

## Korszerű ENERGIATERMELÉS 1.



Dr. Pátzay György

1

## Tartalom

1. Bevezetés, alapfogalmak, energiafajták, energiaformák, energiahordozók, energiaforrások, szén, kőolaj, földgáz, gázhidrátok, hasadóanyagok, alternatív energiahordozók, függelék.
2. Az emberiség energia ellátása és annak jövője, nemzetközi és hazai energiasztisztikai adatok, előrejelzések, kételyek és ellenvélemény, melléklet.
3. Magyarország energiasztisztikai adatai, termelés és felhasználás, szén, kőolaj, földgáz, megújulók.
4. Tüzeléstechnika és környezetvédelem. Tüzelőanyagok, tüzeléstechnikai számítások, széntüzelés, olaj- és gáztüzelés füstgáz emissziók, füstgázisztítás, ÜHG, globális hatások.
5. Energiatermelés hőerőművekben, erőmű típusok, exergia, anergia, Carnot és Rankine-Clausius körfolyamatok, hatásfok javítási lehetőségek, kombinált ciklusok, kapcsolt energiatermelés, hűtőgép, hőszivattyú.
6. A víz szerepe az energiatermelésben. Alapfogalmak, vízkezelés, vízelőkészítés, ivó- és szennyvíztisztítás, hűtővíz, kazánvíz, vízüzemek, kazánkö, korrózió, ioncsere, membrános vízkezelés.
7. Megújuló energiák és új típusú energiatermelés. Nap-, szél-, biomassza-, víz-, geotermia- és hulladék-alapú energiatermelés. Hőszivattyúk, tüzelőanyag cellák, hidrogén.
8. Nukleáris energiatermelés. Alapfogalmak, hasadóanyagok és fúziós energiatermelés, üzemanyagciklusok, reaktortípusok. Paksi atomerőmű, reprocessálás, transzmütáció, készletek, radioaktív hulladékok kezelése. Új erőműtípusok és nukleáris technológiák.

Dr. Pátzay György

2

## BEVEZETÉS

**Technika** → állapotváltoztatás

**Technológia** → állapotváltoztatás módszere

**Technikai rendszerek** → ember által létrehozott

Dr. Pátzay György

3

**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(nek) 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.

Dr. Pátzay György

4

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: tömeg mozgása során gravitációs erőterben ekvipotenciális felületen az 1. térrészről 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:

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

$y_i$  - a jellemző intenzív mennyiség  
 $\Delta x_i$  - a jellemző extenzív mennyiség megváltozása

Dr. Pátzay György

5

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 erő fajtát 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.

Dr. Pátzay György

6

### Külső (externális) energia és Belső (internális)energia

Egy rendszer energiája két részből tevődik össze: **külső (externális)** energiából és **belső (internális)** energiából.

A belső energia sokirányú mozgásokat tartalmaz. Például ha egy kavicsot tűzben melegítünk nő az energia tartalma, de részecskéinek mozgása rendezetlen sokirányú, ezért nem fog elmozdulni a helyéről. Ha ezt a kavicsot egy csúzlíából kilöjük megnő az egyirányba mutató külső energiája és elröpül. A repülő kavicsnak így külső energiája és belső energiája is lesz. Néha nagyon nehéz egy tárgy, vagy jelenség külső és belső energiáját különválasztani.

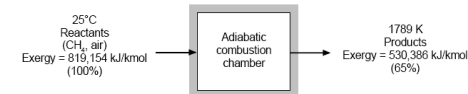
A külső energia két legfontosabb csoportja a **potenciális** és **kinetikus** energia. Ha más energiatípusok egy egyszerű lépésben teljes mértékben átalakíthatók ebbe a két energiaforma valamelyikébe, akkor ezek az energiatípusok szintén a külső energia csoportba sorolhatók. **Tehát, akkor a külső energia vagy egyirányú mozgással jellemezhető, vagy olyan sokirányú mozgással jellemezhető energia, melyet egy egyszerű lépésben teljes mértékben egyirányú mozgással jellemezhető energiaformává lehet átalakítani.** Példa erre a dugattyúval összenyomott gáztérben a dugattyú ismét felemelkedik, ha a nyomóerőt megszüntetjük. A külső energiaforma nagyon értékes, mert elméletileg a külső energia összes formája teljes mértékben, veszteség nélkül, átalakítható egy másik külső energia formába.

Dr. Pátzay György

7

Ezzel szemben a belső energia olyan sokirányú mozgással jellemezhető energiaforma, melyet nem lehet teljes mértékben külső energiaformává átalakítani.

