

ENERGIATERMELÉS 1.



"Éldegélünk, éldegélünk, így telnek napjaink..."

BEVEZETÉS

Technika

A technika a természetben emberi beavatkozás nélkül (spontán) lejátszódó folyamatokkal, az állapotváltozásokkal szemben **állapotváltoztatásokat valósít meg.**

Technológia

A technológia (gör. tekhné=ügyesség, mesterség, művészet+logosz=gondolat, ész, tudás, tudomány) legáltalánosabban értelmezve az **állapotváltoztatás módszere**, melyben egy kezdeti állapotból egy, vagy több ember számára kedvezőbb állapotba jut anyag és/vagy energia és/vagy információ (a fából bútor lesz, a vízenergiából villamos áram, a hírszerkesztőség összeállította információk pedig hallhatók a rádióban).

Technikai rendszerek

A technikai rendszerek számtalan definíciója ismert. A legtöbben megtalálható közös vonásokat összefoglalva elmondhatjuk, hogy **a technikai rendszerek az ember által, (tehát mesterségesen) létrehozott, s a környezetüktől a vizsgálat szempontjából elkülöníthető egészet képeznek, melyet funkciója jellemez.** A funkció az emberi célok elérését szolgáló **egyértelműen definiált feladat megoldása, adott peremfeltételek mellett.** A feladat megfogalmazása a technikai rendszer **funkcióleírása:** a ki- és bemeneti-, valamint állapotjellemzői között előírt összefüggések megadása. **A technikai rendszer funkciójának realizálása minden esetben anyag- és/vagy energia- és/vagy információ-átalakítást, -transzformációt jelent.** (A szállítás és tárolás is transzformáció, a tér és időkoordináták megváltoztatása.)

Rendszer → a világegyetem olyan elkülönített része, melyen belül a változásokat (folyamatokat) megfigyeljük. Véges mennyiségű anyagot tartalmaz.

Környezet → a rendszeren kívüli térrész.

A rendszer és környezete között **kölcsönhatások** léphetnek föl.

A kölcsönhatás során arra jellemző mennyiségek árama(i) jön(ek) létre, ezek a transzportfolyamatok.

Állapotjelzők → a rendszer jellemzésére használt mennyiségek.

Extenzív mennyiség → azok az állapotjelzők, melyek rendszerre vonatkoztatott nagysága a rendszer részeire meghatározott értékek összegével egyenlő. Ilyen extenzív mennyiség például a térfogat, a tömeg, a belső energia. Ezek a rendszer egészére vonatkoznak.

Intenzív mennyiség → azok az állapotjelzők, melyek nagysága nem a rendszer részeire meghatározott értékek összegével egyenlő. Ilyen intenzív mennyiség például a koncentráció, a nyomás, a hőmérséklet. Ezek helyi jellemzők.

Két extenzív mennyiség hányadosa mindig intenzív mennyiséget ad, de nem minden intenzív mennyiség állítható elő két extenzív mennyiség hányadosaként.

Egy rendszer állapotát egymástól független véges számú extenzív mennyiséggel (állapotjelzővel) egyértelműen megadhatjuk.

A rendszer és környezete közötti kölcsönhatás oka általában a két térrészben a kölcsönhatásra jellemző intenzív mennyiségek közötti különbség.

Ha egy rendszeren belül az intenzív állapotjelzők eloszlása egyenletes, **homogén rendszerről**, ellenkező esetben **inhomogén rendszerről** beszélünk.

Minden megmaradó tulajdonság extenzív (pl. tömeg, energia), de nem minden extenzív tulajdonság megmaradó. A megmaradó tulajdonság nem keletkezhet és nem semmisíthető meg.

Összefoglalva: a rendszer és környezete kölcsönhatási folyamatában a mennyiségi viszonyokra a megmaradó extenzív mennyiségek, a folyamatok irányára pedig az intenzív mennyiségek adnak információt. A kölcsönhatás során extenzív mennyiségek áramolnak egyik helyről a másikra, és ha megmaradó tulajdonsággal rendelkeznek, akkor összértékük a folyamat során nem változik.

Példa: Δm tömeg mozgása során gravitációs erőterben ekvipotenciális felületen az 1. térrészből a 2. térrészbe a potenciális energia változása:

$$\Delta W = g \cdot h \cdot \Delta m$$

ahol a $g \cdot h$ mennyiség, az intenzív potenciálkülönbség.

Általánosan elmondható, hogy egy adott i kölcsönhatás esetén egy rendszer energiájának megváltozása egyenlő a megfelelő extenzív mennyiség megváltozásának és a jellemző intenzív mennyiség szorzatával:

$$\Delta W = y_i \cdot \Delta x_i$$

Dr. Pátzay György

y_i - a jellemző intenzív mennyiség
 Δx_i - a jellemző extenzív mennyiség megváltozása

Tehát az itt szereplő intenzív mennyiség egy arányossági tényező

Az **energia** fizikai megfogalmazása az **erőfogalom**hoz és az erő által végzett munkához kapcsolódik. Az erő nagyon szemléletes fogalom, és sok erőfajtát ismerünk. Ha egy erő egy testet felgyorsít, akkor azt mondjuk, hogy a test nagyobb energiára tett szert. Minden energianövekedéshez tartozik egy erő, amely munkát végez. Ha azonban az erő ellentétes irányú az elmozdulással (így a sebességgel) akkor a munka negatív, az erő nem gyorsítja a testet, hanem lassítja, elvesz tőle energiát.

Összefoglalva azt mondhatjuk, hogy az **energia munkavégző képesség**.

.Az univerzum egyik általános tapasztalati törvénye az **energia-megmaradás: energia nem keletkezhet és nem semmisülhet meg csak átalakulhat egyik formából a másikba.**

(A rendszer a térnek jól definiálhatóan —képzelt vagy valós határfelülettel— elkülönített része.)

Az energia-megmaradás alapján a rendszer és környezete energiájának összege állandó.

$$\Delta E_{\text{rendszer}} + \Delta E_{\text{környezet}} = 0$$

Az energia-megmaradás törvénye (=termodinamika első főtétele) szerint *elsőfajú örökmozgó* (perpetuum-mobile) készítése lehetetlen, tehát nem lehet energiafelhasználás nélkül működő gépet készíteni.

Belső energia

A rendszer energiája két részből tevődik össze: mechanikai energiából és belső energiából. A *belső energia* a rendszer mikroszkopikus építőelemeinek a tömegközéppontra vonatkoztatott kinetikus és potenciális energiáinak összegeként adódik.

$$\Delta E_{\text{rendszer}} = \Delta E_{\text{mechanikai}} + U$$

A belső energiát (U) az irodalomban gyakran *három részre* bontják.

Érzékelhető belső energia: a belső energia azon része, mely a kémiai hőmérséklet módosítása nélkül változtatható.

Kémiai belső energia: a kémiai mozgásformák által kötött belső energia

Magenergiák által kötött belső energia

MI AZ ENERGIA?

Az energia változásokat idéz elő. Hajtóerő, mely mozgatja a testeket, gyártási folyamatokat visz végbe, előidézi az élőlények növekedését, szaporodását, mozgását, az emberi gondolkodást. A tudósok szerint az energia **MUNKAVÉGZŐ KÉPESSÉG**. Az energiának különböző megjelenési formáival találkozunk, de általánosan két nagy csoportba osztható: **POTENCIÁLIS** és **KINETIKUS ENERGIA**

POTENCIÁLIS ENERGIA Ez tárolt energia forma és helyzeti, gravitációs energia. A potenciális energiának különböző formáit ismerjük:

Kémiai energia

Az atomok és molekulák kötéseiben tárolt energia. Ez az energia tartja össze a részecskéket. A biomassza, a kőolaj, a földgáz jó példái a tárolt kémiai energiának.

Tárolt mechanikai energia

Erők alkalmazásakor a tárgyakban tárolt energia. Az összenyomott rúgó, a kinyújtott gumiszalag jó példák a tárolt mechanikai energiára.

Nukleáris energia

Az atomok magjában tárolt energia, mely az atommagokat alkotó nukleonokat tartja össze. Ez az energia szabadul fel, ha atommagok kapcsolódnak, vagy hasadnak. A jelenleg üzemelő atomerőművekben az urán atommagjait hasítják (hasadási energia), a napban és a jövő fúziós erőműveiben a hidrogén izotópjai egyesülnek (fúziós energia).

Gravitációs energia

Ez a helyzeti, vagy pozíciós energia. A hegytetőn lévő szikla a hegy lábához képest gravitációs energiával rendelkezik. A magasan fekvő duzzasztó gát mögött lévő víz jó példája a helyzeti, vagy gravitációs energiának.

KINETIKUS ENERGIA Ez a mozgási energia, a hullámok, elektronok, atomok, molekulák, anyagok és tárgyak mozgásából adódó energia. A kinetikus energiának különböző formáit ismerjük:

Elektromos energia

Az elektronok mozgásából adódó energia. Világunk anyagai atomokból épülnek föl. Az atomokat protonok, neutronok és elektronok alkotják. Erő hatására az elektronok mozognak. A vezetőkben mozgó elektronokat elektromos áramnak nevezzük. Az elektromos áram energiáját sok helyen, így többek között a világításban, fűtésben, mozgatásban használjuk föl.

Sugárzási energia

Ez elektromágneses energia, mely a transzverzális hullámokban terjed. Magában foglalja a látható fényt, a röntgen sugárzást, a gamma sugárzást és a rádióhullámok tartományát. A napsugárzás a sugárzási energia jellemző példája.

Termikus energia

Más néven hőenergia, mely az anyag belső energiája és az anyagban lévő atomok és molekulák rezgési és mozgási energiáját jelenti.

Mozgási energia

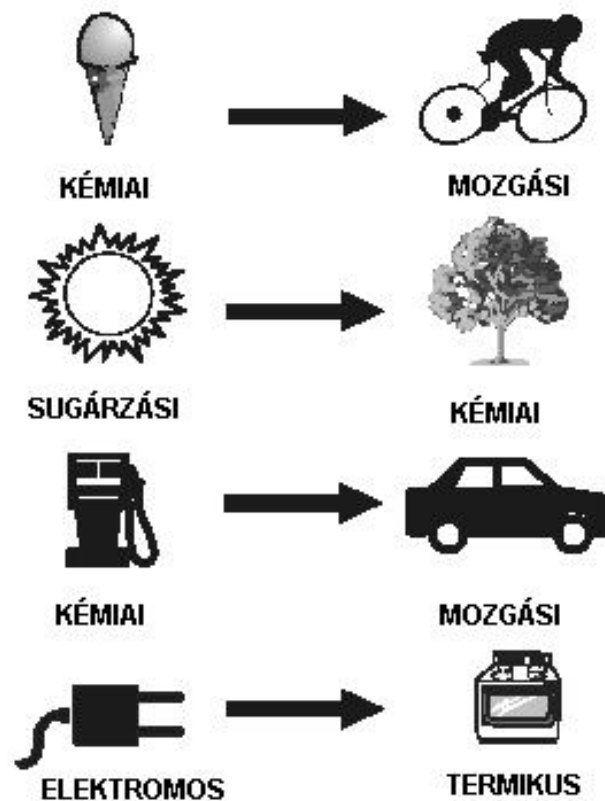
Az anyag és a tárgyak mozgását jelenti egyik helyről a másik helyre. A tárgyak és anyagok mozognak, ha a newtoni törvények szerint erő hat rájuk. A szél jó példája a mozgási energiának.

Hangenergia

Az energia az anyagban longitudinális hullámokban (sűrűsödés és ritkulás) terjed. Hang keletkezik, ha erő hatására egy anyag vagy tárgy rezgésre kényszerül, a hangenergia az anyagban hullám formájában terjed.

ENERGIAFORMÁK ÁTALAKÍTÁSA

Energia átalakítás	hatásfok (%)
Elektromos melegítő (elektromos/termikus)	100
Elektromos generátor (mechanikus/elektromos)	95
Elektromotor nagy (kicsi) (elektromos/mechanikus)	90 (65)
Akkumulátor (kémiai/elektromos)	90
Gőzkazán (kémiai/hő)	85
Házi gáz (olaj,szén) kályha (kémiai/hő)	85(65,55)
Gőzturbina (gázturbina) (kémiai/mechanikai)	45(30)
Gépjármű motor (kémiai/mechanikai)	25
Fluoreszcens lámpa (elektromos/fény)	20
Szilícium napcella (nap/elektromos)	15
Gőzmozdony (kémiai/mechanikai)	10
Izzólámpa (elektromos/fény)	5



ENERGIA MEGMARADÁS, HATÉKONYSÁG

Az energia megmaradása nem jelenti az energiatakarékosságot! Az energia megmaradás törvénye azt mondja ki, hogy energia nem hozható létre és nem semmisíthető meg. Amikor energiát használunk, az nem tűnik el, csak átalakul az egyik formájából a másikba. Például, az autó motorja a benzin elégetésével, annak kémiai energiáját mechanikai energiává alakítja. A napcellák a sugárzási energiát elektromos energiává alakítják. A világmindenség energiája azonos marad, csak formái változnak.

A hasznosítható energia az a felhasználható energia mennyiség, melyet egy rendszerből ki lehet nyerni. A rendszerekben lévő energia teljes mennyisége nem nyerhető ki, azaz nem alakítható hasznos munkává, azaz 100%-os hatásfokú munkagép nincs. Az energia egyik formájának másik formába történő átalakításakor veszteségek lépnek föl, az átalakító folyamatok zömének hatásfoka jóval 100% alatt van. Jó példa erre az emberi test, a táplálékkal bevitt energia kevesebb mint 5%-ban hasznosul a mozgásban, légzésben, gondolkodásban. A veszteség egy része hő formájában távozik.

ENERGIAFORRÁSOK









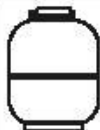
Számos energiaforrást alkalmazunk. Az energiaforrások általában két nagy csoportba sorolhatók: **MEGÚJULÓ** és **NEM-MEGÚJULÓ ENERGIAFORRÁSOK**.

A nem-megújuló energiaforrások földünkön korábban keletkeztek nagyobb mennyiségben és napjainkban már nem, vagy csak nagyon kis intenzitással keletkeznek. A szén, a kőolaj, a földgáz, az urán készlete tipikus nem-megújuló energiaforrások. Jelenleg az emberiség energiaellátásában döntő a szerepük (villamos-energia termelés, motorhajtóanyagok, fűtőanyagok stb.).

A **megújuló energiaforrások**, rövid időn belül keletkező energiaforrások, így az elhasznált energia viszonylag gyorsan pótlódik. Ilyen megújuló energiaforrások a biomassa, a geotermális energia, a vízienergia, a napenergia és a szélenergia. Döntően villamos energia előállítására alkalmazzák.

A villamos energia különbözik a többi energiaforrástól, mert **MÁSODLAGOS ENERGIAFORRÁS**. A másodlagos energiaforrás létrehozásához más **ELSŐDLEGES ENERGIAFORRÁS** felhasználása szükséges.

A VILÁG ENERGIAFOGYASZTÁSÁNAK FORRÁSAI 2000-BEN

 <p>BIOMASSZA megújuló fűtés, vill. energia termelés, szállítás</p> <p>3.6%</p>	 <p>KŐOLAJ nem-megújuló vill. energia termelés, gyártás, szállítás</p> <p>38.2%</p>
 <p>VIZIENERGIA megújuló Electricity</p> <p>3.5%</p>	 <p>SZÉN nem-megújuló vill. energia termelés, gyártás</p> <p>22.5%</p>
 <p>GEOTERMÁLIS ENERGIA megújuló fűtés, vill. energia termelés</p> <p>0.3%</p>	 <p>FÖLDGÁZ nem-megújuló fűtés, gyártás, vill. energia termelés</p> <p>22.0%</p>
 <p>NAPENERGIA megújuló világítás, fűtés, vill. energia termelés</p> <p>>0.1%</p>	 <p>URÁN nem-megújuló vill. energia termelés</p> <p>8.0%</p>
 <p>SZÉLENERGIA megújuló vill. energia termelés</p> <p>>0.1%</p>	 <p>PROPÁN nem-megújuló gyártás, fűtés</p> <p>1.8%</p>

Az **elsődleges és másodlagos energiaforrások** megkülönböztetése azon alapszik, hogy milyen állapotváltoztatások szükségesek ahhoz, hogy a természetben talált energiaforrás technikai rendszerek energiai inputjaként hasznosítható legyen.

A közvetlen hasznosítás igen ritka (különösen ha figyelembe vesszük, hogy általános technológiai értelemben a szállítás és a tárolás is állapotváltoztatás).

A **elsődleges vagy primer energiahordozók** a természetben található eredeti állapotban lévő energiahordozók (ásványi szén, kőolaj, földgáz, nukleáris energiahordozók), az energetikai folyamatok kiinduló közegei. A primer energiahordozók mintegy 10 %-át a fogyasztók eredeti állapotukban használják fel. A fennmaradó 90 % egy részét kezelésnek vetik alá (aprítás, őrlés, kéntelenítés, lepárlás stb.). A kezelés módosítja, de alapvetően nem változtatja meg az energiahordozó sajátosságait. *Primer vagy elsődleges energiaforrások* még a természetben található és munkavégzésre használható erők (napsugárzás, szél, áramló víz, tengeri energia, biomassa, geotermikus hő).

