden résztvevő anyagra külön kell számítani.
- A hozamot minden egyes műveletre ki kell számítani.
- Az egyes lépések hozamainak összegéből adódik a végső hozam.

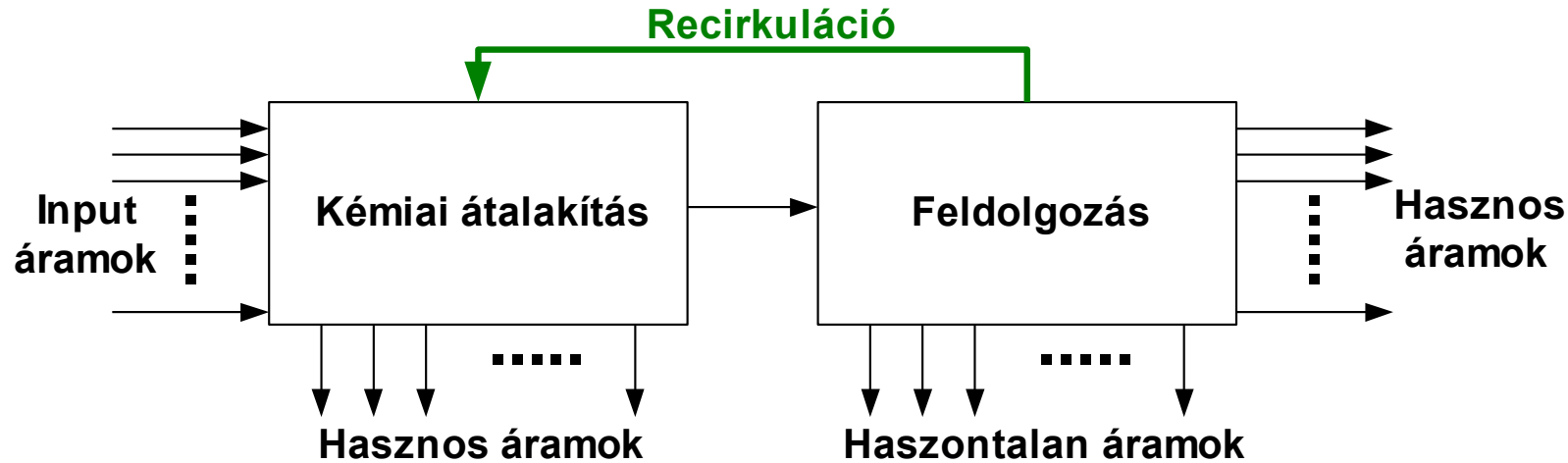
A gyártás gazdaságosságával kapcsolatos alapfogalmak

- A **termelékenység** az egységnyi idő alatt gyártott terméket jelenti mennyiségben vagy értékben kifejezve, rendszerint a gyártásban közvetlenül vagy közvetve foglalkoztatott egy főre vonatkoztatva (pl. 15 000 Ft/fő).
- A **kapacitás** egyrészt *befogadóképességet* jelent, másrészt *gyártási kapacitás* értelemben azt jelenti, hogy az adott készülékben vagy berendezésben bizonyos idő alatt mennyi termék állítható elő. (pl. 4,5 t/nap).
- Optimális gyártási kapacitásnál kisebb kapacitású üzemek már kevésbé gazdaságosak.

(Optimális gyártási kapacitás: az a méret, amely a fennálló műszaki és gazdasági körülmények között leg gazdaságosabban képes a terméket előállítani.)

A gyártás gazdaságosságával kapcsolatos alapfogalmak

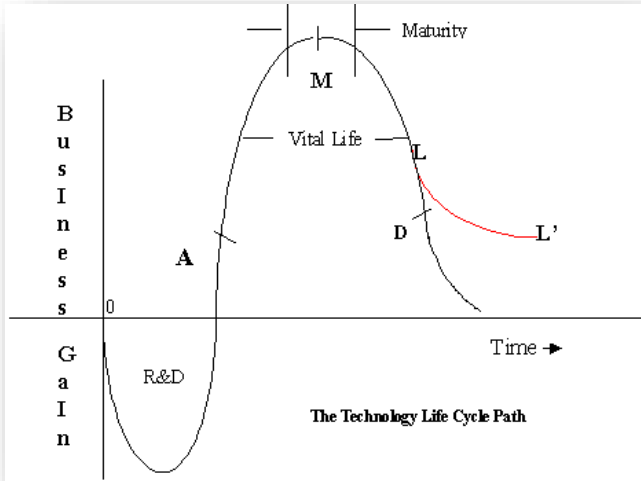
- A kémiai technológiai rendszert az ún. **folyamatszelektivitással** jellemzik (Lerou, Nancy University).



$$\text{Folyamatszelektivitás: } \Phi = \frac{\sum I^{\text{hasznos}}}{\sum I^{\text{input}}} \quad \text{ahol, } I : (\text{anyag/energia}) \text{ áram(ok)}$$

Lerou elmélete szerint nem a reakciótól kell 100%-os termelést követelnünk. A technológia paramétereinek helyes megválasztásával és az áramok megfelelő hasznosításával lehet növelni egy technológia hatékonyságát.

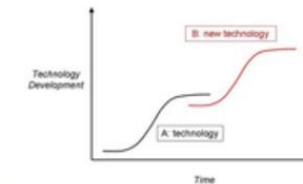
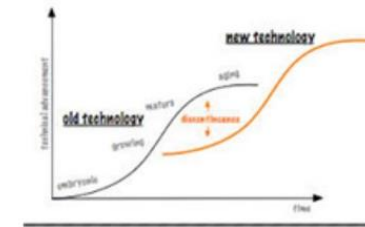
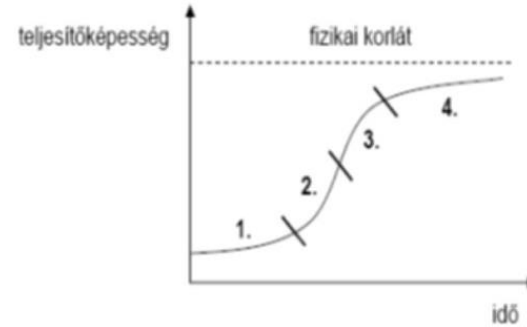
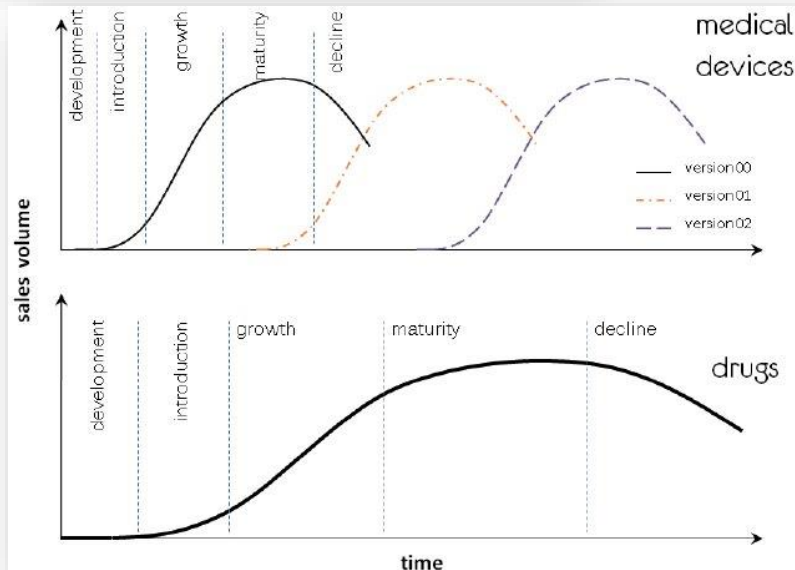
Technology life-cycle (TLC)



A technológiai életciklus törvénye

Miként minden terméknek, úgy minden technológiai eljárásnak is megvan a maga jellegzetes életciklusa. A technológiai „életciklus S-görbe”, négy jellegzetes szakaszra bontható:

- 1.szakasz: a teljesítőképesség lassan növekszik, mert a fejlesztők járatlan úton járnak.
- 2.szakasz: a teljesítőképesség gyorsan javul, mert már „kritikus tömegű” tudás gyűlt össze.
- 3.szakasz: a technológiai fejlődésnek lassulásával a gyorsaságnál fontosabbá válnak a költségek.
- 4.szakasz: egyre kevesebb lehetőség nyílik radikálisan új termék kifejlesztésére, mert a technológia megközelíti a teljesítőképességének fizikai korlátait.