A belső energia összes formájának külső energiává történő átalakítása tehát mindig veszteséggel jár (termodinamika 2. főtétele), az átalakítható részt **rendelkezésre állásnak, vagy exergiának**, a veszteséget pedig **anergiának** nevezhetjük. Például a földgázt adiabatikus égetőben elégetve, belső, kémiai energiájának csak egy része (65%) alakítható át hőenergiává.



A **belső energia** a rendszer mikroszkopikus építőelemeinek a tömegközéppontra vonatkoztatott kinetikus és potenciális energiáinak összegeként adódik.

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

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**

Dr. Pátzay György

8

#### Tipikus külső energiaformák:

- Gravitációs energia
- Mágneses energia
- Elektromos energia
- Mechanikai energia
- Expanziós energia

#### Tipikus belső energiaformák:

- Látens energia (van der Waals)
- Termikus energia (hőenergia)
- Oldat energia (oldási energia)
- Kémiai energia
- Elektron energia
- Sugárzási energia
- Nukleáris energia stb.stb

Mivel az energia minősége (exergia) minősíti az egyes energiaformákat az öt legfontosabb energiaforma rangsorolható. Ha egy A energiaforma B energiaformába könnyebben átalakítható, mint fordítva, akkor A forma magasabb rangú mint B forma.

A konverzió szerinti rangsor:

1. Elektromos energia
2. Mechanikai energia
3. Foton- vagy sugárzási energia
4. Kémiai energia
5. Hőenergia

Dr. Pátzay György

9

Régen külön mértékegység volt a külső energiára (J, w, Nm) és a belső energiára (cal, kcal), de ma ugyanazt az egységet (J) alkalmazzuk.

A **tömeg** értelmezése is fontos. **Abszolút tömegnek (MA)** nevezzük az olyan anyagot, mely a közeghez képest nyugalomban van. **Nyugalmi tömegnek (M0)** azt az anyagot nevezzük, mely a megfigyelőhöz képest nyugalomban van, de a közeghez képest valamelyes sebességgel rendelkezik. **Relativisztikus tömegnek (MR)** azt az anyagot nevezzük, mely a közeghez képest mozog. **Sebességi tömegnek (MV)** nevezzük azt az anyagot, mely a közeghez képest mozgó anyag tömegnövekedését is magában foglalja. Látható, hogy a tömeg arányos az anyagban lévő energiával. Ennek megfelelően ugyanilyen energiaformákat is megkülönböztetünk (EA, E0, ER, EV). Például egy repülő kavics ( $v \ll v_{fény}$ ) sebességi energiája:

$$\begin{aligned} EV &= 0.5 \cdot MA \cdot v^2 \\ MR &= \frac{M0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} \\ MV &= MR \cdot M0 \\ EV &= MV \cdot c^2 \end{aligned}$$

Dr. Pátzay György

10

#### 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 KÉPESSÉGE**.

Az energiának különböző megjelenési formáival találkozunk, de általában 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 rugó, 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 hegylábához képest gravitációs energiával rendelkezik. A magasban fekvő duzzasztó gát mögött lévő víz jó példája a helyzeti, vagy gravitációs energiának.

Dr. Pátzay György

11

**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 vezetőekben 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

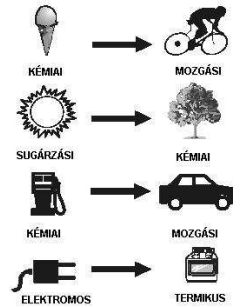
Az energia az anyagban longitudinális hullámokban (sűrűsödés és ritkulás) terjed. Hang keletkezik, ha erő hatására egy anyag vagy tárgy rezgésre kényszerül, a hangenergia az anyagban hullám formájában terjed.

Dr. Pátzay György

12

## 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



Dr. Páztay György

13

## ENERGIA MEGMARADÁS, HATÉKONYSÁG

**Az energia megmaradása** nem jelenti az energiatarékosságot! 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 fel, 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.).

Dr. Páztay György

14

**A megújuló energiaforrások**, rövid időn belül keletkező energiaforrások, így az elhasznált energia viszonylag gyorsan pótlódik. Ilyen megújuló energiaforrások a biomassza, a geotermális energia, a vízenergia, 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

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

Dr. Páztay György

15

Az **elsődleges és másodlagos energiaforrások** megkülönböztetése azon alapszik, hogy milyen állapotváltoztatások szükségesek ahhoz, hogy a természetben talált energiaforrás technikai rendszerek energiái 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, kintelenítés, 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, biomassza, 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 koksz, a cseppfolyósított földgáz, a különböző olajtermékek, a nukleáris fűtőelemek.