A **másodlagos vagy szekunder vagy átalakított energiahordozók** az elsődleges energiahordozóktól származnak, de azoktól lényegesen eltérő fizikai és kémiai tulajdonságokkal rendelkező új energiahordozók. Egyértelműen ide tartozik a kazánban fejlesztett gőz, melegvíz, a villamos energia, a koks, a cseppfolyósított földgáz, a különböző olajtermékek, a nukleáris fűtőelemek.

Fosszilis tüzelőanyagok a földkéregben található szén-, olaj és földgázkinccs; tehát az éghető tüzelőanyagok.

Fissziós üzemanyagok a nehéz atommagok hasításán alapuló atomreaktorokban felhasznált anyagok (pl. urán).

Fúziós üzemanyagok a könnyű atommagok egyesítésével járó energiaátalakítás energiahordozói (pl. deutérium, trícium).

Végső energiahordozóknak nevezzük azokat a elsődleges vagy átalakított energiahordozókat, melyek közvetlenül a fogyasztóhoz kerülnek, ahol hasznos energiává alakítják azokat.

Hasznos energiahordozókkal elégítjük ki a fogyasztók igényeit. Ide tartozik a hő, a mechanikai munka, a fény és egyéb sugárzások energiája, az információ és a kémiai energia.

Mint láttuk tehát az energia az anyag egyik megjelenési formája. Az ezzel kapcsolatos emberi tevékenység keretében felmerülő általános műszaki és gazdasági kérdésekkel az **energetika** foglalkozik. Az energia hatékony felhasználásának tervezése és a felhasználás koordinálása az **energiagazdálkodás** feladata. Az energiagazdálkodás egyik fontos feladata az energetikai vizsgálatok elvégzése. Energetikai vizsgálatokon olyan módszereket értünk, melyekkel az energiahordozók hatékony felhasználását vizsgáljuk. Az energiafelhasználás az energiafajták egymásba való átalakulásával jár. Ezekkel a fizikai, kémia, biológiai folyamatokkal a természettudományok foglalkoznak. Mivel nagy beruházásokkal jár, így ez a tématerületet, nem művelhető a gazdasági törvényszerűségek figyelembevétel nélkül. Ezért az energiagazdálkodás a természettudományok (matematika, fizika, kémia és biológia), valamint a közgazdaságtudomány eredményeinek felhasználásával a tématerülethez tartozó folyamatokat úgy vizsgálja, hogy figyelme kiterjed a természeti folyamatokkal együtt bekövetkező gazdasági (és társadalmi) folyamatokra is.

Napjainkban az energiagazdálkodással kapcsolatos műszaki-gazdasági kérdések igen élesen vetődnek fel, mert már nem állnak rendelkezésre igen jó minőségű primer energiahordozók (kőolaj, földgáz) megfelelő mennyiségben és viszonylag olcsón, a helyzet jelentősen megváltozott.

Az energetika területei

Energiahordozók termelése

Energia-termelés

Energia-szállítás

Energia-tárolás

Energia-felhasználás

Az **energiatermelés** kifejezés természettudományos szempontból nem szerencsés, hiszen az energia-megmaradás törvénye értelmében "az energia nem vész el, csak átalakul." Szerencsésebb lenne az energiaátalakítások tervszerű sorozatáról beszélni.

A kifejezés a szaknyelvben meghonosodott, mert például a villamos energia előállításának, termelésének folyamatát —más ipari termelési folyamatok analógiájára— jól kifejezi.

Energia a technikai rendszerekben

A technikai rendszerekben az energia munkatárgyként, valamint operációs- és segédenergiaként jelenik meg.

Az energia a munka tárgya, ha a technikai rendszer (fő)funkciója az energiaátalakítás, ami egyben azt is jelenti, hogy energiaoutputja (energia-kimenete) más technikai rendszer(ek) energiainputja (energia-bemenete), vagy pedig az energiát funkcionálisan, valamilyen emberi szempontból célszerű formában környezetének adja át. (Az energiahálózat energetikai outputja például egy izzó energetikai inputja, az izzó pedig az energiát funkcionálisan környezetének adja át, megvilágítja azt.)

Az energia operációs energia, ha közvetlenül a rendszer (fő)funkcióját jelentő technológiai feladat megvalósításához szükséges, azaz a munka tárgyát jelentő technológia feladat: anyag, és/vagy energia és/vagy információ transzformálásához, (pl. esztergálásnál a forgácsleválasztáshoz szükséges energia).

A segédenergia a technológiai folyamat realizálásához szükséges körülmények létrehozásához, illetve fenntartásához szükséges, feladata tehát az összfunckció, s nem a főfunckció megvalósítása, (pl. a hűtőfolyadék keringetéséhez szükséges energia forgácsolásnál).

Technikai rendszerek az energetikában

E technikai rendszerek munkatárgya az energia. Funkciójuk, hogy a bemeneti energia(fajta), (azaz a bemeneti energiaáram domináns energiatípusa), megfelelő átalakítás után további rendszerek energia-inputjaként szolgáljon, vagy –megfelelő helyen és időben– a környezetbe kerülve emberi célokat elégítsen ki. E rendszereknek négy, illetve bizonyos megfontolások alapján hat csoportja van.

1. Energetikai paramétermódosító rendszerek

Funkciójuk a paramétermódosítás, a be- és kimeneti energiaáram dominánsan azonos energiatípusa. Jellemző példák: hőcserélő, villamos transzformátor, mechanikai transzformátor stb.

2. Energiaváltoztató rendszerek

Funkciójuk a bemeneti energiatípus egy (vagy több) más kimeneti energiatípusává történő transzformálása. Jellemző példák: hűtőgép, villamos motor, napelem, atomerőmű stb.

3. Energiaszállító rendszerek

Funkciójuk a térbeli energia-transzformáció. Jellemző példák: elektromos távvezeték-hálózat, gázvezeték-hálózat stb.

4. Energiatároló rendszerek

Funkciójuk az energia időben történő transzformációja, állandó paraméterek mellett. Jellemző példa: akkumulátor, kondenzátor, légtározós erőmű nagynyomású tartálya stb.

5. Az energetika állapotartó rendszerei

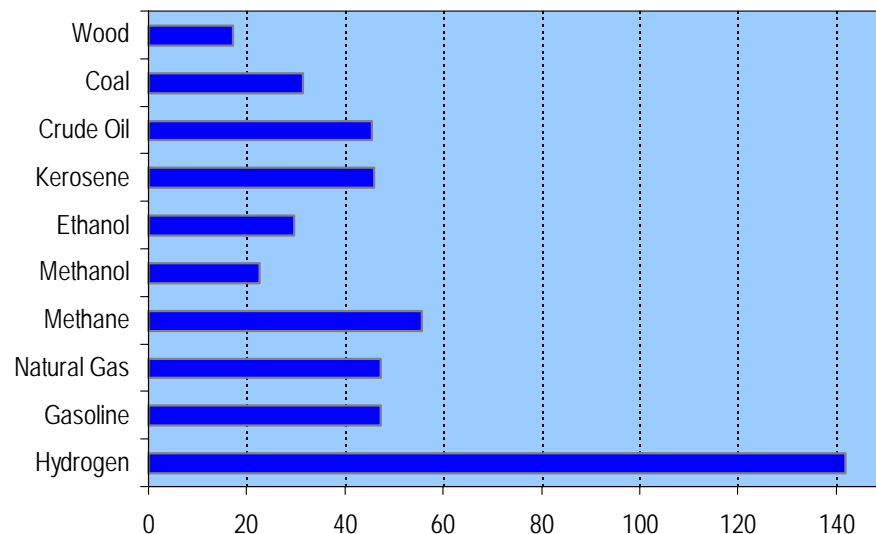
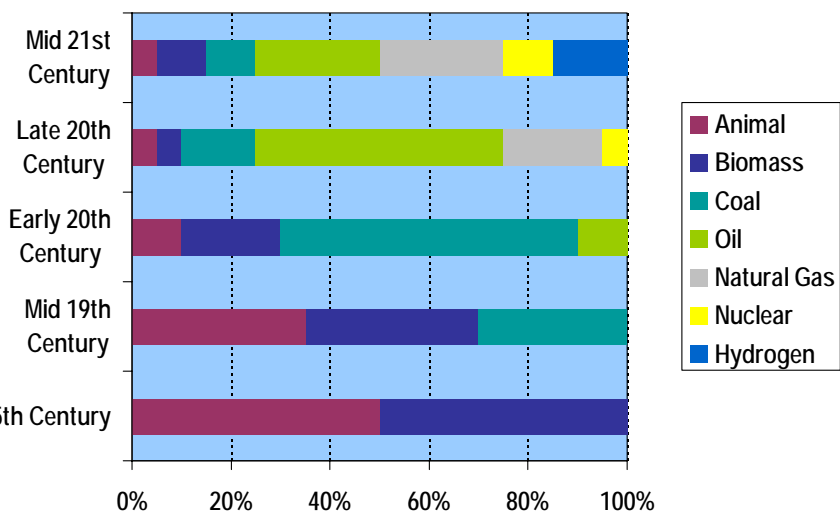
Funkciójuk az adott állapottér energetikai paramétereinek konstans értéken tartása.
Jellemző példa: hűtőgép, légkondicionáló berendezés stb.

6. Az energetika output-tartó rendszerei

Funkciójuk a kimenet egyes energetikai paramétereinek konstans értéken tartása.
Jellemző példa: feszültségstabilizátor, nyomásszabályozó berendezés stb.

ENERGIAHORDOZÓK - Ásványi energiahordozók

Energiatartalom (MJ/kg)



SZÉN

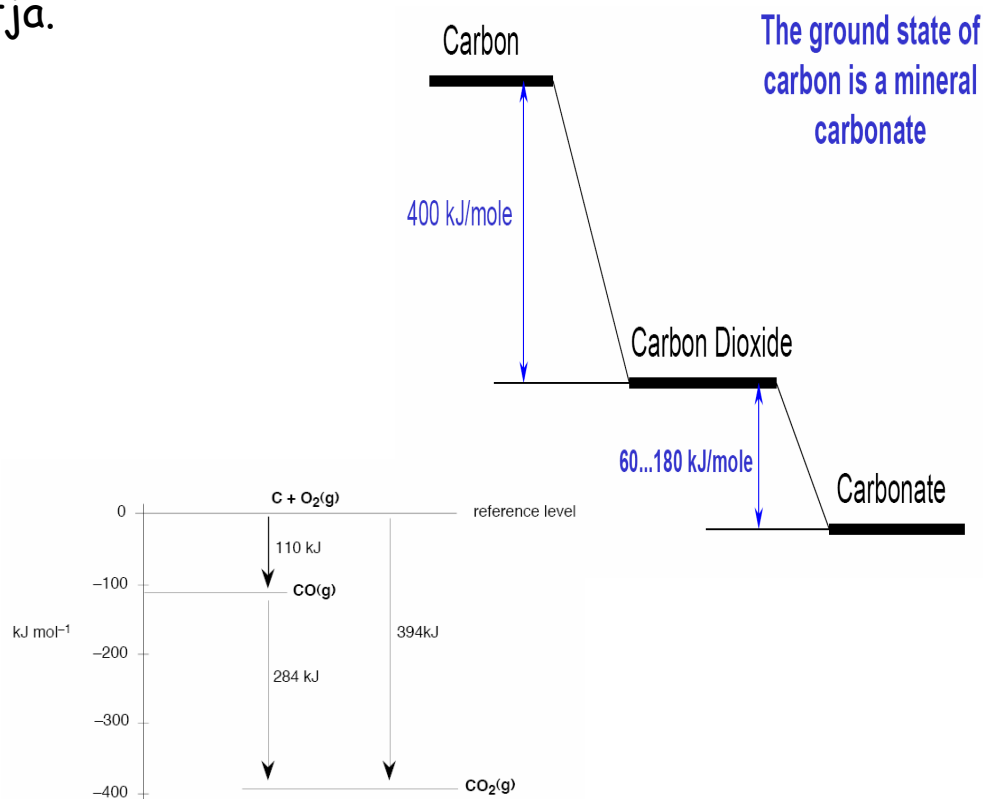
A növényi anyagok szénré alakulásának két fő szakasza van.

a/ A lerakódás és az ezzel kapcsolatos felszíni átalakulás, eredménye a tőzeg.

b/ A nagy nyomás és hőmérséklet hatására a földkéregben létrejövő metamorfózis, a *szénülés*.

A szénülés során a tőzeg fokozatosan átalakul, s *lignit*, *barnaszén*, *feketeszen* majd *antracit* keletkezik. A széntartalom és a kémiailag kötött energia változását a szénülés foka szerint a következő táblázat mutatja.

	C [%]	Q[MJ/kg]
tőzeg	55-65	6,3-7,5
lignit	60-65	7,0-8,4
barnaszén	65-80	5,4-24
feketeszen	80-93	24-32
antracit	93-98	35-37,5



A szénülés során csökken a hidrogén és oxigéntartalom, amely a növényeknél 6, illetve 44 % körüli érték volt, az antracitnál nem éri el a 2, illetve 4 %-ot. Az ásványi szenek a karbon és hidrogén mellett más **éghető** és **nem éghető** anyagokat is tartalmaznak. Az éghető gázok (ún. illóanyagok) égéskor elégnak és eltávoznak, az éghetetlen szilárd anyag a **hamu** visszamarad. A magyarországi szenek leggyakoribb hamualkotói: a kovásv (SiO₂), az alumíniumoxid (Al₂O₃), a vasoxid (Fe₂O₃), a foszforpentoxid (P₂O₅) és a kalciumoxid (CaO). A szén tüzeléstechnikai értéke annál nagyobb minél kisebb a nedvesség- és hamutartalma.

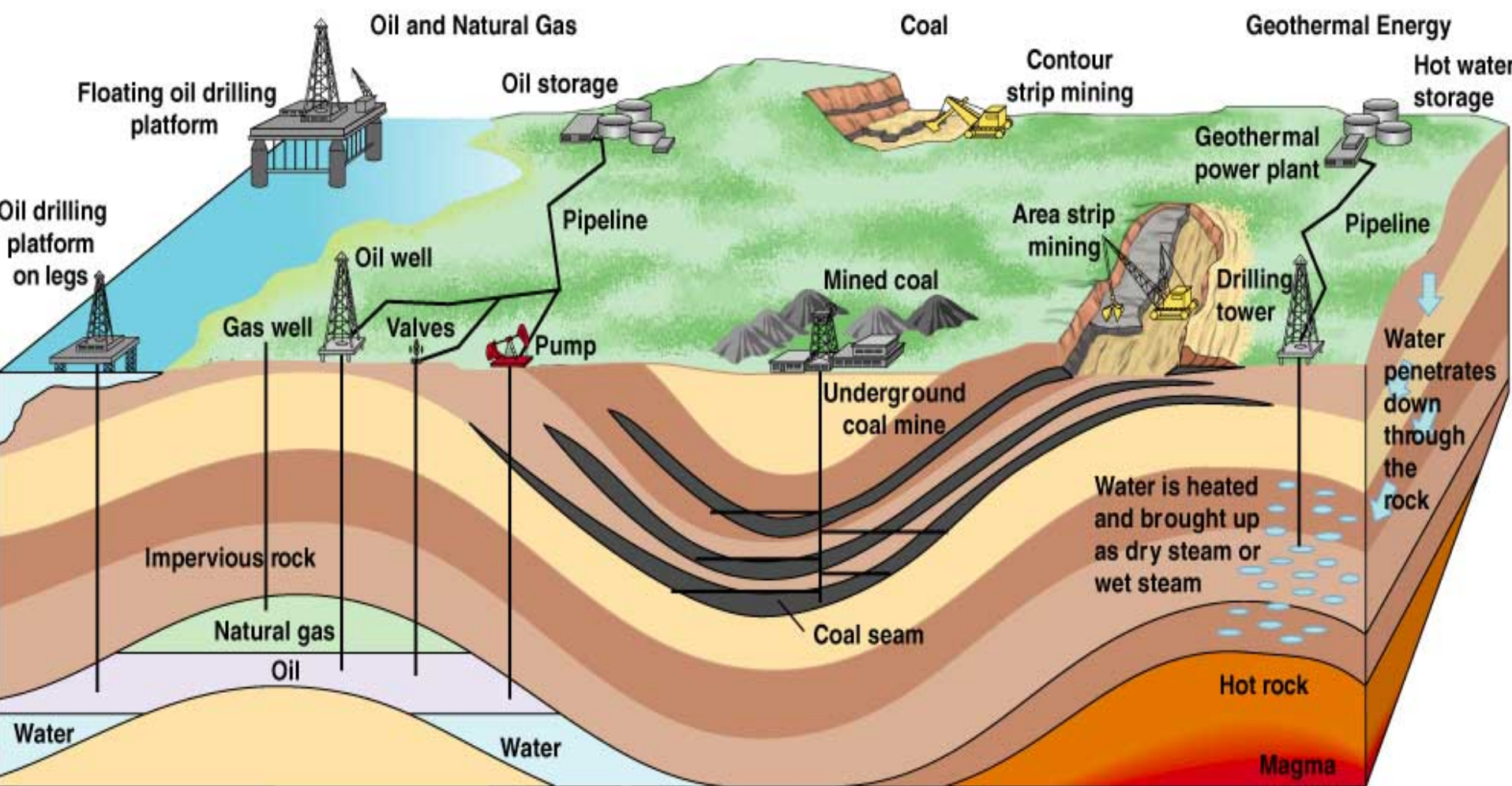
A szén **durva nedvességtartalma** a hótól vagy a mosóműből kerül a szénbe, a **higroszkopikus nedvességtartalmat** pedig a szénfelület abszorbeálja, s a szénben lévő kapillárisok tárolják.