Isa C.T. Santos: The specificities of medical devices - opportunity for a dedicated product development methodology

Termelési költségek

- **Nyersanyagköltség:** a gyártáshoz közvetlenül felhasznált nyersanyagok értéke.
- **Energiaköltség** a gyártásnál.
- Közvetlen **munkabér:** azoknak a dolgozóknak a munkabére, akik közvetlenül a termék előállításával foglalkoznak.
- **Amortizáció:** a gyártóberendezések elhasználódásának következtében beálló értékcsökkenés.
- **Általános költségek:** a gyár azon részeinek költsége, melyek nem végeznek közvetlenül termelő munkát, mint az igazgatás, irodák, karbantartó műhelyek, fürdők, stb.
- **Általános amortizáció:** a nem közvetlenül termelő munkát végző berendezések, épületek, utak, stb. elhasználódásának következtében beálló értékcsökkenés.
- **Egyéb költségek:** a termék árának az a része, amit adóra, kutatásra, a gyár fejlesztésére, új épületekre, gépekre, új eljárások bevezetésére és szociális kiadások egy részére fordítanak.
- **Környezetvédelmi költségek**

A költségparaméter, és csökkenésének törvénye

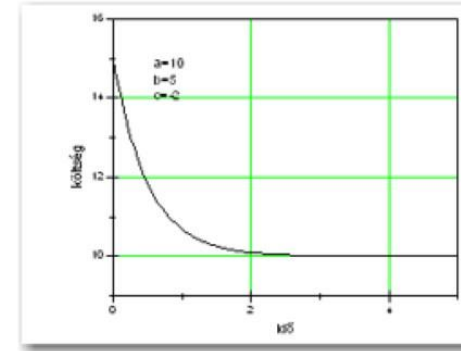
Az ipari technológiáknak a gyakorlati tapasztalatok által bizonyított fejlődési törvényszerűsége, hogy az életciklus során a technológiai eljárások fejlesztésének és fejlődésének eredményeként a termelés önköltsége tendenciaszerűen csökken, úgy hogy tartósan egy minimumhoz közeledik. Függvény formában kifejezve: ahol:

$$Y = a + be^{c\tau}$$

Y = átlagár az idő [év] függvényében;

a = Y értéke az aszimptotikus minimumnál;

τ = az idő [év]; b = pozitív konstans; c = negatív konstans; e = természetes alapú logaritmus alapja



Minden technológiai eljárásnak megvan egy előállítási költség minimuma és egy elviselhető költségmaximuma. Ezt a maximumot a termék mindenkor irányadó főpiaci ára határozza meg. Normális körülmények között, nem tekinthető alkalmazhatónak az olyan ipari eljárás, amely bár műszaki és környezeti szempontból kifogástalan terméket ad, de az előállítás összköltsége tartósan az eladási ár felett van. (Rendkívüli körülmények átmenetileg felülírhatják ezt a szabályt.)

Az ipari termelőegységek felépítése

Ipari üzem felépül 4 elemtípus - 2 csoport



Termelő és/vagy műveleti egységek

(Felhasználásra kerülő anyagok fizikai és kémiai átalakítása.)

Allaktorok: a fizikai átalakításokat végző készülékek (pl. talajmarók, aprító-gépek, jövesztők (bánya), szárítók, bepárlók, hűtők, mechanikai megmunkálást végző gépcsaládok, stb.)

Reaktorok: a kémiai átalakításokat végző készülékek (pl. kohók, kémiai reaktorok, elektrolizáló kádak, kazánok, hulladékégetők, stb.)

Logisztikai kiszolgálást végző eszközök és berendezések

Szállítóeszközök: pályához kötött és pályához nem kötött anyag és energiamozgató berendezések (csővezeték, járművek, szállítószag, kompresszor, ventilátor, szivattyú, stb.)

Tárolóberendezések: a kiindulási, félkész- és végtermékek tarolására szolgáló eszközök (pl. tartályok, raktárak, silók, hányók, stb.)

Az ipari termelést kiszolgáló infrastrukturális alapszolgáltatások

A legfontosabb alapszolgáltatások:

- Víz (ivó-, technológiai- és hűtővíz)
- Levegő (műszer és kompresszor)
- Energiaszolgáltatás (gőz, villamos áram, földgáz, fűtőolaj)
- Informatikai infrastruktúra

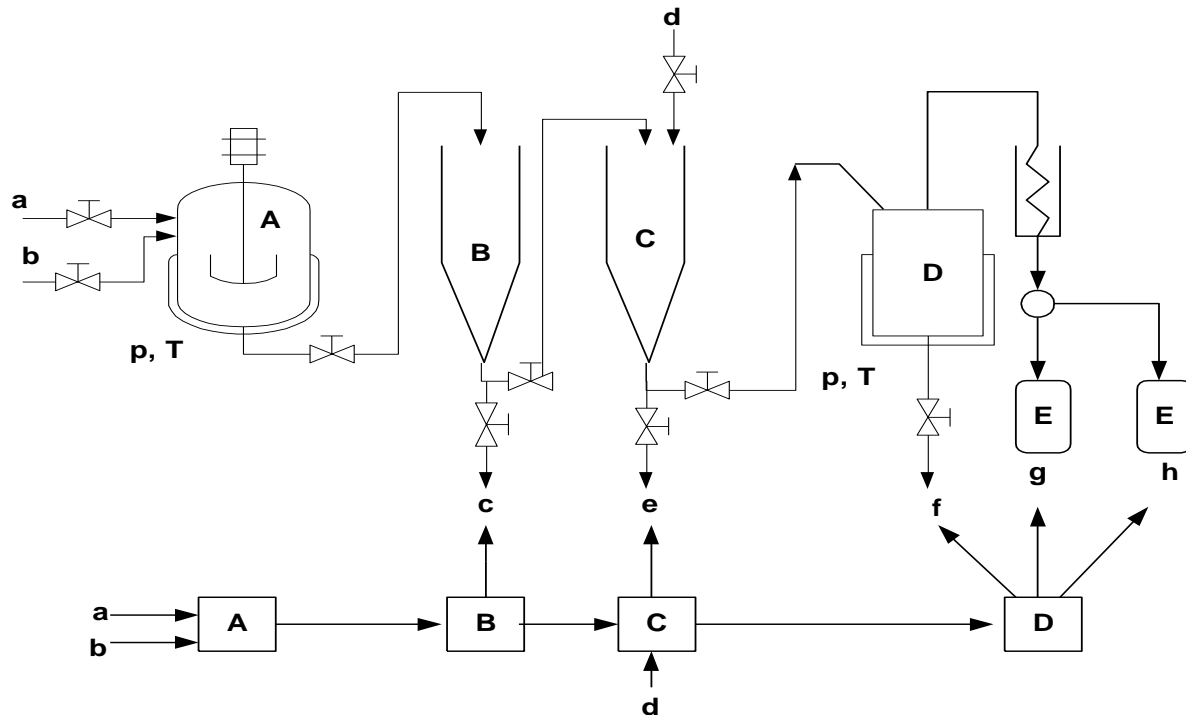
A gyártási folyamatok ábrázolása - Folyamatábrák

Az alapanyagoktól a végtermékekig tartó gyártás/termelés folyamatát egyezményes, szabványosított jelképekkel és jelölésekkel lehet szimbolizálni. A technológiai folyamatok ezen rajzos formáját *folyamatábrának* nevezik. A folyamatábrák az adott gyártási eljárásban szereplő műveletek és folyamatok egymásutánját, egymáshoz való kapcsolódását szemléltetik.

A műszaki gyakorlat megkülönbözteti az *elvi-, és a technológiai folyamatábrázolást*. A folyamatábra lehet vázlatos (az eljárásnak csak a jellemző mozzanatait szimbolizálja) és részletes (technológiai folyamatábra).

A gyártási folyamatok ábrázolása - Folyamatábrák

Folyamatábra, feltüntetve az egyes berendezésekkel, anyagáramokkal, főbb műveleti paraméterekkel (egyes berendezések üzemi hőmérséklete, nyomása, stb.)