**Fosszilis tüzelőanyagok** a földkéregben található szén-, olaj és földgázkincs; 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).

Dr. Páztay György

16

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

**Hasznos energiahordozókkal** elégtjük 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.

Dr. Pátzay György

17

### 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 nemvész 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.



Infravörös "termogram" mutatja egy házaspár testéből kiinduló energia kisugárzást. Minden élettevékenységhez energia szükséges!

Dr. Pátzay György

18

### 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. esztorgálásnál a forgácslevasztáshoz szükséges energia).

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

Dr. Pátzay György

19

### Technikai rendszerek az energetikában

E technikai rendszerek munkatárgya az energia. Funkciójuk, hogy a bemeneti energia(fajta), (azaz a bemeneti energiaáram domináns energiafajtája), 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 energiafajta. Jellemző példák: hőcserélő, villamos transzformátor, mechanikai transzformátor stb.

#### 2. Energiaváltoztató rendszerek

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

#### 3. Energiaszállító rendszerek

Funkciójuk a térbeli energia-transzformáció. Jellemző példák: elektromos távvezetékhalózat, gázvezetékhalózat stb.

#### 4. Energiatároló rendszerek

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

Dr. Pátzay György

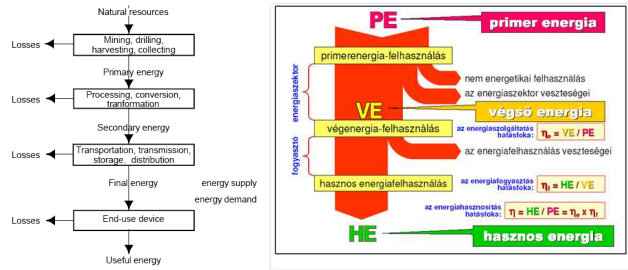
20

### 5. Az energetika állapotartó rendszerei

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

### 6. Az energetika output-tartó rendszerei

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



Dr. Páztay György

21

## Energiahordozók

A Földre jellemző energiák	EJ*
Az emberiség jelenlegi primerenergia-felhasználása egy év alatt	$4 \cdot 10^5$
Az emberiség éves primerenergia-felhasználása egy évszázad múlva	$(3-4) \cdot 10^3$
Az emberiség kumulált primerenergia-felhasználása napjainkig	$2,5 \cdot 10^4$
A Földet érő napsugárzás egy év alatt	$5,6 \cdot 10^6$
Feltételezhető ásványi tüzelőanyag-vagyon	$3 \cdot 10^5$
Hasadóanyag vagyon mai technológiával	$2,1 \cdot 10^6$
Jelenlegi technikával kiaknázható évenkénti megújuló energia	$(5-10) \cdot 10^3$
A biológiai élet évenkénti energiaigénye a Földön	$(3-4) \cdot 10^3$
Az emberiség egy évi táplálékának energiaértéke	0,15
A Föld hőtartalma	$10^{13}$
A Föld tömegének energia-egyenértéke	$5,3 \cdot 10^{28}$
A tengely körüli forgás kinetikus energiája	$2,6 \cdot 10^{11}$
A Nap körüli keringés kinetikus energiája	$2,7 \cdot 10^{13}$
Mozgás a Naprendszerrel a Herkules csillagkép felé	$1 \cdot 10^{15}$
Keringés energiája a Tejútrendszer középpontja körül	$1,5 \cdot 10^{17}$

\*  $1 \text{ EJ} = 10^{18} \text{ joule} (= 0,27 \text{ PWh})$

toe [1 toe=42 GJ] vagy PJ [ $10^{15}$  J].  
Mértékegységek közötti átváltás! (1 kWh=3,6 · 10<sup>6</sup> J)

Dr. Páztay György

22

A föld energia-forrása a nap,  $11,4 \cdot 10^{33}$  J/év energiát sugároz, melynek  $2,10 \cdot 10^{-9}$ -ed része,  $5,7 \cdot 10^{24}$  J/év jut a földre:

- $3,3 \cdot 10^{24}$  J/év a légrétegben elnyelődik,
- $2,4 \cdot 10^{24}$  J/év jut a földfelszínre.