A szénben három féle hamu van.

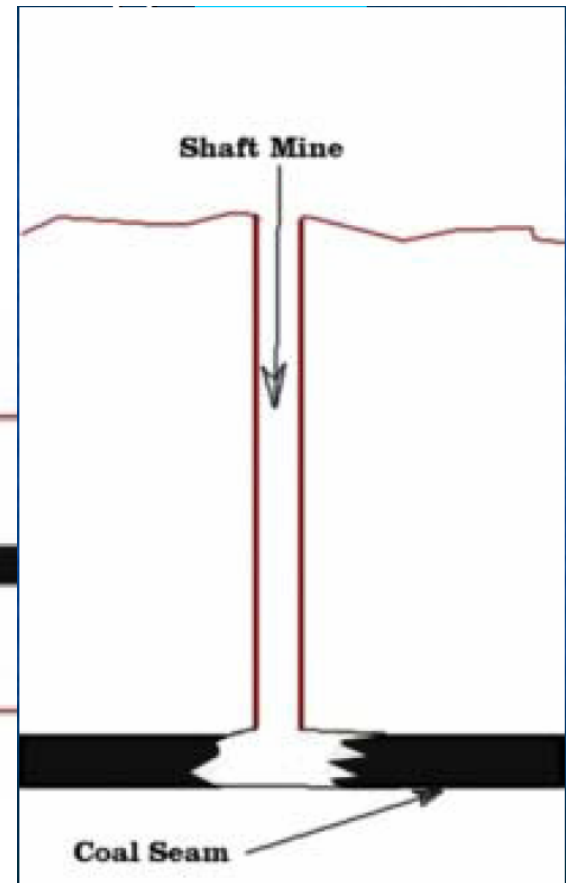
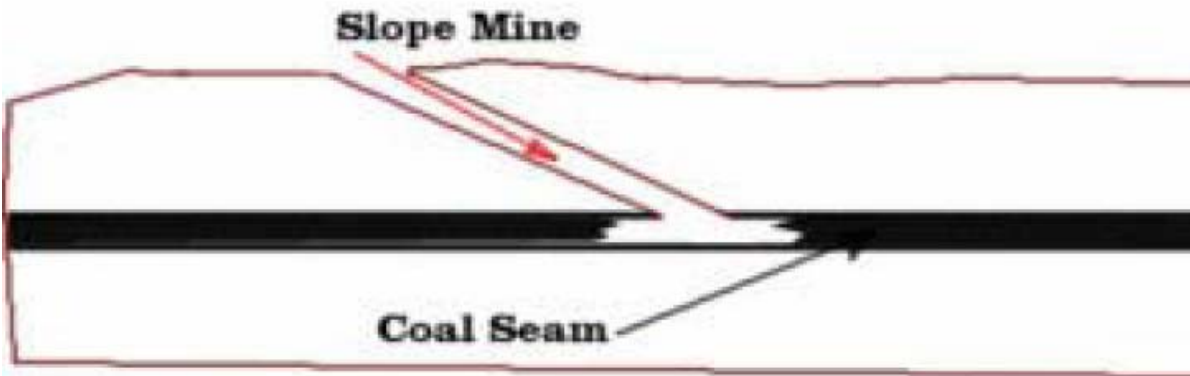
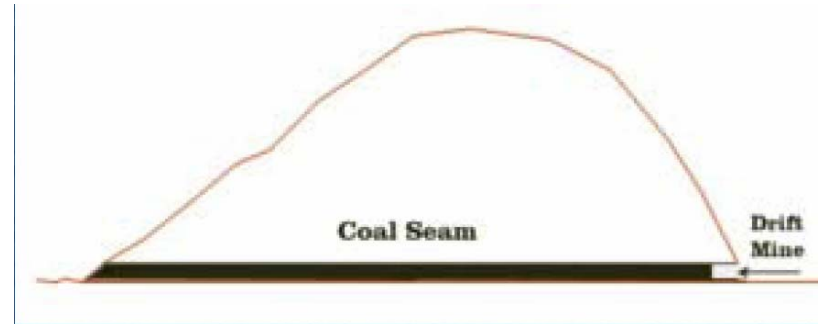
a/ **Primer hamu**: olyan ásványi anyag, mely még szén őst jelentő fában is megtalálható volt. Csak különleges eljárásokkal távolítható el.

b/ **Szekunder hamu**: a szénülés folyamatában a geológiai rétegmozgások következtében keveredett a szénrel. Eltávolítása az ún. flotálás, mely során a flotálómedencében a szén és a meddő fajsúlykülönbségét használják fel a szétválasztásra.

c/ **Tercier hamu**: a bányászati folyamat során a szénbe kerülő meddő. Eltávolítása egyszerű, ez az ún. szénmosás.



Szénkitermelés



Szénhidrogének

KŐOLAJ

A kőolaj szerves, főleg állati eredetű maradványok átalakulási terméke. A tengerben elhalt élőlények szerves anyaga rosszul szellőző tengerrészek iszapjában rothadó iszapot ún. *szapropéit* képez, melyből különféle szénhidrogének keletkeznek.

A keletkezett anyag fokozatosan vándorol a magasabb szintek irányába, ez a migráció.

A *migráció* során egy földtani ún. csapdába kerül, mely megakadályozza a továbbvándorlást.

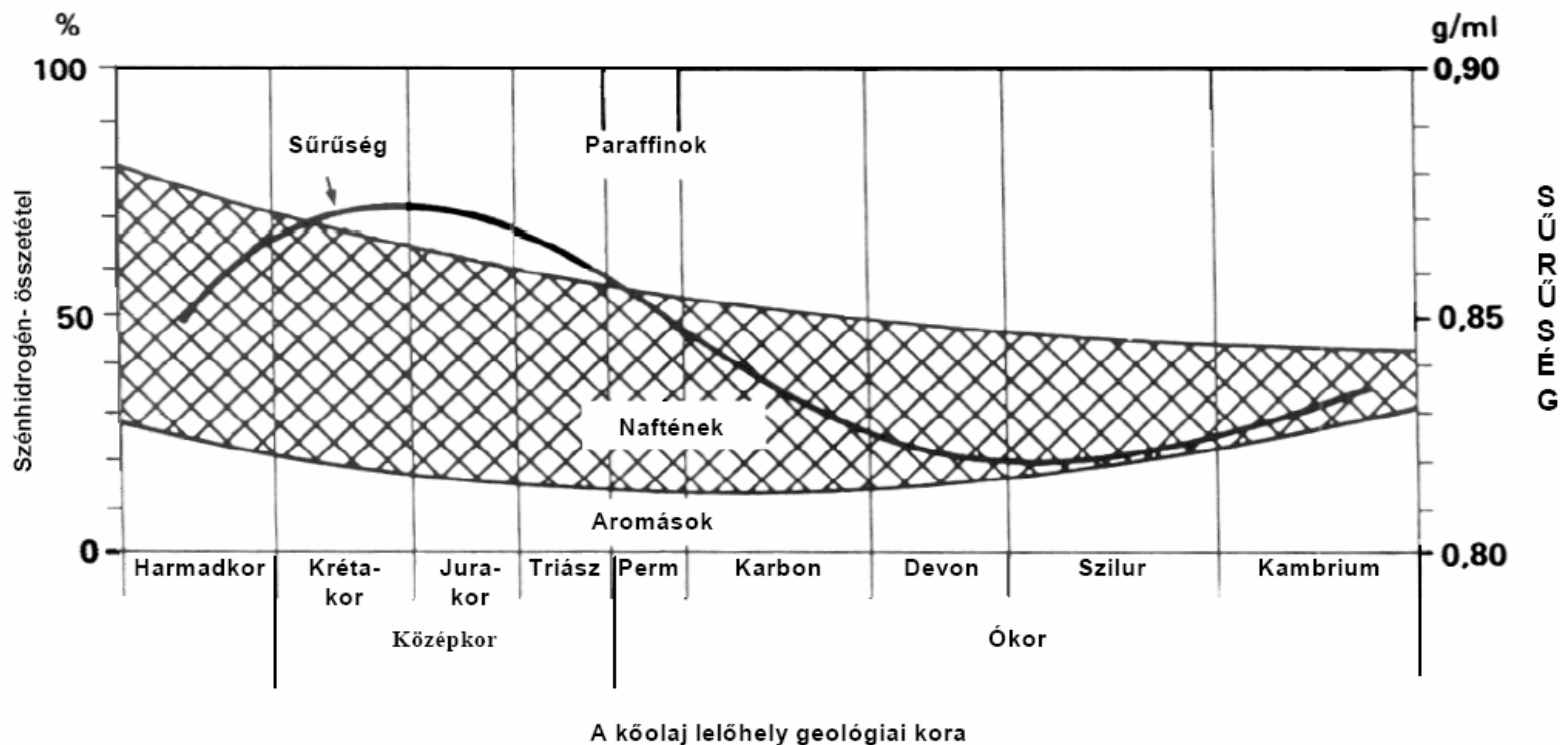
A kőolaj tömeg %-ban adott összetételét a következő táblázat mutatja

A kőolaj összetétele	
C	80-88%
H	10-14%
S	<5%
O	<7%
N	<1,7%
Hamu	<0,03%

A kőolaj fűtőértéke: 33-40 MJ/kg, mert összetétele viszonylag kis intervallumon belül változik. A szénhidrogének csoportjait tekintve a kőolajokban:

- nyílt szénláncú (alifás) alkánok vagy más néven paraffinok, amelyek lehetnek akár egyenes-, akár elágazó láncúak (normál- ill. izo-paraffinok)
- cikloalkánok, vagyis telített gyűrűs szénhidrogének, amelyeket cikloparaffinoknak, ill. a kőolajkémiaiában nafténeknek szoktak nevezni,
- aromás szénhidrogének találhatóak.

A kőolajokban *olefin szénhidrogének*, vagyis kettős kötést tartalmazó, nyílt láncú telítetlen szénhidrogének *gyakorlatilag nem találhatóak*; acetilén szénhidrogének, vagyis hármas kötést tartalmazó szénhidrogének pedig még nyomokban sem fordulnak elő. A szénhidrogének csoportösszetételének alakulását a kőolaj geológiai korával összefüggésben a következő ábrán látható trendet mutatjuk be.



A kőolaj szénhidrogén-összetételének és sűrűségének változása a geológiai koral

A kőolajok szénhidrogén-csoport összetétele tehát általában a következő határok között változik:

Kőolajok szénhidrogén csoport-összetétele %

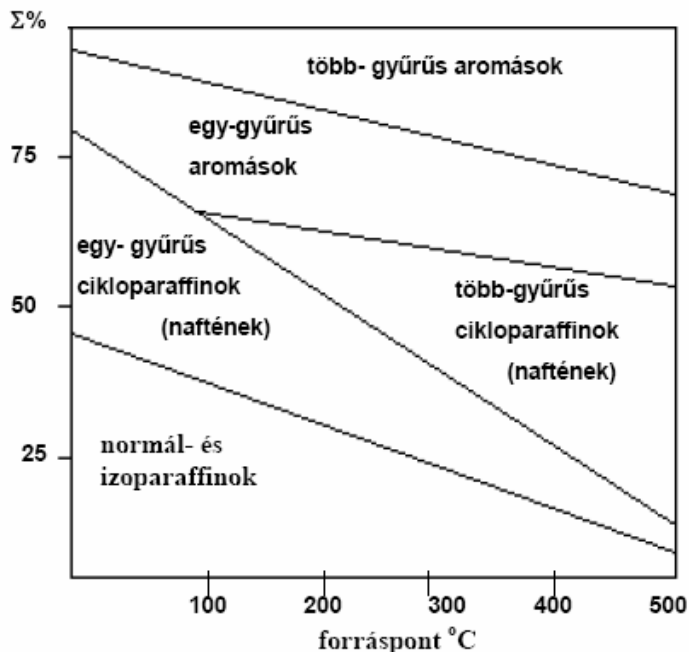
Paraffin 20-60 % (geológiai korról nő)

Naftén 50-25 % (geológiai korról csökken)

Aromás 30-15 % (minimum a „közepes” geológiai kornál)

A kőolajfrakciókban a növekvő forrásponttal nő a gyűrűs szénhidrogének aránya, tehát a nehezebb frakciókban egyre több a nafténes-aromás vegyület. Ez látható a következő ábrán.

Összetétel



A heteroatomos vegyületek közül első-sorban a kén- és a nitrogéntartalmú vegyületek érdekesek, mégpedig negatív értelemben, mivel egyrészt a feldolgozás során nehézségeket okoznak, másrészt az egyre szigorodó környezetvédelmi előírások kielégítésére főleg a kénvegyületeket egyre teljesebb mértékben el kell távolítani, ami növekvő ráfordítást igényel. A kén- és nitrogénvegyületek eltávolítása katalitikus hidrogénezéssel, H_2S és NH_3 formájában történik.

A nehézfém-tartalom szintén negatív hatású jellemző, mert a nehézfémek (a kéntartalommal együtt) a nehezebb frakciókban, így elsősorban vákuummaradványokban dúsulnak fel, amit ezért fűtőolajként egyre nehezebb felhasználni, a nehézfém-tartalom ugyanis a füstgázban lévő részecskékre tapadva kijuthat a környezetbe. További negatív körülmény az, hogy a vanádium-tartalom a tüzelés során V_2O_5 -dá oxidálódik, ami katalizálja a füstgázban általában jelenlévő SO_2 oxidációját SO_3 -dá, ami a levegő nedvességtartalmával kénsavat alkot, és így mind a füstjáratokban, mind a környezetben erős korróziót okoz.

Különböző lelőhelyről származó kőolajok néhány alapvető jellemzője

	Leelőhely				
	Kuvait	Libia	Venezuela Tia Juana	Északi-tenger Forties-mező	Alaszka Prudhoe Bay
Sűrűség 15 °C-on (g/ml)	0,869	0,824	0,897	0,835	0,893
Kéntartalom, tömeg%	2,5	0,14	1,55	0,29	0,82
Viszkozitás 38°C-on (mm ² /s)	9,6	9,0	25	4,2	18,0
Dermedéspont (°C)	-4	+24	-35	0	-10
Vanádium-tartalom (mg/kg)	27	<0,5	170	10	25
Hozamelemzés, v/v%					
C ₄ és könnyebb	2,52	2,3	0,70	4,00	0
Benzinfrakció, C ₆ -150 °C	16,65	17,3	13,70	18,75	11,8
Középedesztillátum, 150-370 °C	35,15	37,4	32,65	39,80	38,4
Atmoszférikus maradvány, > 370 °C	45,75	43,0	52,95	36,00	49,8
Atmoszférikus maradvány kéntartalma, tömeg%	4,16	0,15	2,35	0,65	1,55
Vákuumpárlat, 370-525 °C	19,85	22,9	23,10	20,40	}49,8
Vákuummaradvány, > 525 °C	25,90	21,1	29,85	15,60	

A gyűrűs szénhidrogének sűrűsége ugyanis nagyobb, mint az ugyanolyan szénatomszámú nyílt láncú szénhidrogéneké. A nagy sűrűség nem jelent egyben magas dermedéspontot is (l. a líbiai és a venezuelai olajat), hiszen éppen a kis sűrűség utal a nagy paraffintartalomra, és a paraffinok dermedéspontja viszonylag magas. Az USA Bányászati Hivatala alapján a kőolajat az alábbi csoportokba sorolják:

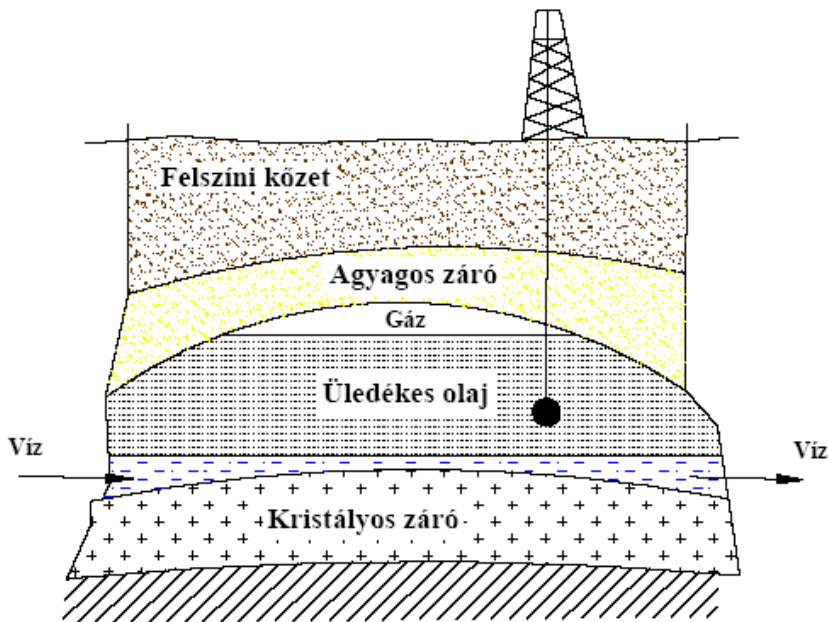
1. Paraffinos, minden frakció paraffinos.
2. Paraffinos-vegyes, a könnyű frakció paraffinos, a nehéz frakció vegyes.
3. Vegyes-paraffinos, a könnyű frakció vegyes, a nehéz frakció paraffinos.
4. Vegyes, minden frakció vegyes.
5. Vegyes-nafténes, a könnyű frakció vegyes, a nehéz frakció nafténes.
6. Nafténes-vegyes, a könnyű frakció nafténes, a nehéz frakció vegyes.
7. Nafténes. Minden frakció nafténes.