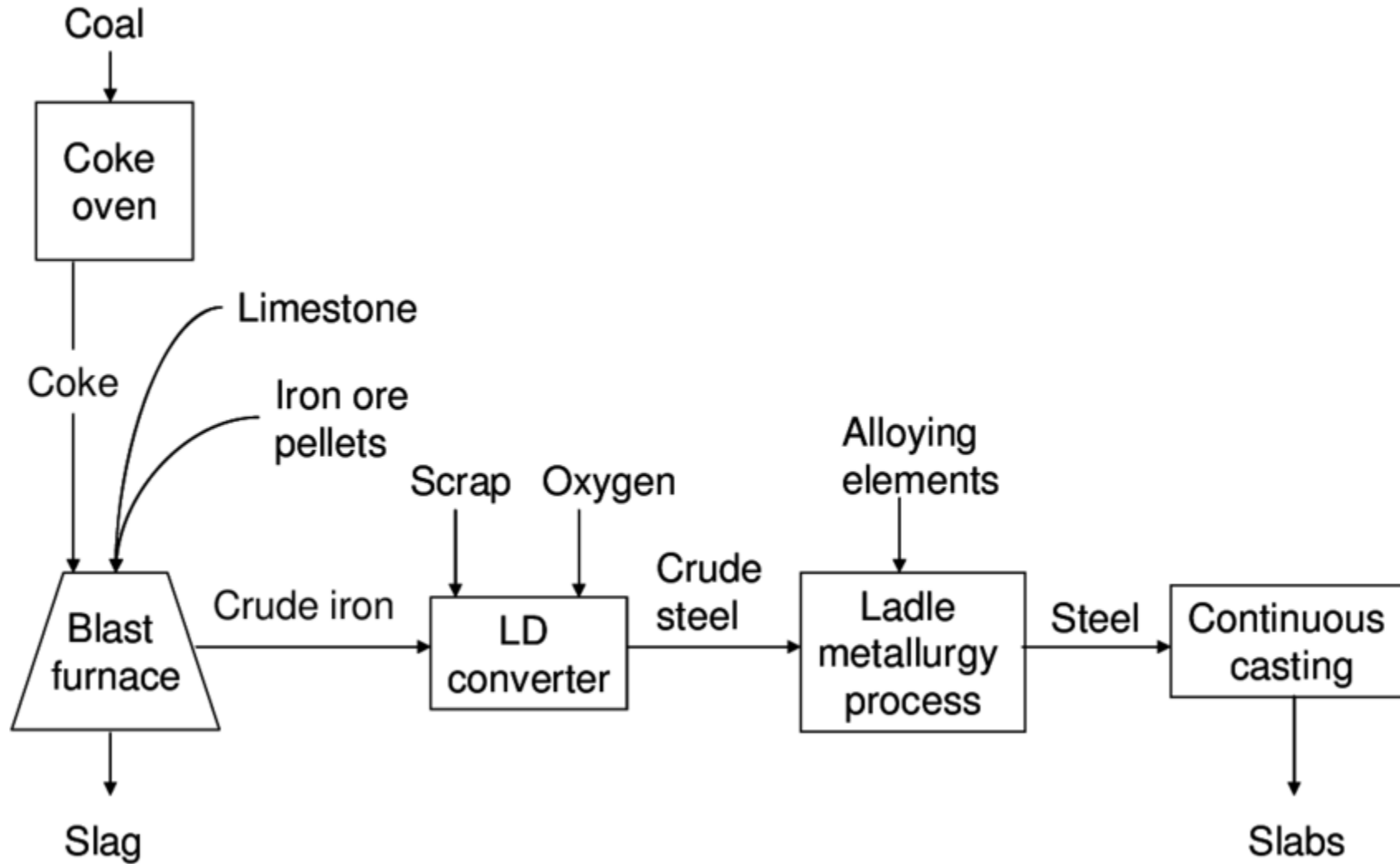
A technológiai folyamatábra

Tartalmazza az alkalmazott gépeket és készülékeket, akár lépték és színhelyesen. A folyamatábra tartalmazza a fő folyamatot, továbbá az érthetőséghez szükséges mellékfolyamat(ok) kapcsolódását. Párhuzamos berendezések a példányszám jelölésével, de csak egyszeresen kerülnek feltüntetésre.

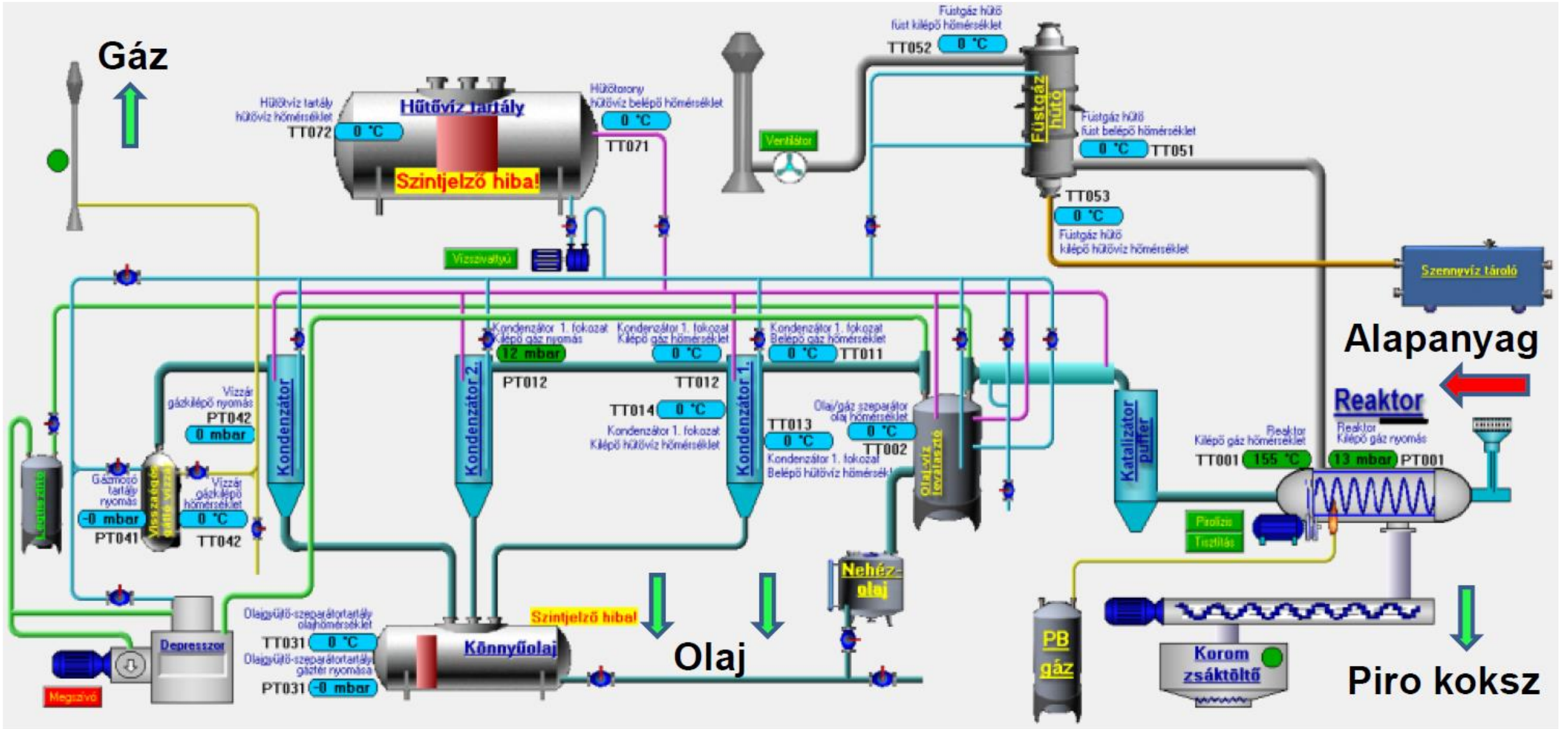
Feltüntetésre kerül:

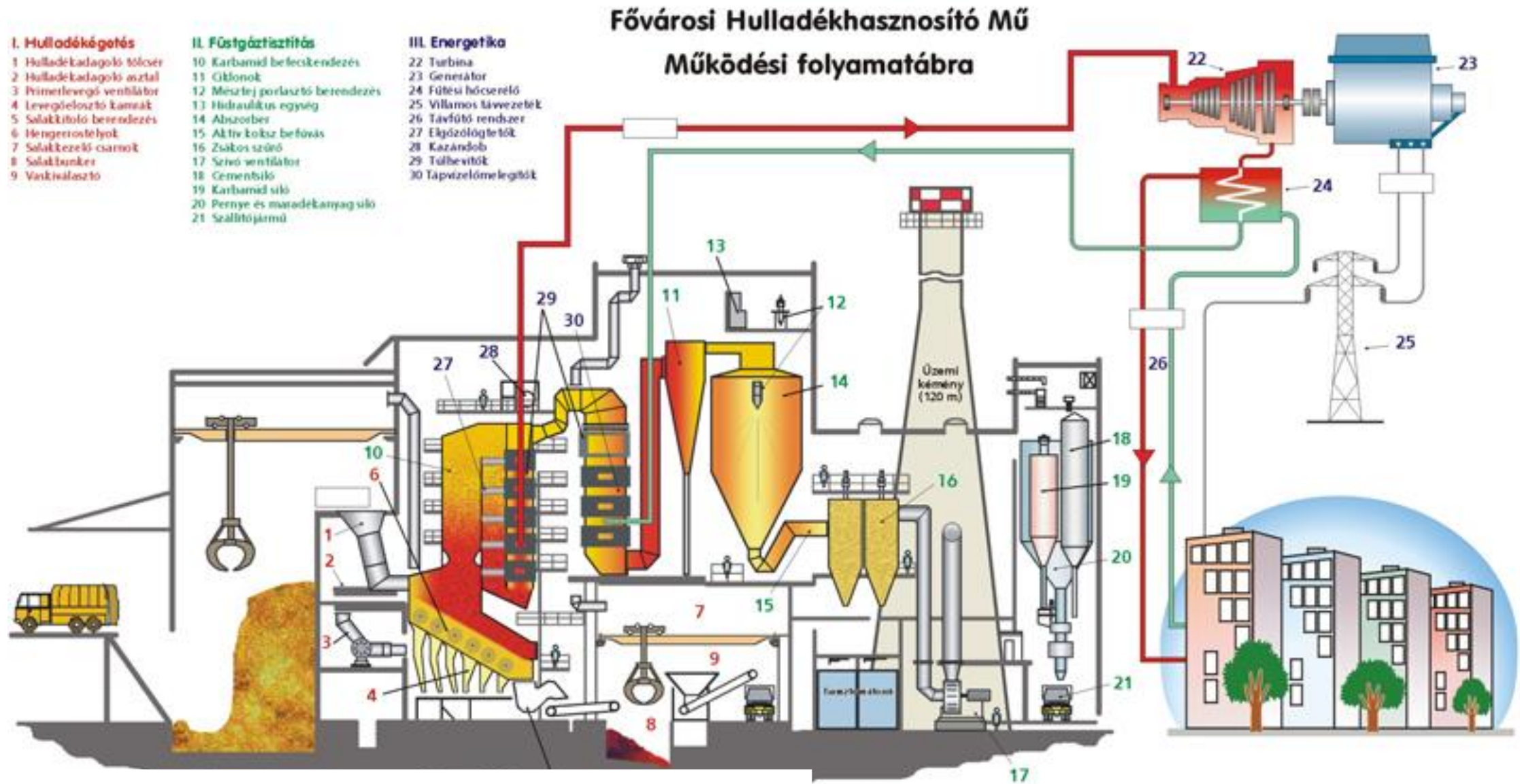
- a műveleti egységek egymáshoz való kapcsolódási rendszere
- Az egységekbe be és kilépő valamennyi anyag
- A legfontosabb műszaki és mennyiségi adatok

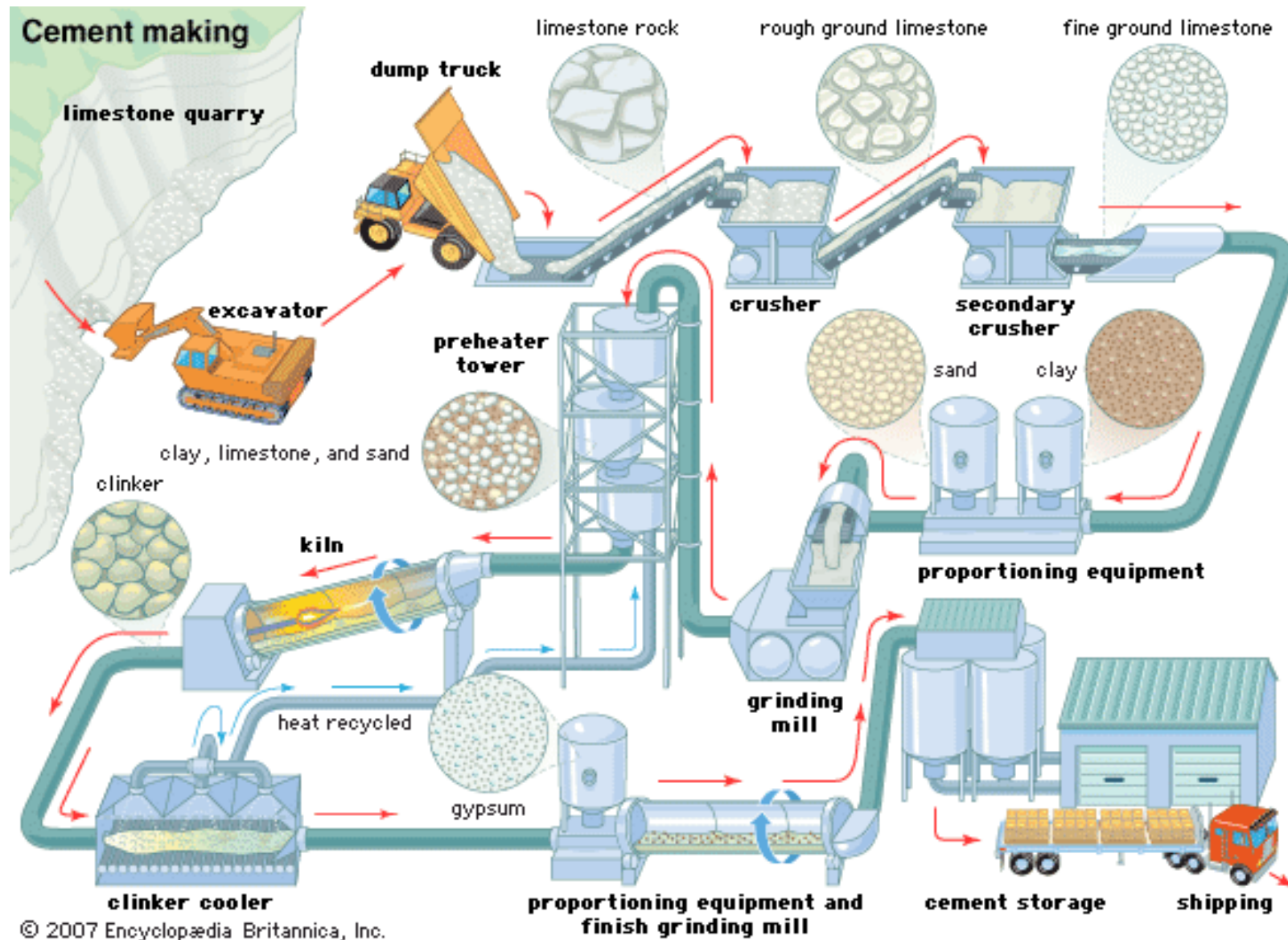
A gyártási folyamatok ábrázolása - Folyamatábrák