A napsugárzás energiája

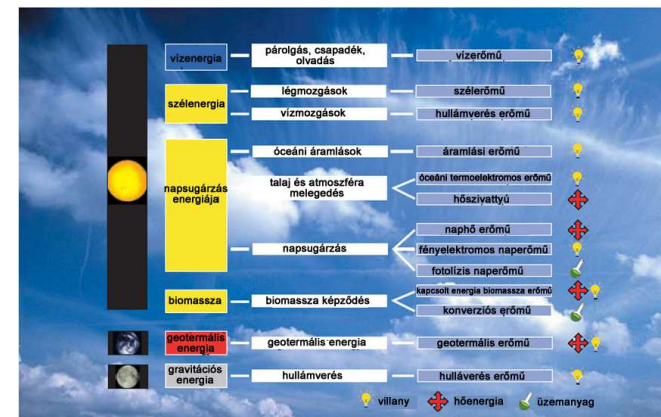
- hő, helyzeti, mozgási és kémiai kötött energiává ( $5,85 \cdot 10^{20}$  J/év) alakul. [0,00024-ed része] kötődik meg a növényzetben

#### Teljesítmény- és energiasűrűségek

Energiaforrás	Teljesítménysűrűség, kW/m <sup>2</sup>	Energiasűrűség, MJ/kg
Napsugárzás átlag Európában	0,16	
Szél, 10 m/s	0,6	
5 m/s	0,07	
Geotermikus hőáram	$5 \cdot 10^{-3}$	
hőhordozó, termálvíz		0,2
gőz		3,8
Gőzkazán fűtőfelülete	$10^3-10^4$	
Víz, 10 m esésmagasság		$1 \cdot 10^{-4}$
100 m esésmagasság		$1 \cdot 10^{-3}$
Szén, egyezményes fűtőérték		29,3
Olajtermék, egyezményes fűtőérték		42,0
Földgáz, átlagérték		36
Tűzifa, átlagérték		12
235-es U izotóp		$8 \cdot 10^7$
Természetes uránérc, mai technikával		$5 \cdot 10^6$
Pázió (D, T)		$4 \cdot 10^8$

Dr. Páztay György

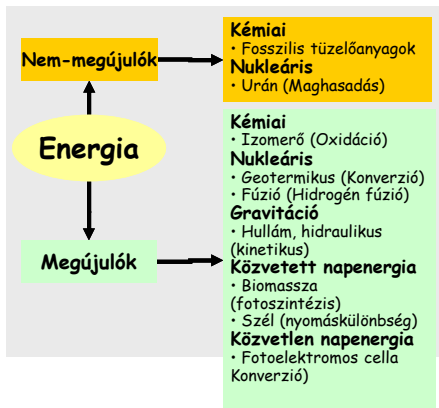
23



Dr. Páztay György

24

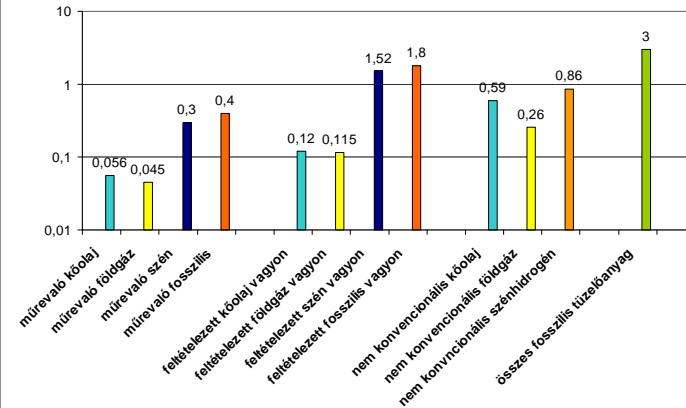
# Energiaforrások



Dr. Pátzay György

25

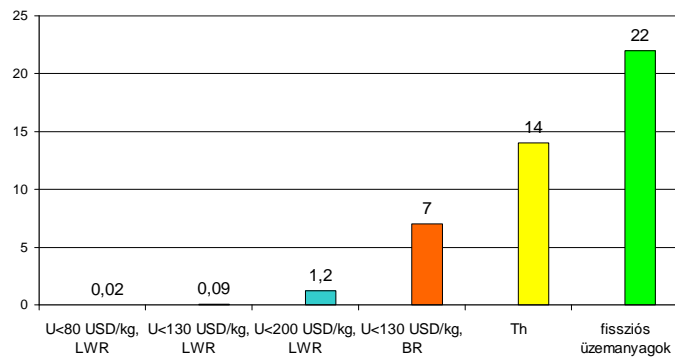
**A világ ellátottsága fosszilis ásványi energiahordozókból**  
(a XXI. századunk alatt becsült fogyasztás~ $1 \cdot 10^{23}$  J viszonzásmai)