A hazai kőolajfeldolgozás alapanyagait kitevő két kőolajfajta alapvető jellemzőit a következő táblázatban adjuk meg:

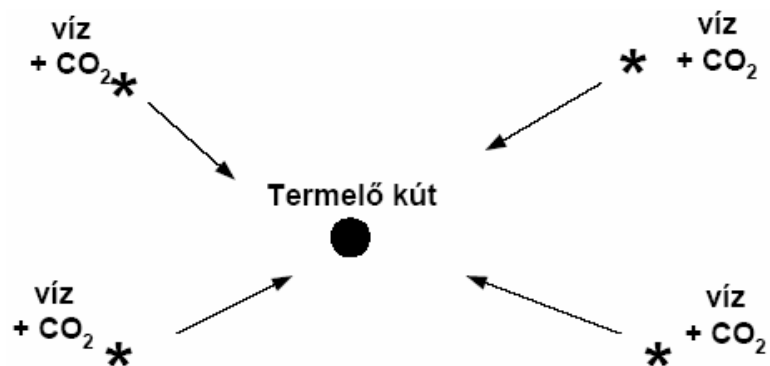
Látható, hogy a hazai, alföldi kőolaj igen előnyös tulajdonságokkal rendelkezik, kicsi a kén- és nehézfém-tartalma, nagy a könnyű frakciók hozama. Sajnos azonban a rendelkezésre álló készletek e kőolajból csekélyek, a lelőhely kb. 10-12 év múlva feltehetően kimerül. Az orosz import kőolaj lényegesen nehezebb, nagyobb (bár világviszonylatban nem kirívóan nagy) kén- és nehézfém-tartalmú kőolaj.

Jellemzők		alföldi	orosz
Sűrűség	15 °C kg/m ³	803	864
Kéntartalom	tömeg%	0,18	1,36
Viszkózitás	20 °C mm ² /s	4,1	12,7
Aszfalten tartalom	tömeg%	0,4	0,8
Conradson szám	tömeg%	1,4	3,9
Folyáspont	°C	-3	-14
Mechanikai szennyeződés	tömeg%	0,02	0,05
Víz-tartalom	tömeg%	0,15	0,25
Sótartalom	mg/l	21	31
Vanádium tartalom	mg/kg	0,3	36
Nikkeltartalom	mg/kg	1,4	12
Hozamelemzés	% v/v		
Kezdőforrponttól	65 °C-ig	3,3	4,1
Benzin	65-180 °C	33,3	19,3
Petróleum	180-230 °C	13,0	10,0
Gázolaj	230-350 °C	24,6	22,3
Maradék	350 °C felett	24,4	43,0
Veszteség		1,4	1,3

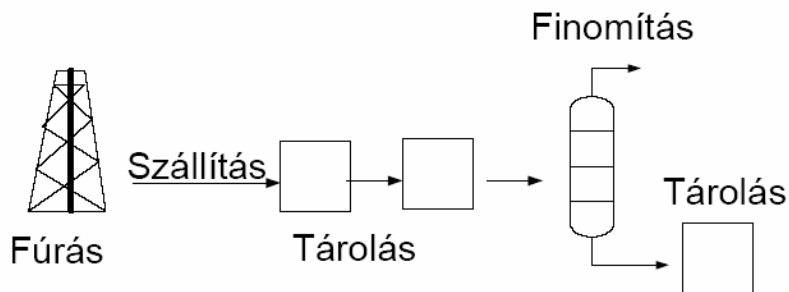
Elsődleges kitermelés A gáznyomás hatására



Másodlagos kitermelés Besajtott víz (gáz) hatására

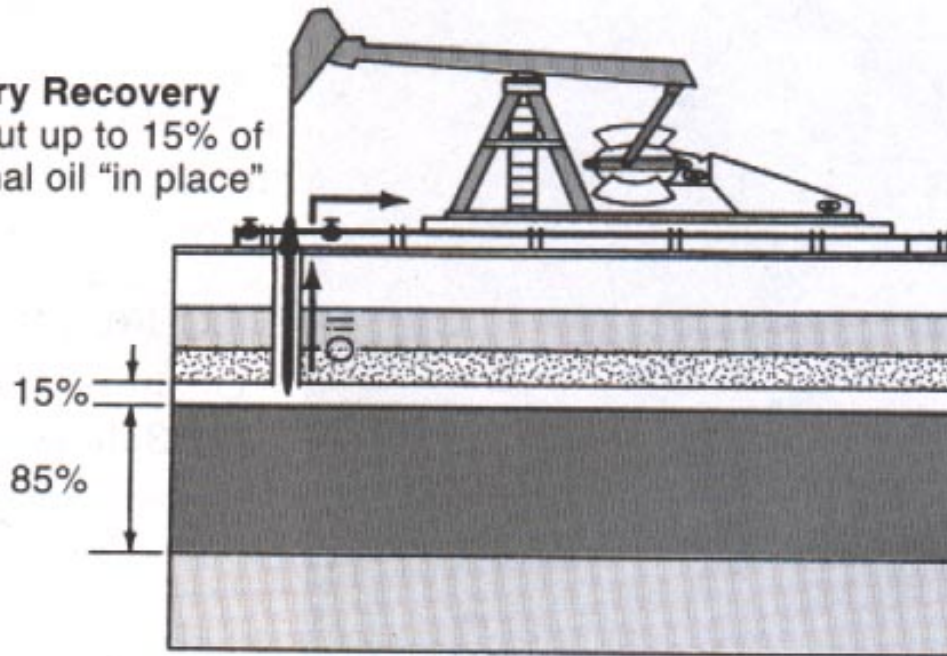


Kőolajfeldolgozás



Primary Recovery

Primary Recovery
Pumps out up to 15% of
the original oil "in place"



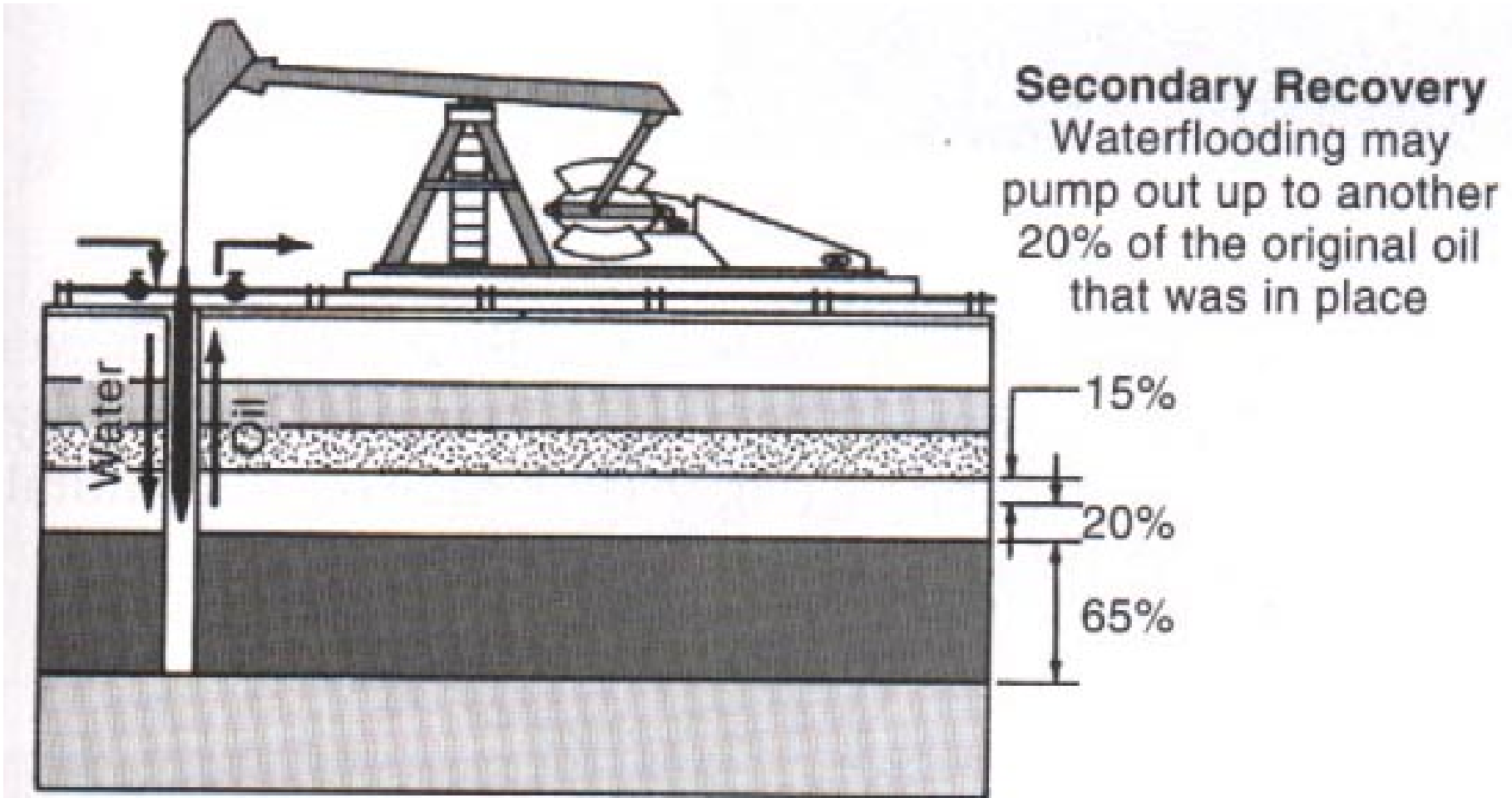
Recovery range
1/5 to 1/3 of the
Oil.

Pump more slowly
And get more oil

Why?
Think about
Architecture of
Oil storage

Secondary Recovery

Two methods: Water and Gas Injection

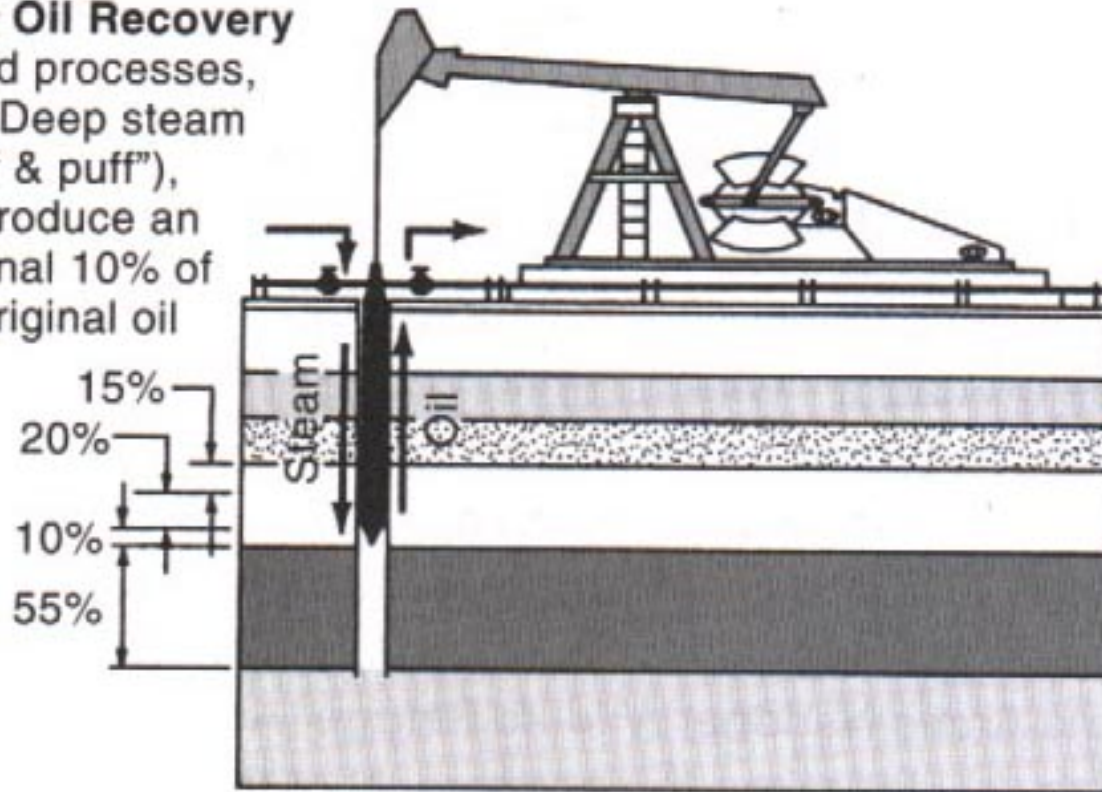


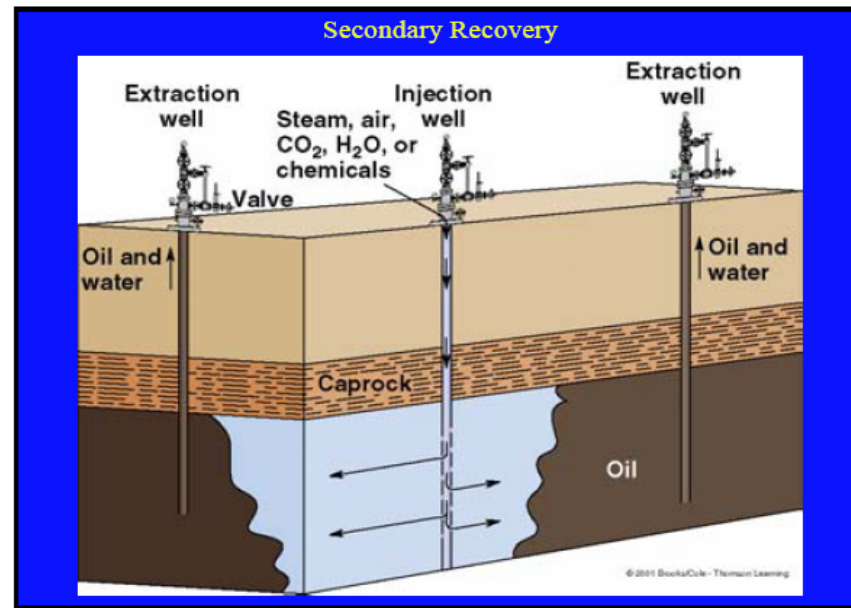
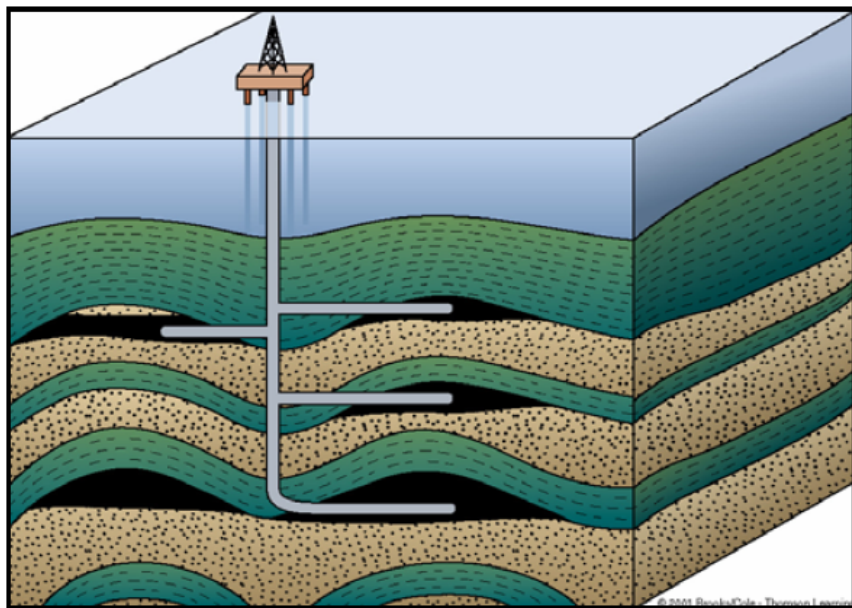
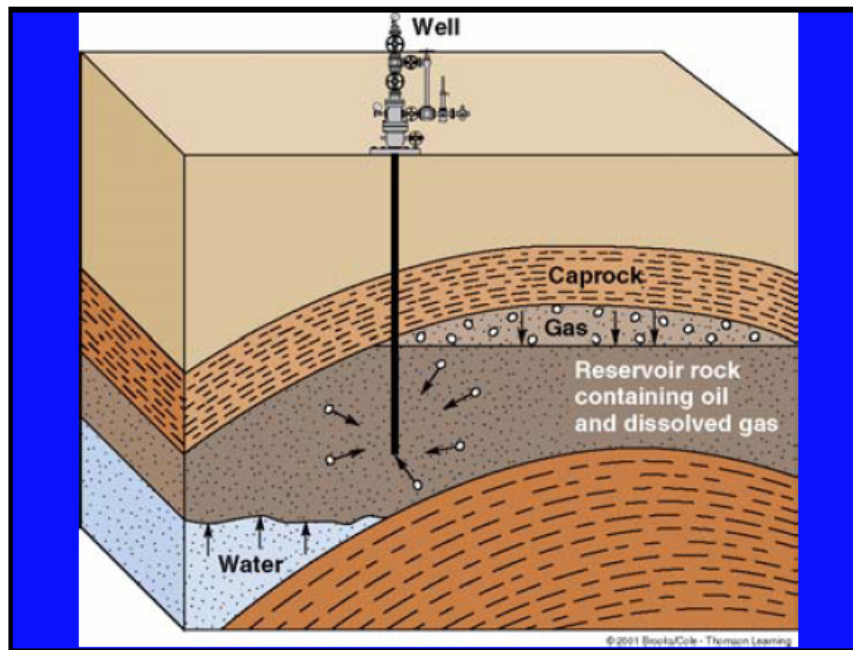
Tertiary Recovery