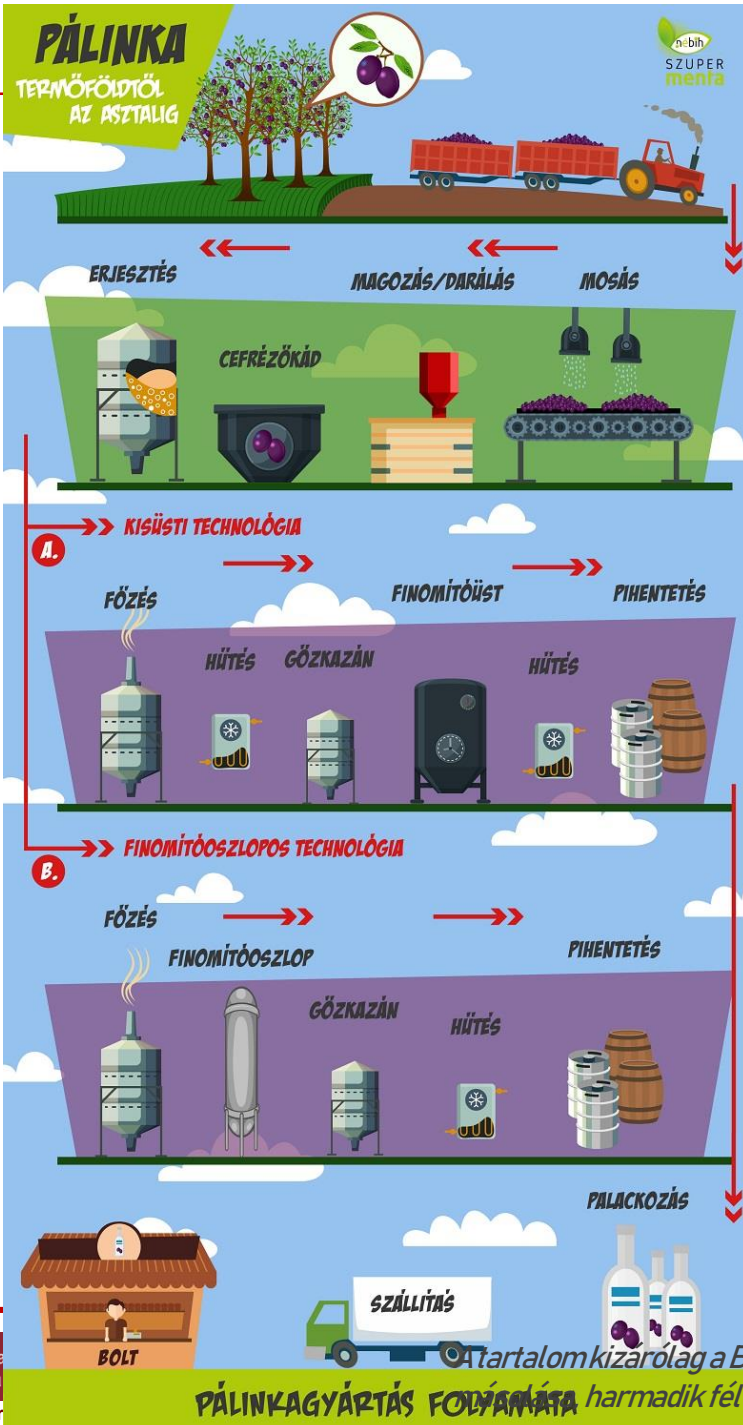


A gyártási folyamatok ábrázolása - Folyamatábrák

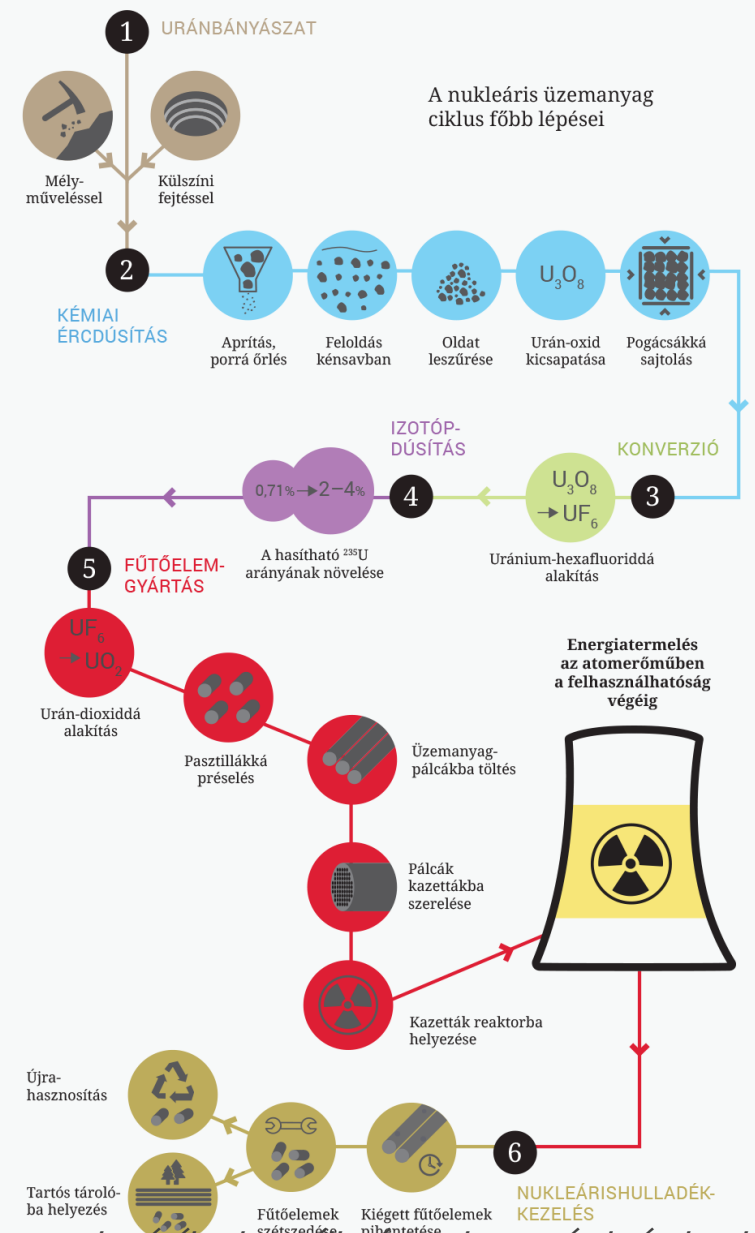








Az urán útja a bányától a hulladéktárolóig



A gyártási folyamatok ábrázolása - Folyamatábrák

A technológiai folyamatábrán fellelhető információk:

Az alapanyagok, közbenső termékek, segédanyagok minőségéről és mennyiségéről (azaz kvalitatív és kvantitatív információ a technológiai folyamat teljes anyagforgalmáról).

Az alapanyagok, közbenső termékek, segédanyagok fizikai és termodinamikai állapotáról, amely magában foglalja a technológiai folyamat energiaforgalmát.

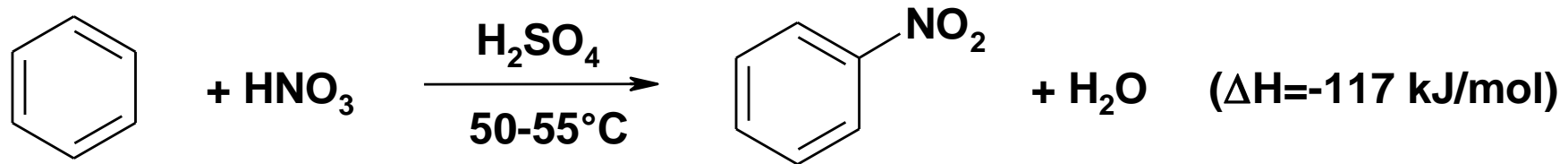
Az egyes műveleti folyamatok, fázisok sorrendjéről, továbbá a fő és mellékfolyamatok kapcsolatáról, az alkalmazott gépek és készülékek típusáról, számáról, fontosabb műszaki paramétereiről.

A technológiai folyamatába a legszorosabb kapcsolatban van a folyamatok anyag- és energiaforgalmával, ezért az egyes eljárásokra jellemző specifikus ismereteket hordoz.