Recovers up to 50% of original oil with secondary
And primary recovery

Enhanced Oil Recovery

Advanced processes, such as Deep steam ("huff & puff"), may produce an additional 10% of the original oil

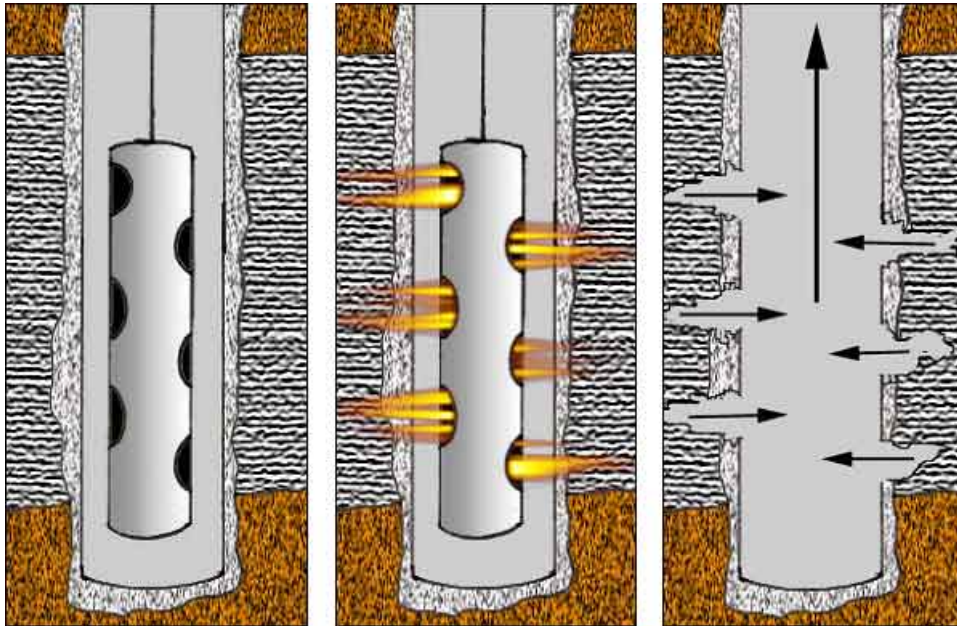




A világ olajmezőinek megoszlása méret szerint

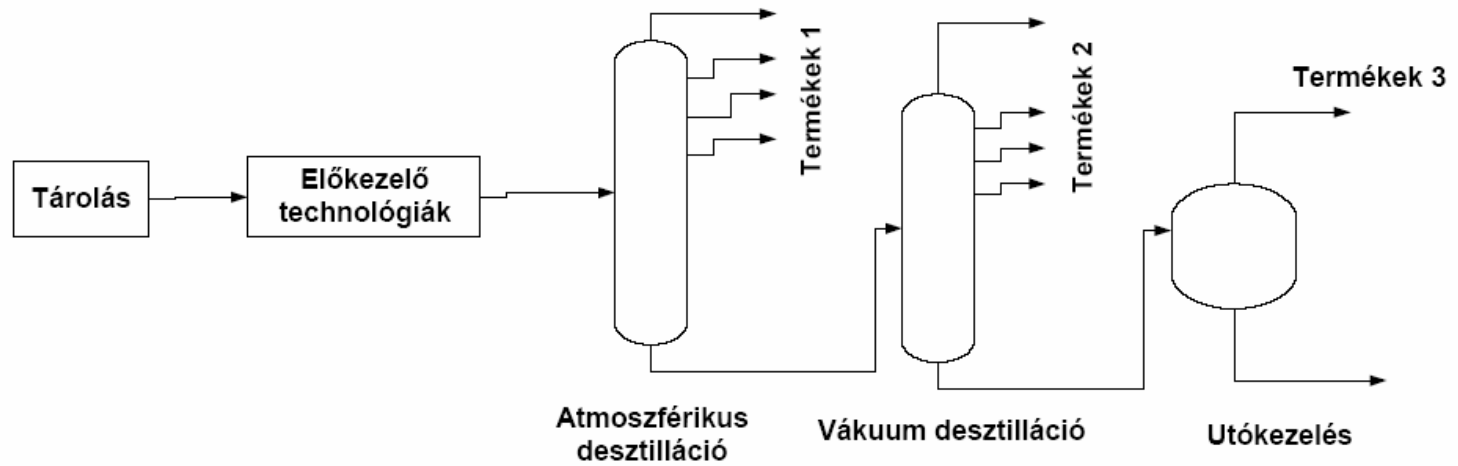
Table. Distribution of World Oil Fields by Size			
EUR (million barrels)	Size	United States	World Total
50,000+	Megagiant	None	2
5,000 - 50,000	Supergiant	2	40
500 - 5,000	Giant	46	328
100 - 500	Major	240	961
50 - 100	Large	327	895
25 - 50	Medium	356	1,109
10 - 25	Small	761	2,128
1 - 10	Very small	4,599	7,112
0.1 - 1	Tiny	9,533	10,849
0 - 0.1	Insignificant	11,021	11,751
0 - 0.5	Other tiny	4,500	5,989
	Total	31,385	41,164

Source: L.F. Ivanhoe and G.G. Leckie, "Global Oil, Gas Fields, Sizes Tallied, Analyzed," *Oil & Gas Journal*, February 15, 1993, pp. 87-91.
(http://www.wri.org/climate/jm_oil_006.html)

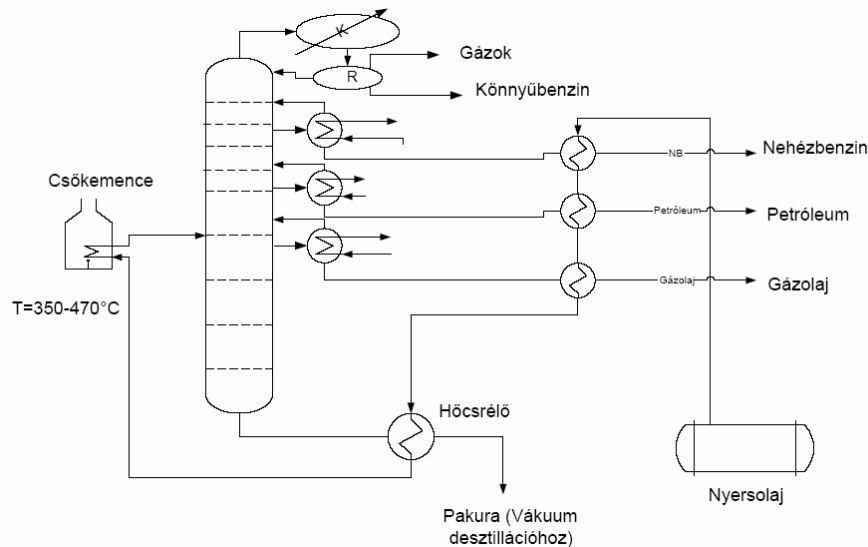


Kőolajtermelő kút kialakítása

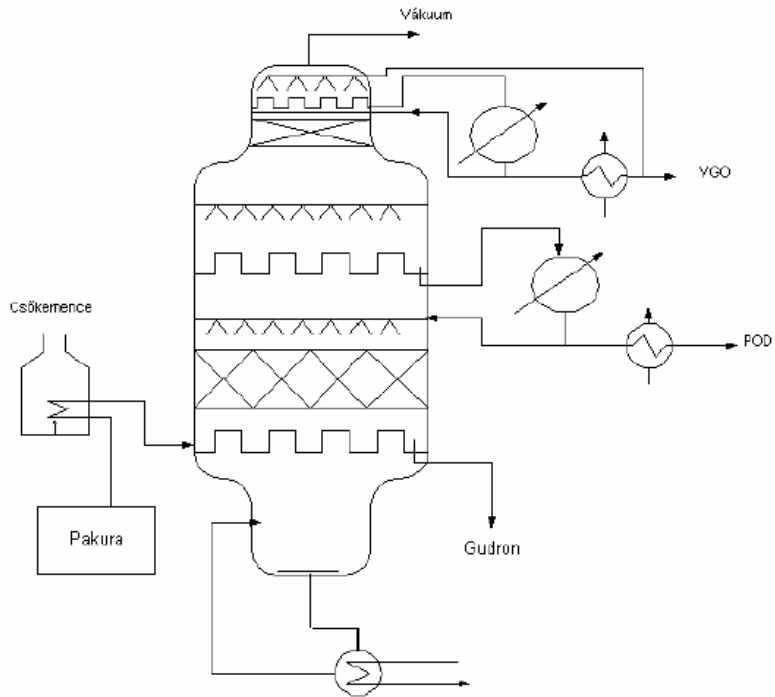
Fúrás után cementhabarcot szivattyúznak a termelési rétegbe és hagyják megszilárdulni. A szilárdulás után a cementezett zónát perforálják



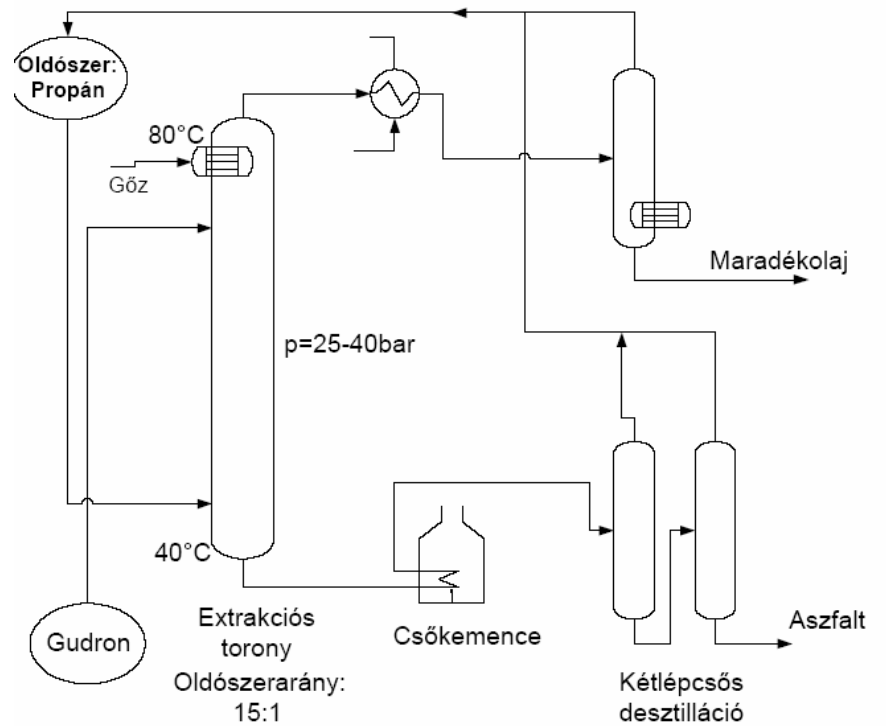
Teljes kőolajfeldolgozás



Atmoszférikus desztilláció



Vákuum desztilláció



Utókezelő technológia

A KŐOLAJFINOMÍTÁS FŐBB TECHNOLOGIÁI ÉS TERMÉKEI

SÓTALANÍTÁS

A kőolaj különböző mennyiségű szervesetlen szennyezőt tartalmaz, nevezetesen vízoldható sókat, homokot, rozsdadarabkákat és egyéb szilárd anyagokat, amelyeket együttesen **üledéknek nevezünk**. Ezek a szennyezők, különösen a sók lerakódásokhoz és korrózióhoz vezetnek a hőcserélőkben és a desztillálórendszerekben. A sók a kőolajfeldolgozás későbbi fázisaiban használt katalizátorok egy részének aktivitását is csökkentik, és a nátriumsók a kokszosodási hajlamot is növelik, pl. csökemencékben. Ezért a sótelenítést mindjárt a kőolajfeldolgozás legelején, a desztilláció előtt alkalmazzák. A kőolaj kémiaiilag kötött vanádium- és nikkeltartalmát a sótelenítéssel nem lehet eltávolítani.

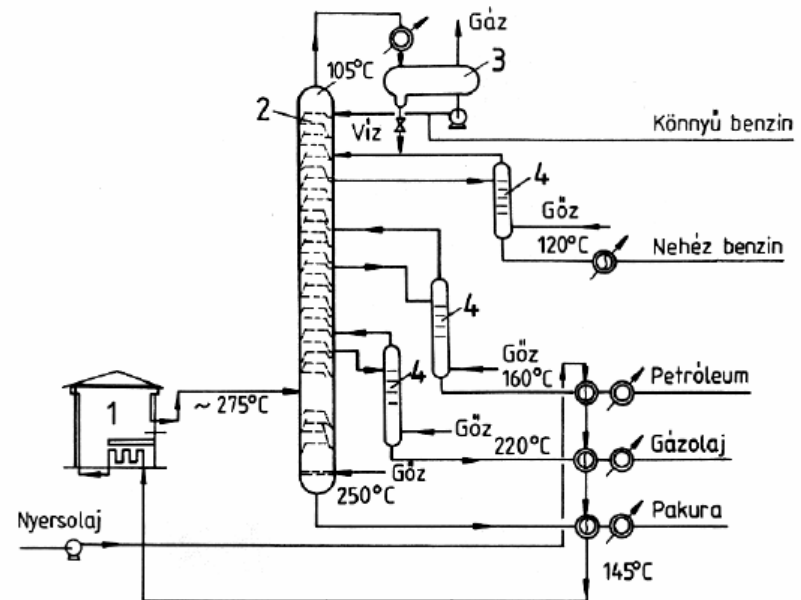
A sótelenítés elve az, hogy a kőolajat melegen, nyomás alatt vízzel mossák, majd a képződött emulziót szétválasztják. A vizes fázis tartalmazza a sókat és az üledéket. A sótelenítésben használt mosóvíz nagy része nem friss víz, hanem már használt technológiai víz. A sótelenített kőolaj víztartalmát igyekeznek 0,3 % alá, üledéktartalmát pedig 0,015 % alá szorítani.

A sótelenítő eljárás lényege az, hogy a 115-150 oC-ra előmelegített olajat vízzel intenzíven összekeverik, majd a képződött emulziót emulzióbontó vegyszerek adagolásával és nagyfeszültségű (15-35 kV) elektromos tér segítségével megbontják. A sómentesítési technológia alkalmazásának határpontja a 20 g/m³ sótartalom. 20 g/m³-nél nagyobb sótartalomnál mindenképpen alkalmazni kell sótelenítést, sőt, ha a sótartalom 40 g/m³-nél nagyobb, akkor kétfokozatú sótelenítőra van szükség. Az első fokozat hatásfoka kb. 90 %, a másodikkal ez 99 %-ra javítható.

DESZTILLÁCIÓ

A só- és vízmentesített kőolaj feldolgozásának első lépése a desztilláció, ezen belül a légköri nyomáson végzett-, azaz **atmoszférikus desztilláció**. A desztilláció tisztán fizikai elválasztó művelet, amely tulajdonképpen a kőolaj meghatározott forrásponttartárú részének elpárolgatatásából és kondenzáltatásából áll. Ennek során a különböző forráspontú komponensekből, szénhidrogénekből álló kőolajat több frakcióra (azaz párlatokra: meghatározott forrásponttartományú szénhidrogénelegyekre) választják szét légköri nyomáson. A bomlás (krakkolás) elkerülése végett a tipikusan mindössze 280-300 °C-ra felhevített kőolajat a desztilláló torony elgőzölgető részébe vezetik, ahol a folyadék- és a gőzfázis szétválik.

A gőzök a torony frakcionáló részében felfelé haladnak, és eközben nagyobb forráspontú komponenseik a lefelé csorgó folyadék (reflux) hatására fokozatosan cseppfolyósodnak. Az atmoszférikus desztilláció egyszerűsített vázlatát a következő ábrán láthatjuk.

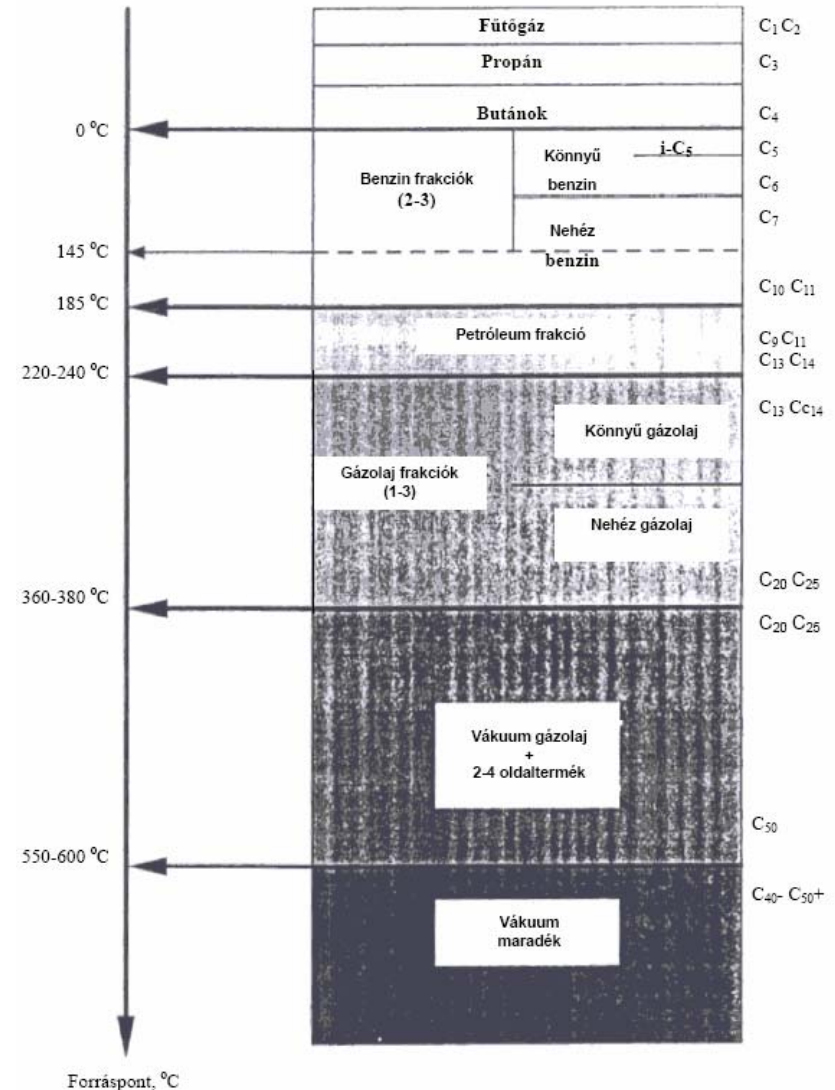


Az oldalmegcsapolásokon elvett frakciók kezdő forráspontja mindig kisebb az előírt értéknél. Ezért az oldaltermékeknek a legkisebb forráspontú - főleg a folyadékban oldott gőz alakjában jelenlévő - komponenseit kigőzölő oszlopokban közvetlenül (sztrippeléssel, vízgőzös kihajtással) vagy közvetett úton eltávolítják, és visszavezetik a desztillációs oszlopba. **A csőkemencés desztilláció folyamatos üzemben működik.** A csőkemencés desztilláció vezérlő paraméterei: a folyamatos betáplálás egyenletességének a biztosítása, a csőkemence kilépő hőmérséklete, a toronycsúcs hőmérséklete, a csapolások mértéke és a kigőzölő oszlopokban, valamint a pakura-evaporátor alatti részben a kigőzölő gőzök mennyiségének az adagolása. Az egyenletes betáplálás az alapja az üzem technológiai egyensúlyának. A csőkemence kilépő hőmérsékletének az emelésével párhuzamosan a párlathozam nő, és nő a maradványfűtőolaj viszkozitása. A toronycsúcs hőmérsékletének a megszábasával a fejtermék minőségét is lehet szabályozni. Általában az atmoszférikus desztillációk során a csőkemence kilépő hőmérséklete 280-300 °C között, a toronycsúcs-hőmérséklet pedig 105-110 °C között szokott lenni. A csapolások mértéke befolyásolja az egyes termékek hozamát és minőségét. A kőolajnak az a része, amely a csőkemencében nem párolog el, az elgőzölgötető térből a desztilláló kolonna alsó részébe jut. Ebből az oldott állapotban levő könnyebb komponensek eltávolítása (kigőzölés) után kapják az atmoszférikus desztilláló maradékát, fenéktermékét: a **pakurát**. Ebből vákuumdesztillációval vagy különböző kenőolajpárlatokat, vagy krakkoló eljárások különböző változatainak alapanyagát állítják elő. A pakura fűtőolajként való felhasználása visszaszorulóban van.

VÁKUUM DESZTILLÁCIÓ

Az atmoszférikus desztilláció párlási maradéka a pakura vagy más néven mazut, amelyből vákuumdesztillációval nyernek további értékes termékeket ill. alapanyagokat.

A vákuum desztilláció legkönnyebb terméke a vákuumgázolaj, az oldaltermékek pedig különböző olajpárlatok, a kőolaj eredetétől (összetételétől) függően. Az atmoszférikus- és a vákuumdesztillációval nyert különböző termékek forráspont és szénatomszám szerinti megoszlását a következő ábrán mutatjuk be. Az ábrán szereplő forráspontok közül a vákuumtermékek forráspontjai, vagyis a kb. 350-360 °C-nál nagyobb forráspontok látszólagosak, azaz légköri nyomáson nem mérhetőek, mert az anyag forrás helyett bomlik. A megadott értékek csupán légköri nyomásra átszámított forráspontok.



MOTORHAJTÓ ANYAGOK

A kőolajfinomítás fő célja legtöbb esetben minél nagyobb mennyiségű és minél jobb minőségű **motorhajtó anyag: nevezetesen motorbenzin, jet-üzemanyag (kerozin) és diesel-gázolaj** előállítása. A mennyiségi és minőségi követelmények kielégítése részben a kiindulási kőolaj összetételéből, részben a finomító kiépítettségétől függ. Egy jól kiépített kőolajfinomító **a kiindulási kőolaj 80-85 %-át jó minőségű motorhajtóanyaggá tudja feldolgozni**. Erős egyszerűsítéssel elmondható, hogy a motorbenzin gyártásakor a legnagyobb ráfordítást („finomítást”) igénylő minőségi követelmény a kompressziótűrés, vagyis az oktánszám, míg a jet-üzemanyag és a diesel gázolaj esetében a kéntartalom (és esetleg az aromástartalom) csökkentése.

A technológiák között több olyan is van, amelyek mind motorbenzin, mind jet-üzemanyag, mind gázolaj komponenseket is szolgáltatnak, tehát éles elkülönítés az eljárás célja tekintetében nem mindig lehetséges. Mindazonáltal megkülönböztethetők főként motorbenzin-ill. főként jet-üzemanyag vagy gázolaj előállító ill. finomító technológiák.

Termék	Forrpont [°C]	C atomszám
Fűtőgáz	- 100	1 – 2
PB(lepárlási) gáz	-100 – 0	3 – 4
Benzin	0 – 200	5 – 10
Kerozin	160 – 270	9 – 15
Petróleum	180 – 270	10 – 15
Gázolaj	193 – 343	15 – 45
Fűtőolaj	> 343	> 40

A motorbenzinek főbb minőségi követelményei

A motorbenzinekkal szemben támasztott főbb minőségi követelmények - figyelembe véve az Otto-motorok működési elvét, energiaátalakítási folyamatát, hatásfokát, égéstermékeit és a felhasználók által elvárt teljesítményt, továbbá a környezetvédelmi és humánbiológiai előírásokat - a következők:

- nagy kompressziótűrés (nagy kísérleti- és motoroktánszám),
 - kis szenzibilitás (kis különbség a kísérleti- és a motoroktánszám között),
 - egyenletes oktánszámeloszlás,
 - kis benzoltartalom (jelenleg max. 1 %),
 - korlátozott összes aromástartalom (jelenleg max. 42 %),
 - kis olefintartalom (jelenleg max. 18 %),
 - kis kéntartalom (jelenleg max. 150 ppm, de rövidesen max. 50, sőt max. 10 ppm),
 - kis vagy gyakorlatilag nulla ólomtartalom,
 - halogénmentesség,
 - megfelelő illékonyosság (gőznyomás, desztillációs görbe), forráspont kb. 20-200 °C)
- élőlényekre és természetire ártalmatlan égéstermékek képződése felhasználáskor.

Benzin

- Típusai

Motorbenzin:

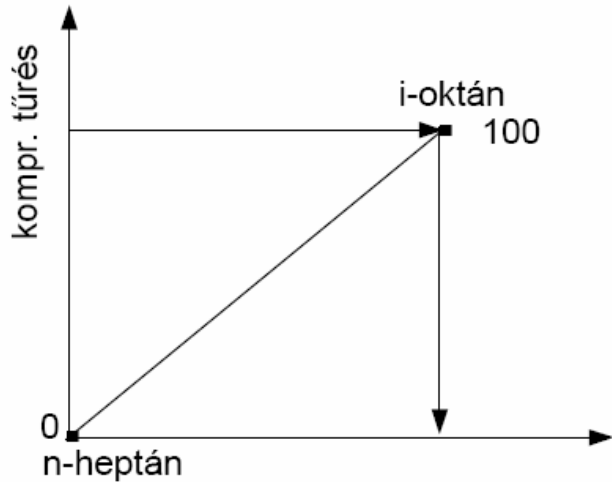
könnyűbenzin: fp: 30 - 150 °C;

nehézbenzin: fp: 150 - 200 °C

Speciálbenzin

- Jellemzői

Oktánszám: Az oktánszám egyenlő egy olyan i-oktán, n-heptán elegy v/v%-ban kifejezett izooktán tartalmával, amely szabványos üzemi feltételek mellett kompressziótűrés szempontjából azonos a vizsgálandó mintával.



Kétféle oktánszám ismeretes: **Kísérleti**, vagy terhelés nélküli (KOSZ) és **motor**, vagy terheléses (MOSZ). Minél több egy benzinben az aromás szénhidrogén annál nagyobb az oktánszáma (95-benzin, 98-benzin)!

- szenzibilitás: KOSZ . MOSZ,
- szín,
- szag,
- desztillációs görbe (Engler . görbe),
- kéntartalom,
- stabilitás
- stb.

A kőolaj ugyan tartalmaz bizonyos mennyiségben nagy oktánszámú szénhidrogéneket, de néhány kivételtől eltekintve ezek kis koncentrációjuk, valamint fizikai és kémiai tulajdonságaik miatt más vegyületektől csak nagyon költséges eljárásokkal választhatók el. Ezért szükség van olyan finomítói eljárásokra is, amelyek elsődleges célja nagy oktánszámú keverőkomponensekben dús áramok előállítása.

Sugárhajtómű üzemanyag (jet-üzemanyag, kerozin) főbb minőségi követelményei

- megfelelő forrásponttartomány (kb. 150-240 °C)
 - korlátozott aromástartalom (max. 20-22 %)
- és ezzel összefüggésben
- kis füstölési hajlam (füstölés nélküli lángmagasság min. 25 mm)
 - kis kéntartalom (max. 30 ppm)
- ezen belül
- kis merkaptántartalom
 - mély dermedéspont (kb. -50, -60 °C)

Diesel-gázolajok főbb minőségi követelményei

- előírt határok közötti forrásponttartomány (pl. 180-300 °C, 250-370 °C),
- könnyű gyulladás és jó égési tulajdonságok (cetánszám: 51-58),
- kis kéntartalom (10-350 ppm),
- kis aromástartalom (5-30 %),
- kis poliaromás-tartalom (0,02-11 %),
- kis sűrűség (810-845 kg/m³),
- viszonylag alacsony végforráspont (280-360 °C),
- jó folyási tulajdonságok kis hőmérsékleten (éghajlatnak megfelelő hidegszűrhetőségi határhőmérséklet, azaz CFPP, dermedéspont, viszkozitás (éghajlattól függően +5o-tól -35°C-ig),
- jó tárolási stabilitás,
- optimalizált adalékolás (pl. detergens-diszpergens hatás, habzágátlás, megfelelő kenőképesség, korrózió- és oxidációgátló hatás, stb.),
- kis károsanyag-kibocsátás (szén-monoxid, nitrogén-oxidok, kén-dioxid, kén-trioxid, szénhidrogének, részecskék).

Cetánszám: A gázolajok gyulladási hajlamának jellemzésére szolgál. A vizsgált olaj cetánszáma egyenlő a vizsgálómotorban vele azonos égési tulajdonságokat mutató n-cetánból és α -metil-naftalinból készült elegyben lévő cetántartalom v/v%-ban kifejezett számértékével. Újabban az α -metil-naftalin helyett a 15-ös cetánszámú 2,2,4,4,6,8,8-heptametil-nonánt használják a normál hexadekán mellett az összehasonlító elegy készítéséhez. Ez a tulajdonság azért fontos, mert a Diesel-motor a beszívott levegőt a hengerben komprimálja és a komprimálástól felmelegedett levegőbe porlasztják bele a hajtóanyagot. Ez minden külső gyújtás nélkül, csupán a hengerben uralkodó hőmérséklet hatására elég.

Kenőolaj

- Vákuumdesztillációs párlat.
- C25 . C50 könnyű és közép kenőolajpárlat.
- Jellemzők:
 - ✓ Lobbanáspont $>55^{\circ}\text{C}$,
 - ✓ fp: $\sim 400^{\circ}\text{C}$,
 - ✓ viszkozitás,
 - ✓ dermedéspont,
 - ✓ kokszolódási hajlam,
 - ✓ párolgási hajlam,
- Összetétele:

Elsősorban i-paraffinok, cikloparaffinok és naftének. Heteroatomos molekulák közül N, S, O tartalmúak mind alifás mind aromás formában.

- Főbb típusai:
 - Fehérolajok (tisztá i-paraffinok): Rendkívül drágák, az élelmiszeripar és a kozmetikaiipar használja.
 - Transzformátorolajok.
 - Valódi kenőolajok (hajtómű- és motorolajok).
 - Kenőzsírok.

FÖLDGÁZ

A természetben található gáznemű tüzelőanyag a földgáz, melynek keletkezése a kőolajjal egyidőre tehető. A kőolaj ugyanannak az átalakulási folyamatnak folyékony, a földgáz pedig gáznemű szénhidrogénekből álló terméke. A kőolaj-előfordulásnak rendszerint kísérője a földgáz, ami ilyenkor együtt tör fel a kőolajjal (található azonban földgáz másodlagos előfordulási helyeken is, távol a kőolajtelepektől). A földgáz is (hasonlóan a kőolajhoz) üledékes, porózus rétegekben helyezkedik el. Legértékesebbek azok a földgázok, melyek sok metánt tartalmaznak, de kisebb-nagyobb mennyiségben etán, propán, bután, pentán stb. is található a metán mellett. Az olyan földgázt, ami túlnyomó részt metánból áll és csak igen kevés C₂-C₆ - szénhidrogént tartalmaz, „száraz” földgáznak is nevezik. Az olajjal együtt feltörő földgázok rendszerint ún. „nedves” földgázok, ezek számottevő mennyiségben tartalmaznak C₂-C₆ szénhidrogéneket. A „száraz” és „nedves” földgáz összetételének szemléltetésére táblázatban két példát adunk, melyekben a számok térfogat%-ot jelentenek.

	Metán	Etán	Propán	Bután	Pentán
„Száraz” földgáz pl.	85 tf%	10 tf%	3 tf%	1 tf%	-
„Nedves” földgáz pl.	37 tf%	33tf%	21 tf%	6 tf%	4 tf%

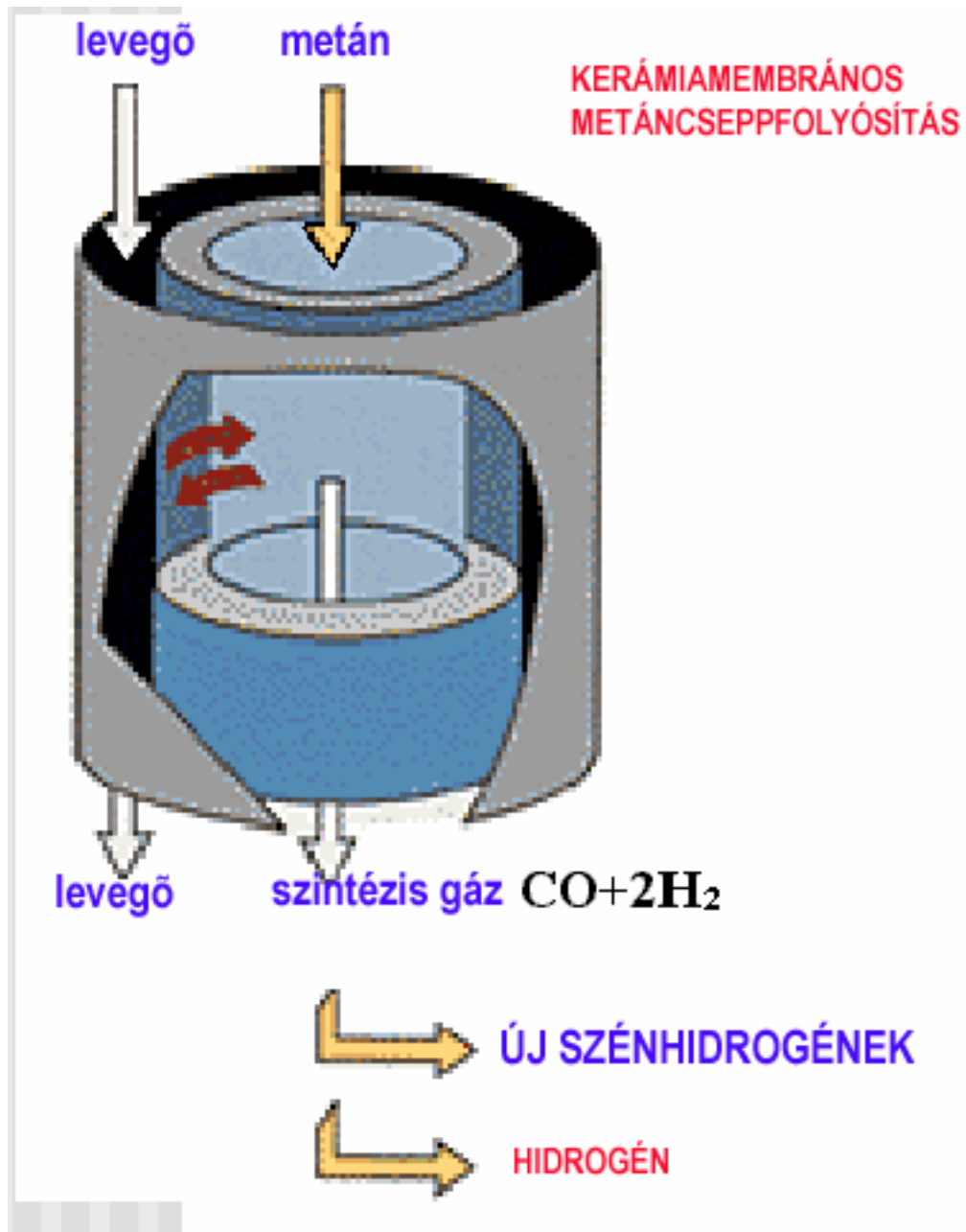
A földgáz összetétele CH₄ 26-99%, C₂H₆ 0,1-9,5%, C_nH_{2n+2} <16%, N₂ <38%, N₂S <15%. Érdekességként említenénk meg, hogy a széndioxid tartalom még szélsőségesebb értékek között változhat, 0 %-tól akár a 75 %-ot meghaladó értékig (pl. Magyarországon Mihályi és Répcelak környékén).