A gyártási folyamatok ábrázolása - Folyamatábrák

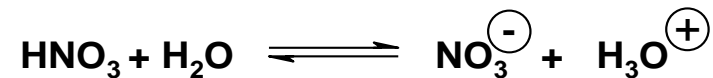
A nitro-benzol szakaszos gyártásának elve és a folyamat ábrázolása:

Reakció:

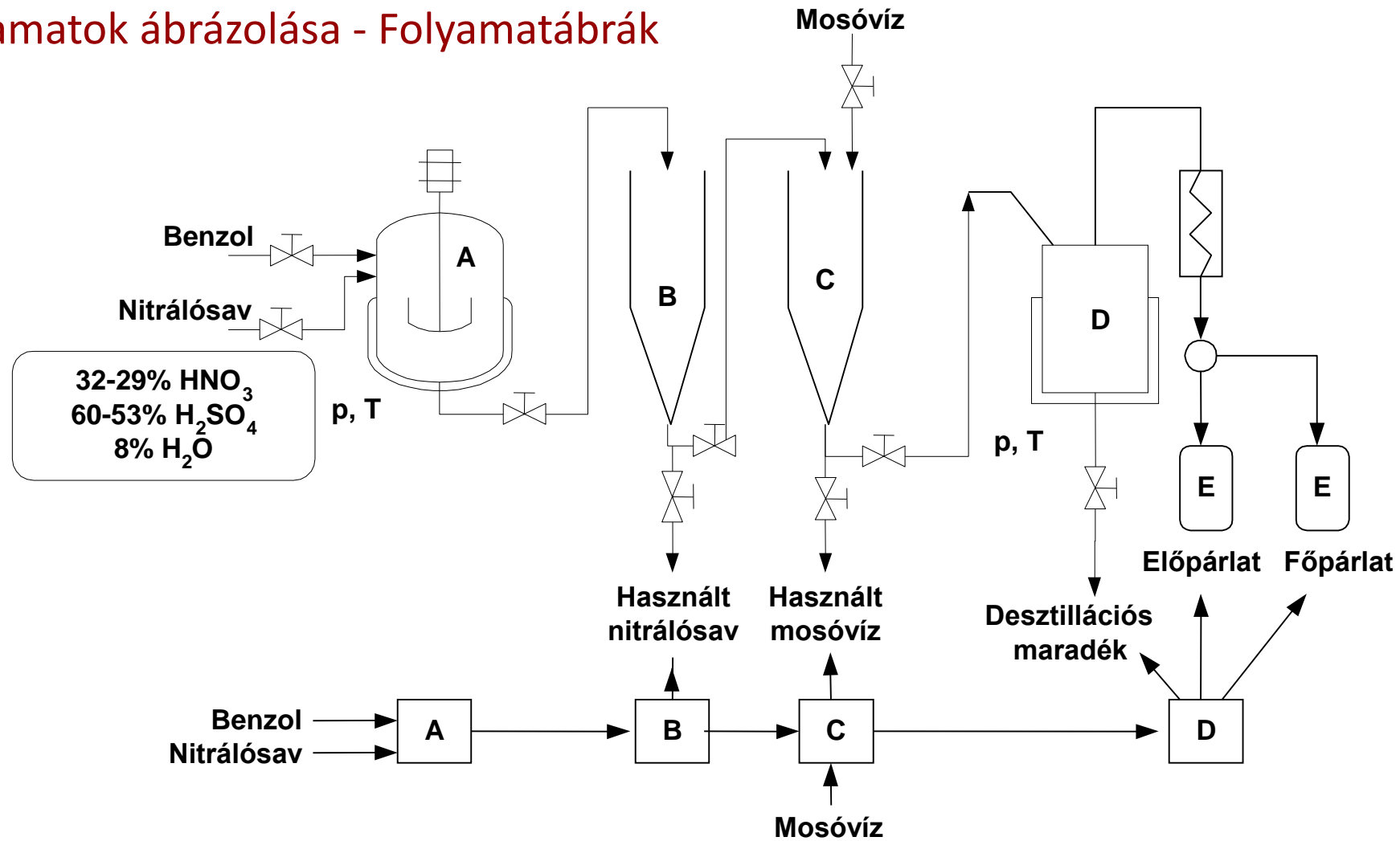


Mechanizmus:

A kénsav elősegíti a nitrónium ion képződését és megakadályozza a salétromsavdisszociációját



A gyártási folyamatok ábrázolása - Folyamatábrák



Készülékek: A: Nitrálókészülék B:Ülepítő C:Keverő D:Desztilláló E:Tárolók

A technológiai mérlegek

Az anyag- és energiamérlegek mind a termelés hatékonysága, mind a környezetbe kibocsátott káros anyagok számbavétele szempontjából kiemelkedő fontosságúak.

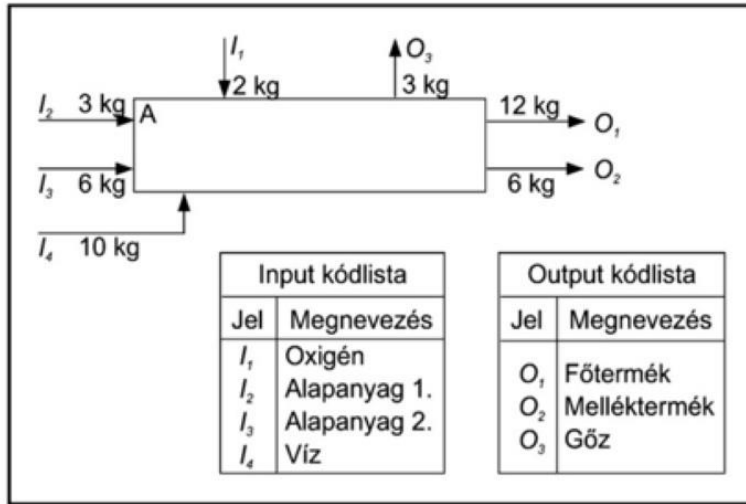
A technológiai folyamatábrák által jól reprezentálhatók a gyártási folyamat egyes, elkülönülő egységeihez tartozó input-output anyag- és energia mennyiségek vagy (folyamatos üzemű egységeknél) áramok.

A tömeg és energia (hő) megmaradási tételek érvényessége alapján a be- és kilépő anyag- és energia mennyiségek (áramok) mérlegszerű összevetése fontos mérnöki információk megszerzésére és következtetések levonására ad lehetőséget.

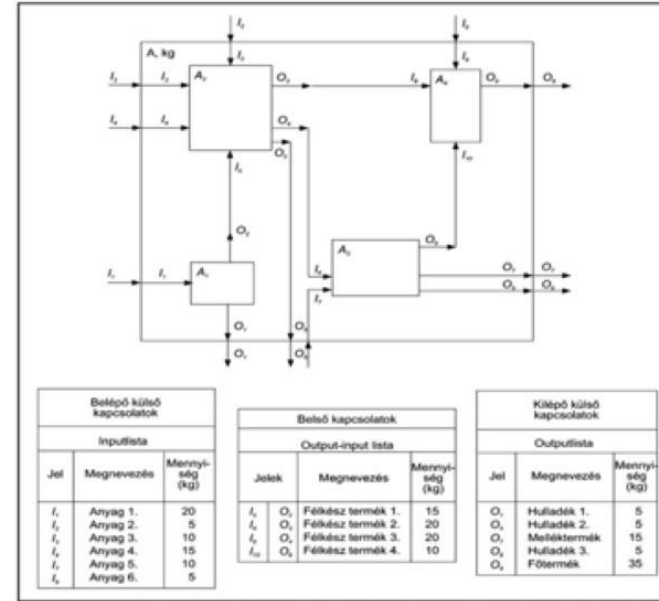
Technológiai mérlegek megjelenítésének formái:

- Táblázatos forma
- Táblázat és folyamatábra kombinációja
- Sankey-diagram

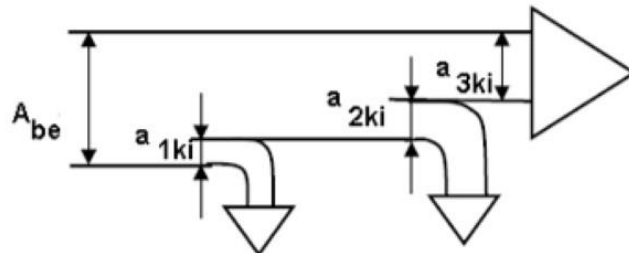
Technológiai mérlegek



a gyártó technológia egy kiválasztott egységre



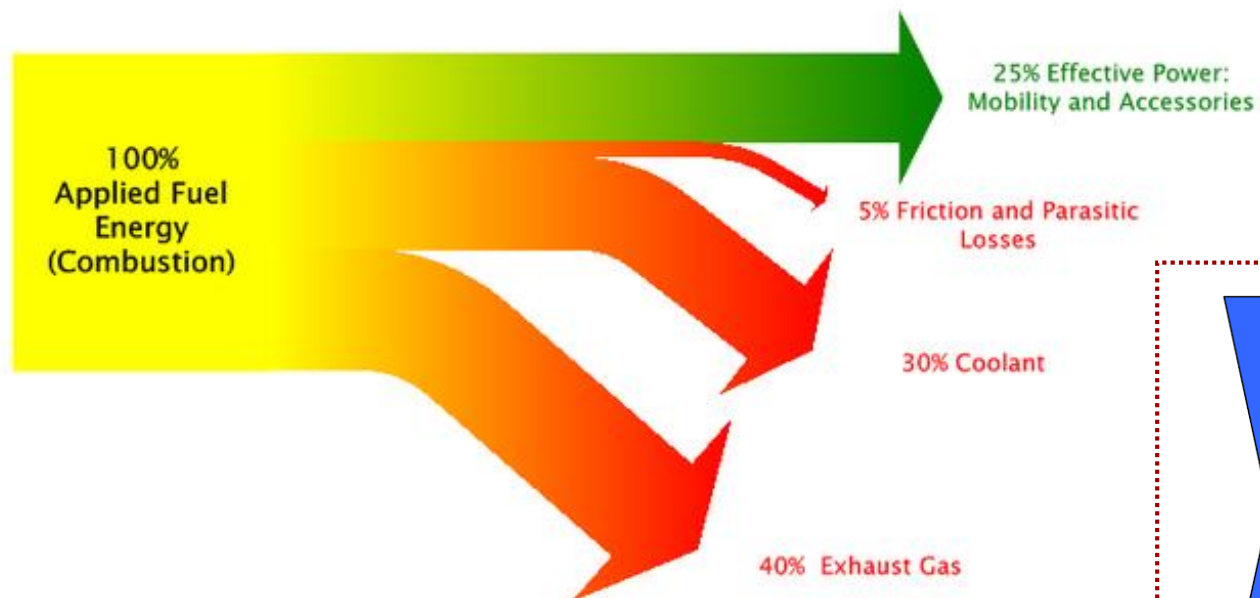
a gyártó technológia több kiválasztott egységére (akár a teljes folyamatra is)



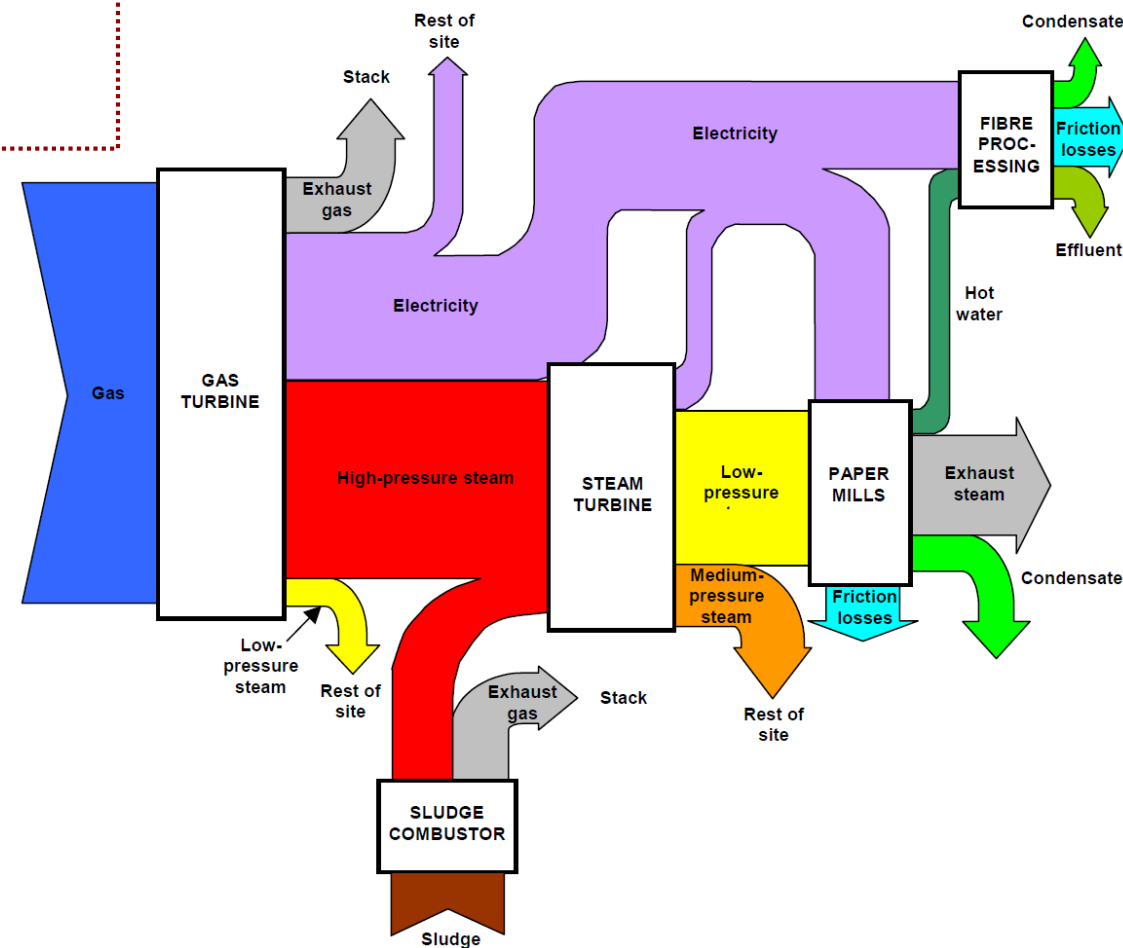
$$A_{be} = a_{1ki} + a_{2ki} + a_{3ki}$$