A szilárd és cseppfolyós alap- és tüzelőanyagokkal szemben a gáznemű forrásoknak több olyan előnyös tulajdonságuk is van, ami elterjedésüket és széles körű ipari alkalmazásukat indokolttá teszi. Ezek a következők:

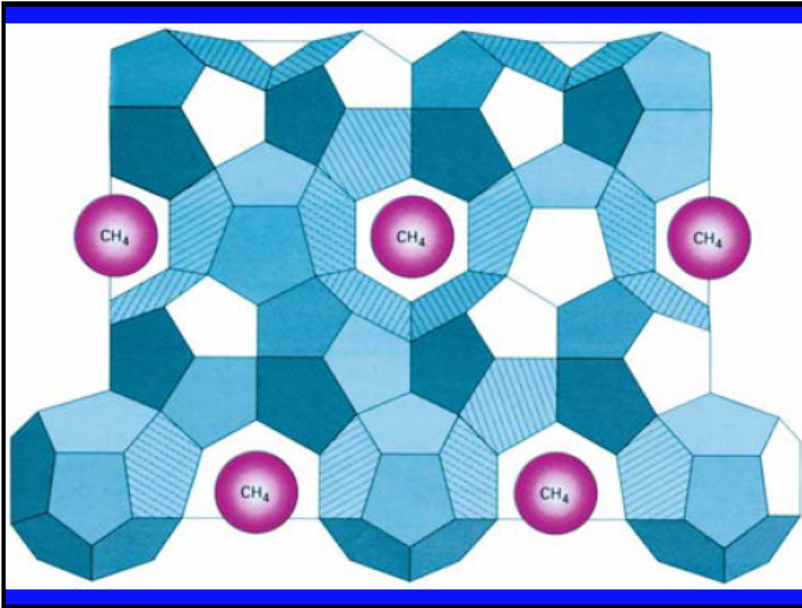
- hamu- és korommentes égés,
- levegővel elegyíthetők, ezért kisebb levegőfelesleggel égethetők el, mint a szilárd vagy folyékony tüzelőanyagok, így kevesebb füstgáz és magasabb hőmérséklet érhető el,
- előmelegíthetők a miáltal ezek melegét részben vissza lehet vezetni a tüzelőrendszerbe,
- a láng nagysága egyszerű szerkezettel szabályozható,
- tetszés szerint oxidáló vagy redukáló láng állítható be,
- a tüzelőszerkezetek kezelése igen egyszerű.

Egyéb földgázösszetevők:

- Kén-hidrogén, melyet elemi kén előállítására is felhasználnak.
- Szén-dioxid: Vannak olyan földgázok, melyek alig tartalmaznak szén-dioxidon kívül egyébeket. Ilyen található pl. Szarvason (96,6 térf.% CO_2) vagy Sopron megyében Mihályiban (97,4 térf.% CO_2). Az utóbbi lelőhely és Répcelak hasonló összetételű gázát tisztítás után szárazjég és szén-dioxid formájában hozzák forgalomba.
- Nitrogén: a legtöbb esetben néhány %-nyi arányban van jelen.
- Vízgőz: A nagy víztartalom azért hátrányos, mert a gázvezetékekben alacsonyabb hőmérsékleten, víz válhat ki, és arra is megvan a lehetőség, hogy a szénhidrogének szilárd és voluminózus hidrátjait (pl. $\text{CH}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, $\text{C}_2\text{H}_6 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ stb.) képződnek. A kivált víz is, meg a hidrátok is csökkentik cső keresztmetszetét és növelik a csővezeték ellenállását. Az ebből a szempontból megengedett nedvességtartalom 0,08-0,12 g/m³.

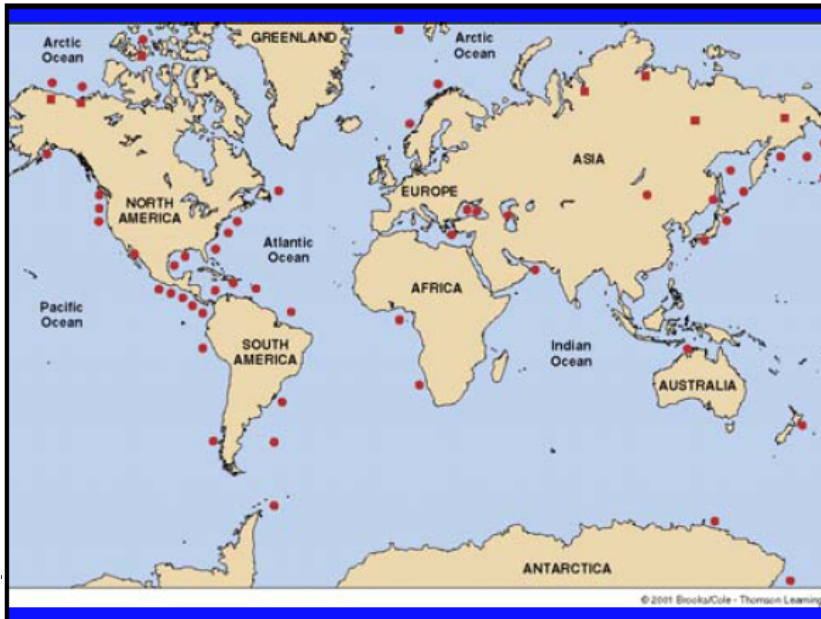


GÁZHIDRÁTOK



Gas hydrates

- Gas (especially methane) attached to ice crystals
- Abundant offshore deposits
- Methane is a greenhouse gas, so must be careful in tapping the deposits
- Methane combustion produces CO_2 , but not as much as oil, coal



HASADÓANYAGOK

Az előzőekben tárgyalt fosszilis energiahordozók, a szén, a kőolaj és a földgáz a földtörténet őskorából ránk maradt napenergiatárolóknak tekinthetők, míg a hasadóanyagok a szupernóva robbanások során létrejött magfúziók eredményét őrzik. Az urán hasznosítható energiataartalmát $83 \cdot 10^{12} \times \text{J/kg}$ -nak tekinthetjük.

ALTERNATÍV ENERGIAFORRÁSOK

A városok romló levegője, a savas esők, a vizeket szennyező olajfoltok, az atomerőművek üzemeltetésében lévő veszélyek —még ha ez utóbbiakat gyakran politikai-gazdasági érdekekből eltúlzottan publikálják is— mind sürgetőbbé teszik, a szén, kőolaj, az atomenergia helyettesíthetőségének kérdését az energiatermelésben. A megoldás egyik útja az ún. *alternatív energiaforrásokban* rejlik: a napenergiában, a szélenergiában, de ide sorolják a vízenergiát és a mezőgazdaságilag termelt energiahordozókat (pl. biomassa) is. Ezek közül e fejezetben csak a három legfontosabbat említjük.

Nap

A nap összes sugárzó teljesítményéből mintegy $2 \cdot 10^{15} \times \text{W}$ ékezik a földre. Ez óriási mennyiség, 5000-szer nagyobb mint amennyit a Föld az összes többi energiaforrásból nyer, s 15 perc alatt a Földre jutó energia több, mint amennyit az emberiség évente felhasznál.

Szél

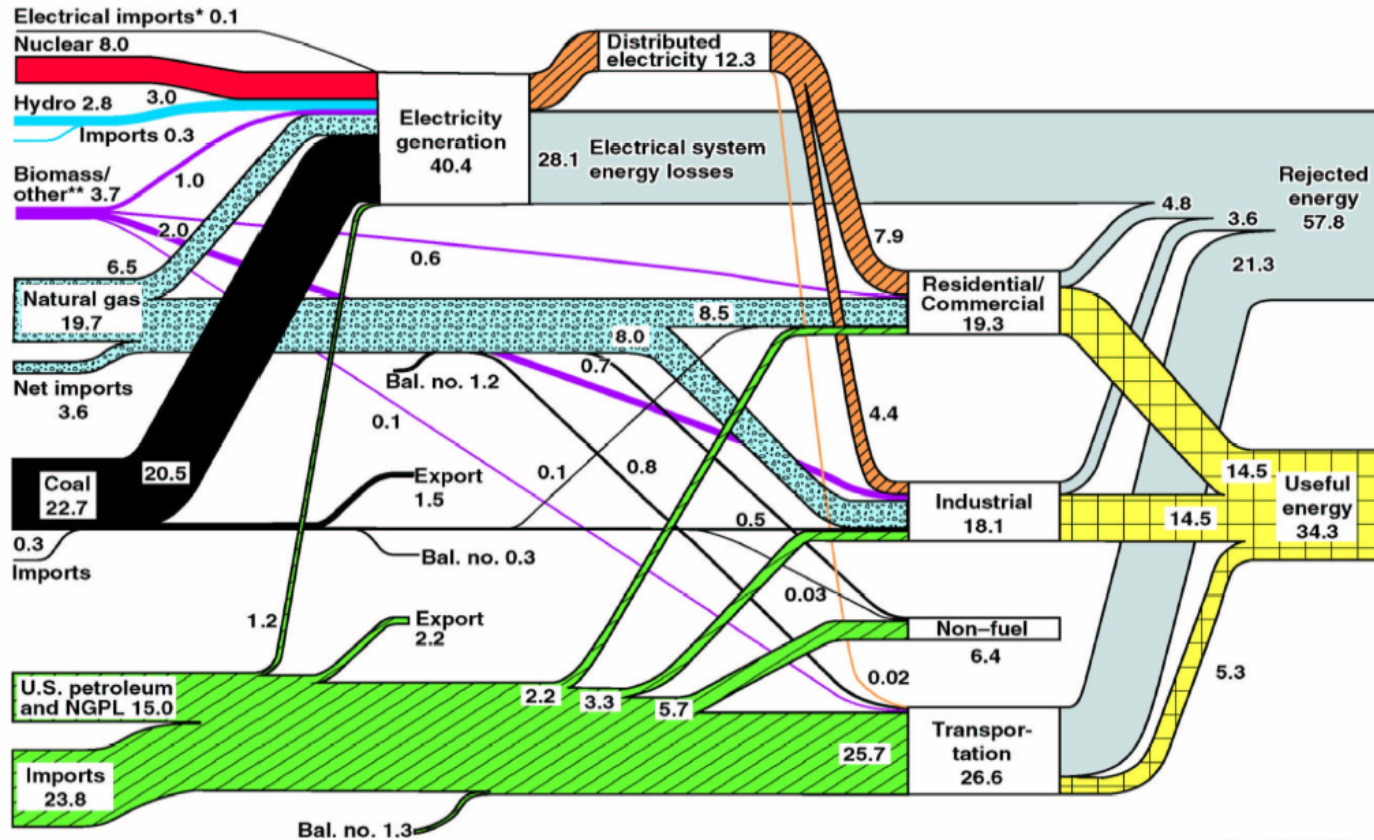
A szélenergiát évezredek óta hasznosítja az emberiség (pl. vitorlás hajó). A múlt század végén Hollandia és Dánia területén mintegy százezer szélmalom működött. A szél mozgási energiáját 100 TW-ra becsülik, ennek persze csak kis része hasznosítható, de a szélenergia "megszelídítése" nem "szélmalomharc", az alternatív energiatermelés lehetőségeinek egyike.

Víz

A vízkörforgásban —miután egyetlen 1 kg víz elpárologtatásához, s a felhőkbe juttatásához 2700 kJ kell— óriási energiák működnek. A párolgás-lecsapódás energiaátalakulása kihasználhatatlan, pedig ez adja az energiaforgalom 99 %-át. A megmaradó töredék a földfelszínen mozgó víz mechanikai energiája. Ennek technikailag gazdaságosan hasznosítható része még így is 5 TW-ra, azaz 5 millió MW-ra becsülhető.

U.S. Energy Flow Trends – 2000

Net Primary Resource Consumption 98.5 Quads



Source: Production and end-use data from Energy Information Administration, *Annual Energy Review 2000*
 *Net fossil-fuel electrical imports
 **Biomass/other includes wood and waste, geothermal, solar, and wind.

December 2001
 Lawrence Livermore
 National Laboratory

1 Quad = 10^{15} BTU = 1055×10^{15} J = 2.93×10^{11} kWh = 172×10^6 barrels (42 gallons) of oil equivalent = 36.0×10^6 metric tons of coal, equivalent = 0.93×10^{12} cubic feet of natural gas equivalent

FÜGGELÉK

Az alábbiakban az energiaátalakításoknál fontos néhány alapfogalmat és tételt foglalunk össze.

Energiamegmaradás, a termodinamika I. főtétele

Az energiamegmaradás azt jelenti, hogy energia nem hozható létre és nem semmisíthető meg. Ha a rendszeren munkavégzés és hőátmenet történt, akkor, az átment Q nettó hőmennyiség, és a nettó munkavégzés egyenlő a rendszer (vagy munkaközeg) belső energiájának megváltozásával, azaz:

$$\Delta U = U_2 - U_1 = Q + W$$

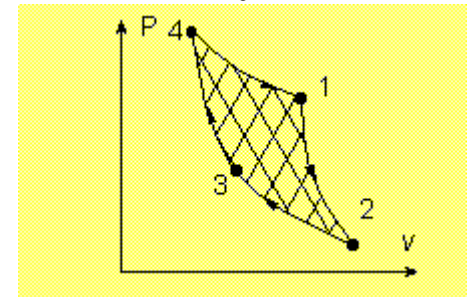
ahol U_1 és U_2 a rendszer belső energiája a kezdeti (1) és végállapotban (2). Az összefüggés speciális esete, amikor állandó áramú rendszerre alkalmazzuk, ami állandó energia áramot jelent. Termodinamikai zárt ciklusra alkalmazva, teljes ciklus és állandó áramok esetén $U_1 = U_2$, így az eredmény:

$$\Sigma Q + \Sigma W = 0$$

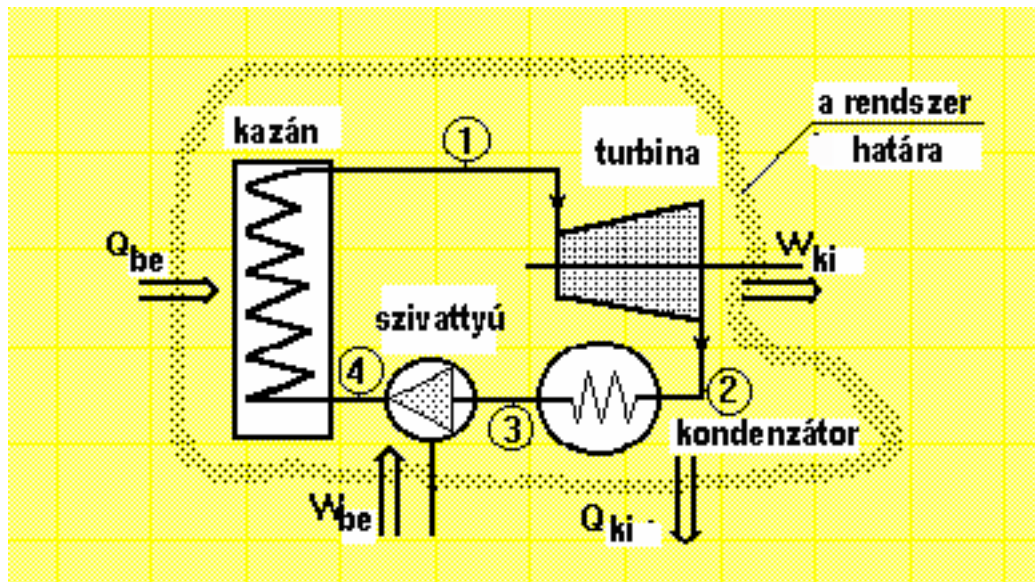
ahol:

Q = a közölt (+) vagy elvont (-) hő algebrai összege.