Sankey-diagram

Typical Energy Split in Gasoline Internal Combustion Engines

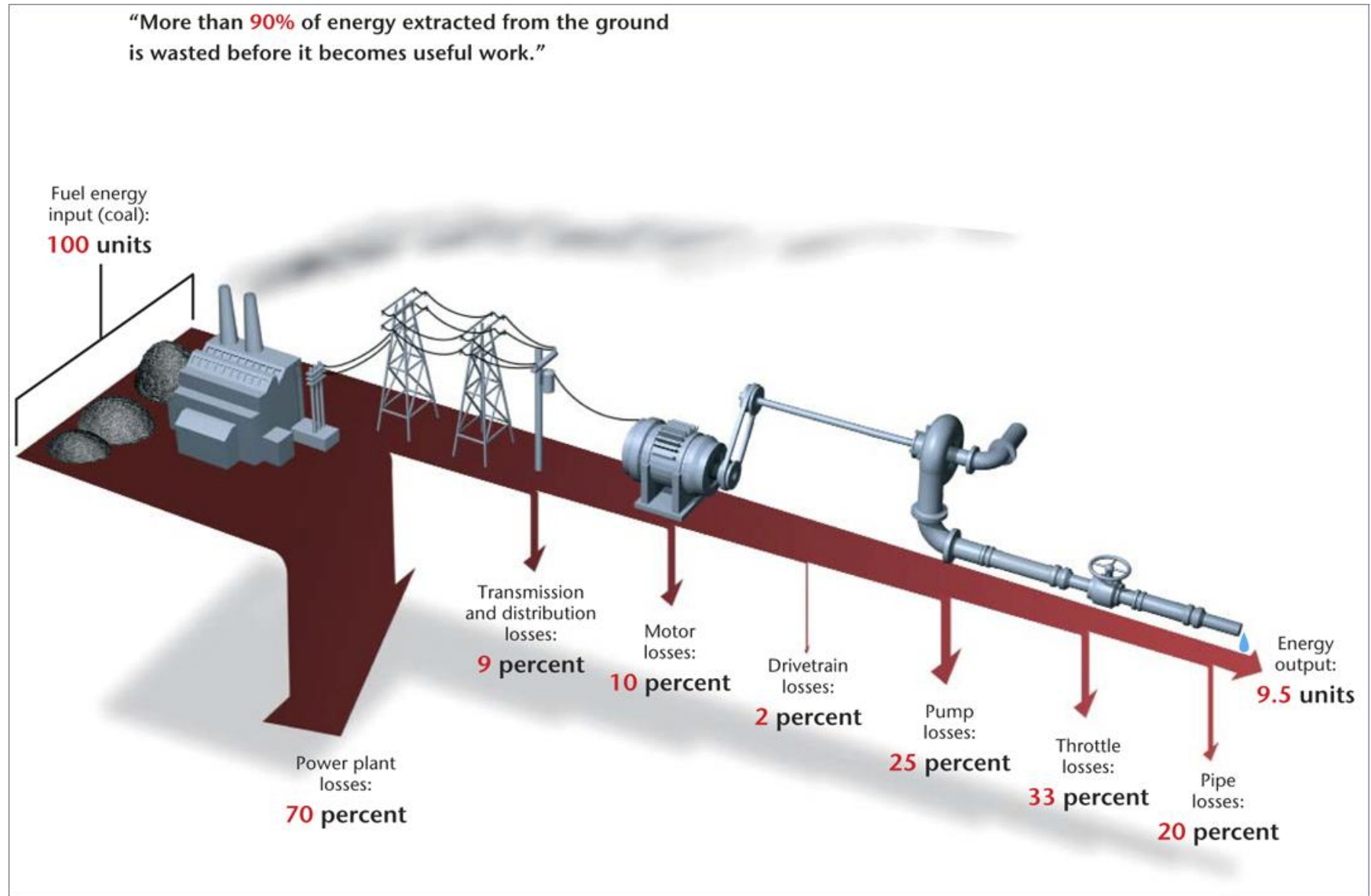


Papírüzem energiasémája



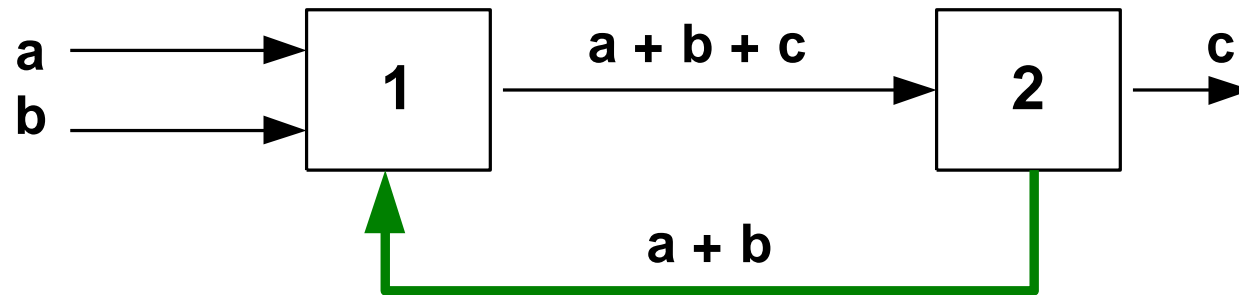
Sankey-diagram

3D-Sankey-diagram



Az anyag útja a vegyipari műveletekben és folyamatokban

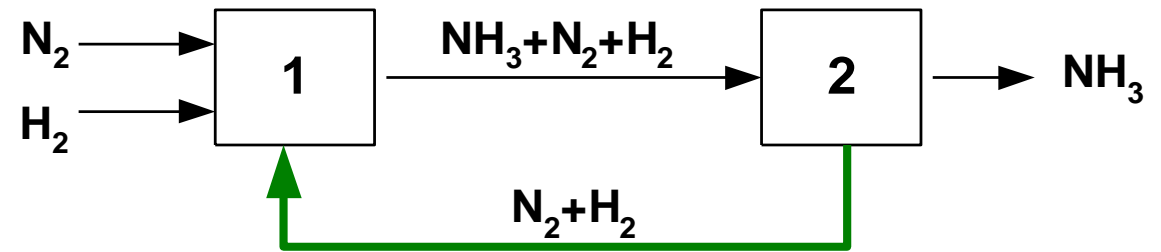
- A vegyipar célja a maximális hasznos konverzió elérése (>95%: csak a kívánt termék keletkezik). Egyes nagy volumenekben gyártott termékeknél csak így lehet nagyipari gyártást létrehozni (cementgyártás, szuperfoszfátgyártás, vasgyártás, kénsavgyártás).
- A kiindulási anyagoknak csak egy része halad át a gyártó berendezésen.
- Gyakran csak részleges az átalakulás.
- A változatlanul maradt kiindulási anyagokat (a és b) el kell választani (2) a termékektől (c) és amennyiben lehet újra fel kell használni a gyártásban (1):



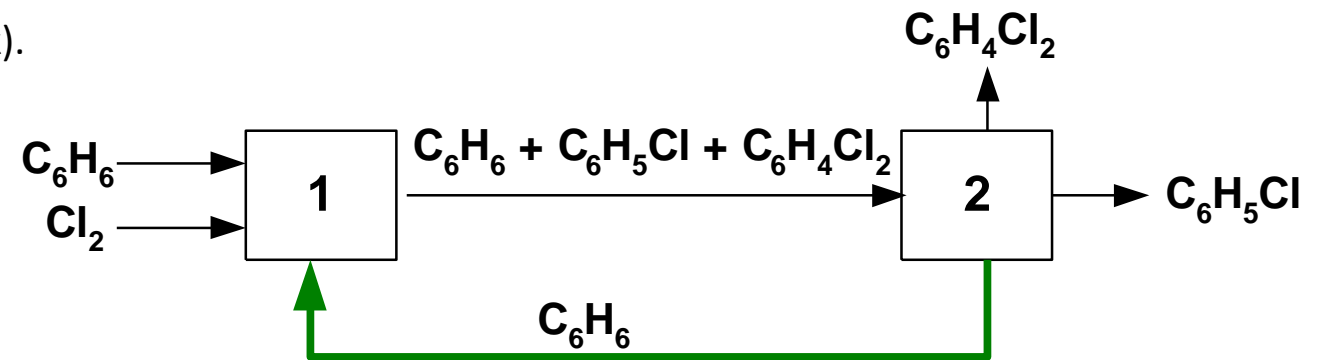
A visszavezetést recirkulációnak nevezik.

A recirkuláció okai

· Egyensúlyhoz vezető reakció megy végbe, és nem volna gazdaságos olyan körülmények között vezetni a reakciót, hogy erősen megközelítsék a teljes átalakulást (nagyon nagy nyomás alatt kellene dolgozni térfogatcsökkenéssel járó egyensúlyi reakcióknál). Ilyen eset pl.: az ammónia-szintézis:



- Az egyik reakciókomponensnek feleslegben kell lennie.
- Kedvező egyensúlyi helyzettel kell megközelíteni az optimális átalakulást.
- Robbanóelegy képződésének elkerülése (oxidációs reakciók).
- Másodlagos reakciók elkerülése (benzol klórozása):



- A termék csak kis koncentrációban lehet jelen a reakcióelegyben a reakciókörülmények között, mert nagyobb koncentrációban másodlagos reakciók mennének végbe. Ilyen eset az etil-benzol dehidrogénezése sztírollá, ami nagyobb koncentrációban polimerizálna:



- Mechanikai műveletek között is található példák recirkulációra. Ilyen például az, amikor egy anyagot finomra kell őrölni, a finom szemcséjű frakciót szitálással elkülönítik, a többit pedig visszavezetik az őrlőbe.

Az ipari technológiák és a fenntartható fejlődés

A fenntartható fejlődés követelményei

- megújuló természeti erőforrások felhasználásának mértéke kisebb vagy megegyező legyen a természetes vagy irányított regenerálódó (megújuló) képességük mértékével;
- a kimerülő erőforrások ésszerű felhasználási üteme, ne haladja meg a megújulókkal való helyettesíthetőségének lehetőségét (*ezt a mindenkori technológiai haladás határozza meg*);
- a hulladékok keletkezésének mértéke/üteme kisebb vagy megegyező legyen a környezet szennyezés befogadó képességének mértékével, amit a mindenkori környezet asszimilációs kapacitása határoz meg.

A környezeti megfelelés szempontból általános érvényű számszerűsítés nélkül az alábbi kritérium listát kell folyamatosan szem előtt tartani:

- a technológiai folyamatból emisszió¹ révén ne kerüljön ki olyan por, füst, köd vagy véggáz szennyezés (v. gáznemű gyártási melléktermékek), amely által létrejött imisszió² káros a bioszférára,
- a tüzelőberendezések minél jobban közelítsék meg a tökéletes elégést, a kibocsátott égéstermékek ne tartalmazzanak kormot, pernyét, és csak minimális SO₂ és NO_x –t.
- ne bocsássanak ki olyan szennyvizet vagy folyékony mellékterméket, hulladék anyagokat, melyek biológiai úton nem bonthatóak le,
- az eljárások szilárd melléktermékei (salak, meddő, kőzet, termelésközi hulladék, stb.) lehetőség szerint teljes körűen tovább feldolgozásra, hasznosításra kerüljenek.

¹ emisszió: Környezetvédelemben az időegység alatt történő szennyező anyag kibocsátást emisszióknak nevezzük [tömeg/időegység]

² imisszió: Az ökoszisztémába bejutó emissziók hatására kialakult szennyezőanyag koncentrációt imisszióknak nevezzük. [g/m³; ppm; ppb]. Az imisszió nem számítható az emissziók mechanikus összegzésével.