W = a környezet által a rendszeren végzett (+) vagy a rendszer által a környezeten végzett (-) munka algebrai összege.



A tételt erőműre alkalmazva az alábbi ábra szerint:



$$Q = Q_{be} - Q_{ki}$$
$$W = W_{be} - W_{ki}$$
$$Q_{be} + W_{be} - Q_{ki} - W_{ki} = 0$$

ahol,

Q_{be} = a rendszerbe a kazánon bejutó hő,

W_{be} = tápvíz szivattyú munkája,

Q_{ki} = a kondenzátoron keresztül a rendszerből leadott hő,

W_{ki} = turbina munkája.

A termodinamika II. főtétele

A második főtétel az állapotváltozások irányát leíró törvény. *Szigetelt rendszerben az inhomogenitások által létrehozott makroszkopikus folyamatok (spontán folyamatok) mindig csökkentik a rendszerben lévő inhomogenitásokat. Hatásukra a rendszer az egyensúlyi állapothoz közeledik. A kiegyenlítődésre törekvés a termodinamika második főtétele.*

Planck megfogalmazás szerint: lehetetlen olyan periodikusan működő gépet szerkeszteni, amely egy súlyt emel és eközben egy hőtartályt hűt, más effektus nélkül. A műszaki gyakorlatban igen fontos a belső energia átalakítása mechanikai vagy más energiaformává (pl. belsőégésű motorok). A természetben sok inhomogenitás van, amelyet fel tudunk használni energiaátalakításra, (a geotermikus energiaforrásoknál például a kilépő közeg nyomása és hőmérséklete nagyobb mint a környezet nyomása és hőmérséklete). Kérdés azonban, hogy a belső energiát teljes egészében át tudjuk-e alakítani más energiaformákká, vagy sem?

Ha például a hőmérséklet-különbséget használjuk, az energiaátalakítás folyamatát addig tudjuk fenntartani, amíg a rendszer egyensúlyba nem kerül környezete hőmérsékletével. Az egyensúly elérésével megszűnnek a számunkra hasznosítható folyamatok és a rendszer belső energiája tovább nem alakítható át.

A belső energia soha nem alakítható át teljesen más energiaformákká.

A mechanikai, elektromos stb. energia viszont teljes egészében átalakítható belső energiává (pl. villamos ellenállás fűtés, Joule--kísérlete a mechanikai munka belső energiává alakítására stb.)

A második főtételt a hőerőgépekre megfogalmazva azt mondhatjuk, hogy nem létezik olyan hőerőgép, melynek hatásfoka nagyobb lehet, mint a két rögzített hőmérsékletű hely között működő reverzibilis hőerőgép (ideális Carnot-ciklus), azaz a maximális termikus hatásfok a Carnot hőerőgép hatásfoka

$$\eta < \eta_{\max} < \eta_{\text{Carnot}}$$

Más szóval a hőerőgépbe bevitt Q hőmennyiség és a hőerőgép kimenő W munkája között az alábbi összefüggés áll fenn:

$$W < W_{\max} = Q \cdot \eta_{\text{Carnot}}$$

A reális hőerőgépek hatásfoka jelentősen alacsonyabb a Carnot hatásfoknál

Exergia vagy rendelkezésre állás

Egy rendszer exergiája a rendszerből elméletileg kinyerhető maximális munka mennyisége, magadott p , T , h , s , u és v állapot mellett, ha állandó a tároló nyomása és hőmérséklete (T_0 , p_0). Egy nem áramló rendszer fajlagos exergiája:

És állandósult áramló rendszerre: $u + p_0 \cdot v + T_0 \cdot s$

ahol:
 u = fajlagos belső energia, h = fajlagos entalpia, v = fajlagos térfogat,
 s = fajlagos entrópia, C = sebesség, Z = a rendszer függőleges távolsága egy adott 0 magasságtól, g = gravitációs gyorsulás

Entalpia (H), fajlagos entalpia (h)

Egy munkaközeg entalpiája (H): $H=U+PV$

ahol: U a belső energia, P a nyomás és V a térfogat. Mértékegysége (energia): J

Egy munkaközeg fajlagos entalpiája (h) : $h=u+P v$

ahol:

u a fajlagos belső energia, P nyomás, v fajlagos térfogat. A fajlagos entalpia mértékegységei (energia/tömeg):J/kg

1 kJ/kg= 1000 J/kg

1 erg/g= 1E-4 J/kg

1 Btu/lbm= 2326 J/kg

1 cal/g= 4184 J/kg

Entrópia (S), fajlagos entrópia (s)

Egy rendszer entrópiája, a rendszer energiatartalmának hozzáférhetőségét, rendelkezésre állását mutatja meg. A nagyobb entrópiájú rendszerekből nyerhető munkavégzés kisebb.

Differenciális megváltozása:

$$dS = \frac{dQ_{rev}}{T}$$

Mértékegysége: (energia/hőmérséklet): J/K

Egy rendszer fajlagos entrópiája a tömegegységre eső entrópia. Mértékegysége (energia/tömeg.hőmérséklet): J/(kg . K).

1 KJ/kg,K= 1000 J/(kg . K)

1 erg/g,K= 1E-4 J/(kg . K)

1 Btu/lbm,F= 4186.8 J/(kg . K)

1 cal/g,C= 4186.8 J/(kg . K)

Erőművek

Az **erőművek** olyan *energiaátalakítási (fő)funkciójú technikai rendszerek, melyek inputja valamely (nem villamos) energiahordozó, a kimenete pedig a villamos áram és/vagy az ún. kapcsolt energiatermelés esetén a távhőellátást biztosító forró víz vagy gőz.* (Vannak speciálisan a távhőellátást biztosító ún. fűtőművek is.)

A bemeneti energia lehet a víz mechanikai energiája, a fosszilis tüzelőanyagok kémiaileg kötött energiája, vagy az atomenergia és még folytathatnánk a sort.

Az egyes erőműtípusokat aszerint különböztetjük meg, hogy milyen primer energiahordozó a villamos energia forrása, és milyen technológiával történik az energia-átalakítás. Ismertebb típusok: hőerőművek (szén- olaj-, gáztüzelésű, atomerőmű, gázturbinás erőművek,) és megújuló energiaforrással működő erőművek.

Carnot körfolyamat

A hőnek mechanikai munkává (villamos energiává) történő átalakítását a hőközlés és hőelvonás hőmérsékletei befolyásolják. Adott hőmérsékletetartományok között az átalakítás legnagyobb hatásfokát olyan körfolyamattal érhetjük el, amelyben mind a hőközlés (T_1), mind a hőelvonás hőmérséklete (T_2) állandó (izotermikus) és az energiaszállítás minden részfolyamata veszteségmentes (reverzibilis). Ez a *Carnot-körfolyamat*.

Rankine-körfolyamat

A legfontosabb munkaszolgáltató körfolyamat a hőerőművekben megvalósított *Rankine-körfolyamat*.

A munkaközeg néhány kivételes esettől eltekintve víz, a körfolyamat zárt.

Az elvi kapcsolást és a körfolyamatot T-S diagramban a 7/a. és a 7/b. ábrán láthatjuk.

Atomerőmű

Villamos energiát nukleáris energiából előállító **erőmű**.

Működési elvét tekintve **hőerőmű**, a gőz termelésére szolgáló hő nukleáris folyamat, maghasadás révén keletkezik. Az atomerőművek működésük során - szemben a hagyományos hőerőművekkel - lényegében nem bocsátanak ki a környezetre hatással lévő szennyező anyagot, ugyanakkor gondoskodni kell a kiégett, elhasznált nukleáris fűtőelemek és a működés közben radioaktívan szennyeződött hulladék anyagok elhelyezéséről.

Energia

Fizikai munkavégző képesség.

A munka és az energia rokon fogalmak: az energia a munkavégzés lehetőségét, a munka a munkavégzésre fordított energia mennyiségét jelenti. Az energia a teljesítmény és az idő szorzata. A villamos-energetikában általánosan használt mértékegysége a kilowattóra (kWh).

Az energia SI mértékegysége 1 J. egyéb mértékegységei:

1 cal (caloria)= 4.1868 J

1 kcal= 4186.8 J

1 Btu (British thermal unit)= 1055.05 J

1 thermie= 4.184E6 J

1 ft.lbf= 1.35582 J

1 kJ= 1000 J

1 MJ= 1E⁶ J

1 hp.h (horsepower.hour)= 2.6845E⁶ J

1 kWh= 3.6E⁶ J

1 MWh= 3.6E⁹ J

1 eV (electron volt)= 0.16021E⁻¹⁸ J

1 erg= 1E⁻⁷ J

Energiaátalakítás

Egy energiatípus más energiatípussá történő átalakítása.

Villamos energia a természetben közvetlenül felhasználható formában nem áll rendelkezésre, más energiatípusokból kell átalakítanunk.

Az átalakítás legfőbb jellemzője a hatásfok, amely a folyamatba bevitt, és onnan kinyert energia arányát jellemzi. A hatásfok annál magasabb, minél alacsonyabb a folyamat során a veszteség.

Erőművek üzemmódja

Az erőművek üzemeltetésének módja szerint megkülönböztetünk alaperőműveket, menetrendtartó erőműveket és csúcserőműveket. Az alaperőművek folyamatosan, nagy kihasználással üzemelnek, a villamosenergia-rendszer terhelésének állandó részét fedezik. Jellemző példája az alacsony üzemeltetési költségű atomerőmű. A menetrendtartó erőművek teljesítményük változtatásával követik a fogyasztói igények változását. Ezt a feladatot a magyar energia-rendszerben hagyományos hőerőművek látják el. A csúcserőművek szolgálnak a legmagasabb terhelésű időszakokban a csúcsterhelések fedezésére, rendszerint csak rövid időszakokra lépnek üzembe. Erre a célra alkalmasak például a gyorsan indítható gázturbinák.

Fűtőerőmű

Olyan hőerőmű, mely a hőszolgáltatás mellett termel villamos energiát. Elsősorban városokban, vagy ipari körzetekben létesítik, ott, ahol kommunális vagy ipari célú hőigény jelentkezik. Előnye, hogy a kombinált hő- és villamos-energiatermelés össz-hatásfoka magasabb, mint a tisztán áram termelésére szolgáló erőművéké; hátránya, hogy a termelt villamos energia mennyiségét a mindenkori hőigény határozza meg.

Gázturbinás erőmű

A gázturbinás erőműben a generátort forgató turbinát a tüzelőanyag elégetésekor keletkező forró gázok hajtják.

A gázturbina három fő része: a kompresszor, amely az égéshez szükséges levegőt sűríti, az égőtér, ahol a tüzelőanyagot (földgázt vagy gázturbina-olajat) elégetik, és a turbina. A gázturbinás erőművek két fő típusa a nyílt és a kombinált ciklusú erőmű.

Hatásfok

Az energiaátalakítási folyamatba bevitt és a kinyert energiamennyiség aránya.

Az átalakítás sohasem 100 %-os, a bevitt energia egy része (az energetikában általában hő formájában) veszteség. A villamos-energia előállítás folyamatának hatásfokát az alkalmazott technológia és az azzal összefüggő termodinamikai törvények határozzák meg.

Hőerőmű

A hőerőművekben a kazánban, (atomerőmű esetében a reaktorban) felszabaduló hőenergiával gőzt fejlesztenek, mely gőzturbinát hajt meg. Ennek mechanikai energiája forgatja a turbógenerátort, mely áramot termel.

Kombinált ciklusú erőmű

Gázturbinás erőmű.

A kombinált ciklusú erőműben a gázturbinából kiáramló forró füstgázt hőhasznosító kazánba vezetik és hőenergiáját felhasználva gőzt termelnek. Az így kapott gőz turbinát hajt meg és villamos áramot termel, de hőszolgáltatásra is hasznosítható. A kombinált ciklusú erőművek hatásfoka kedvezőbb, mint a hagyományos hőerőműveké.

Megújuló energiaforrás

Olyan energiahordozók, melyek felhasználásuk során nem fogynak el. Alkalmazásukkal a környezet nem szennyeződik, és a Föld energiakészlete nem csökken. Napjainkban a legszélesebb körben felhasznált megújuló energiaforrás a vízenergia. A többi megújuló energiaforrást (szél, nap, árapály, geotermikus, biomassa) alternatívnak is nevezik, jelezve, hogy perspektivikusan a hagyományos energiatermelést kiváltó erőforrásokká válhatnak. Az ilyen energiaforrásokkal működő erőműveket nevezzük alternatív erőműveknek.

Nyíltciklusú erőmű

Gázturbinás erőmű.

Ennél az erőműtípusnál a gázturbinából kiáramló forró füstgázt közvetlenül a szabadba vezetik. Az ilyen erőmű rendkívül gyorsan indítható és rugalmasan üzemeltethető, de a tüzelőanyag energiája viszonylag rossz hatásfokkal hasznosul. A magyar energiarendszerben szekunder tartalékként szolgál.

Szivattyús-tározós erőmű

Vízerőmű.

A villamosenergia-rendszer alacsony terhelésű időszakában (pl. éjjel) vizet szivattyúznak fel egy magasan fekvő tározóba, majd azt csúcsidőszakban leengedve áramtermelésre használják. Magyarországon a kedvezőtlen földrajzi viszonyok miatt nincs ilyen erőmű.

Nagyfeszültségű hálózat

Az alaphálózatból és a főelosztó hálózatból álló villamosenergia-szállító rendszer. Feszültség szintje: 400, 220 és 120 kV.

Középfeszültségű hálózat

A villamos-energia ellátásban középfeszültségűnek nevezzük a 10kV-os, 20kV-os és 35 kV-os feszültségű hálózatot.

Kisfeszültségű hálózat

A villamos-energia ellátásban kisfeszültségű hálózatnak nevezzük a 400/230 V-os hálózatot. A háztartási fogyasztók a kisfeszültségű hálózatra csatlakoznak

Angol nyelvű rövidítések és mozaikszavak

bcm billion cubic metres.

b/d barrels per day.

cal calorie.

CCGT combined-cycle gas turbine.

CHP combined production of heat and power; sometimes, when referring to industrial CHP, the term "co-generation" is used.

DH district heating.

DSO distribution system operator.

EIA environmental impact assessment.

GDP gross domestic product.

GEF Global Environmental Facility.

GJ gigajoule, or $1 \text{ joule} \times 10^9$.

GW gigawatt, or $1 \text{ watt} \times 10^9$.

IEA International Energy Agency whose Members are Australia, Austria, Belgium, Canada, Denmark, Finland, France, Germany, Greece, Hungary, Ireland, Italy, Japan, Luxembourg, the Netherlands, New Zealand, Norway, Portugal, Spain, Sweden, Switzerland, Turkey, the United Kingdom, the United States.

IPS/UPS United Power System/Integrated Power System, the integrated electricity transmission grid of the former Soviet Union.

J joule; a joule is the work done when the point of application of a force of one newton is displaced through a distance of one metre in the direction of the force (a newton is defined as the force needed to accelerate a kilogram by one metre per second). In electrical units, it is the energy dissipated by one watt in a second.

kV kilovolt, or one volt $\times 10^3$.

kWh kilowatt-hour, or one kilowatt \times one hour, or one watt \times one hour $\times 10^3$.

LNG liquefied natural gas.

LPG liquefied petroleum gas; refers to propane, butane and their isomers, which are gases at atmospheric pressure and normal temperature.

mcm million cubic metres.

Mt million tonnes.

Mtoe million tonnes of oil equivalent; see toe.

MW megawatt of electricity, or 1 Watt $\times 10^6$.

MWh megawatt-hour = one megawatt \times one hour, or one watt \times one hour $\times 10^6$.

NEA the Nuclear Energy Agency of the OECD.

NO_x nitrogen oxides.

OECD Organisation for Economic Co-operation and Development.

PJ petajoule, or 1 Joule $\times 10^{15}$.

PPP purchasing power parity: the rate of currency conversion that equalises the purchasing power of different currencies, i.e. estimates the differences in price levels between different countries.

R&D research and development, especially in energy technology; may include the demonstration and dissemination phases as well.

TFC total final consumption of energy; the difference between TPES and TFC consists of net energy losses in the production of electricity and synthetic gas, refinery use and other energy sector uses and losses.

toe tonne of oil equivalent, defined as 10^7 kcal.

TPES total primary energy supply.

TW terawatt, or $1 \text{ watt} \times 10^{12}$.

TWh terawatt \times one hour, or one watt \times one hour $\times 10^{12}$.

UCPTE Union pour la coordination de la production et de la transmission de l'énergie électrique.

UN the United Nations.

VAT value-added tax.

VOCs volatile organic compounds.

VVER Vodianoi Vodianoi Energuyeticheski Reaktor, Russian-design PWR.

WANO World Association of Nuclear Operators.

WTO World Trade Organisation.