Dr. Pátzay György

26

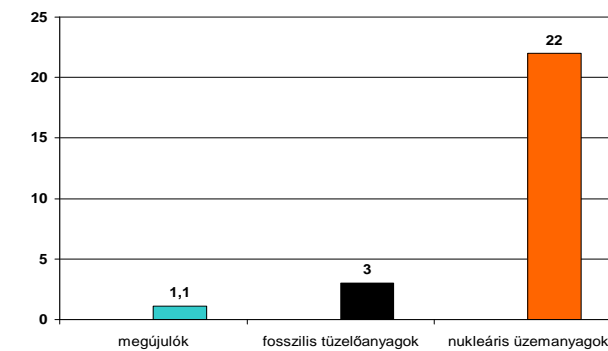
**A világ ellátottsága hasadóanyag ásványi energiahordozókból**  
(a XXI. századunk alatt becsült fogyasztás~ $1 \cdot 10^{23}$  J viszonzásmai)



Dr. Pátzay György

27

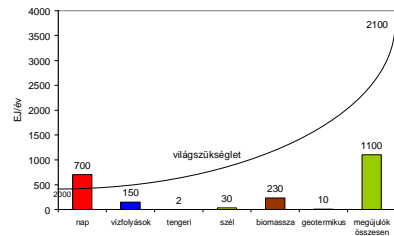
**A világ eredő ellátottsága hasadóanyag és ásványi energiahordozókból**  
(a XXI. századunk alatt becsült fogyasztás~ $1 \cdot 10^{23}$  J viszonzásmai)



Dr. Pátzay György

28

## Megújuló energiák mint potenciális éves energiaforrások



Energiafajta	Elméleti határ	Energiaérték, $10^{21}$ J
Napsugárzás szárazföldön	22 TW	0,7
Szárazföldi vízfolyások	5 TW	0,15
Tengeri energiák	2 EJ/a	0,002
Szélenergia	1 TW	0,03
Biomassza	230 EJ/a	0,23
Geotermikus energia	5-10 EJ/a	0,005-0,01
Összesen		1,117-1,122

Dr. Pátzay György

29

## ENERGIAHORDOZÓK - Ásványi energiahordozók

Primer energiahordozók = tüzelőanyagok: az anyagokban, köztött kémiai és nukleáris energia.

Tüzelőanyagok:

- szén (C),
- szénhidrogének (CH): kőolaj és földgáz,
- nukleáris (A): urán, (tórium).

Tüzelőanyagok termelése = bányászat, mely a művelt terület elhelyezkedése szerint

- külszíni,
- mélyművelés.

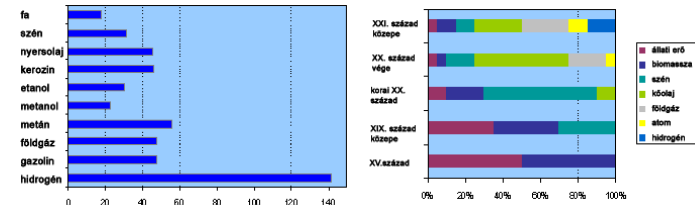
Kitermelésnél keverék = tüzelőanyag(ok) + egyéb anyagok, ezért szükséges a feldolgozásuk szekunder energiahordozó előállítására.

Dr. Pátzay György

31

Régió	Lakosság		Tüzelőanyag-felhasználás		Fajlagos érték
	millió fő	%	EJ	%	GJ/fő
Nyugat-Európa	439	8,0	59,9	18,1	136
FÁK és Kelet-Közép-Európa	348	6,4	64,2	19,4	184
Észak-Amerika	283	5,2	92,0	27,8	325
Ausztrália és Óceánia	21	0,4	4,3	1,3	205
Közép-Kelet	139	2,5	10,6	3,2	76
Közép- és Dél-Amerika	457	8,4	16,2	4,9	35
Ázsia	3094	56,6	74,5	22,5	24
Afrika	682	12,5	9,3	2,8	13
A világ összesen	5463	100	331	100	60

## Energiaérték (MJ/kg)



Dr. Pátzay György

30

## Szén

A szén különbözősége a képződésében van.

Alapja a növények anyaga: cellulóz, hemicellulóz, pektinek, gyanták, zsírok, viaszok, fehérjék, melyek oxigén hiányában szénülnek (lignin).

A képződésük két szakaszból áll:

- **tőzegesedés:** szerves anyagok lerakódása és elsődleges átalakulása a föld felszínén,
- **szénülés:** a szerves anyagok másodlagos átalakulása a földkéregben.

A szén minősége időfüggő:

- **tőzeg** (lignit) vagy lágy barnaköszén (viszonylagos összetétel:  $C_{60}H_{70}O_{25}$ ; idő 1 millió év),
- **fényes barnaköszén** ( $C_{60}H_{50}O_{10}$ ; idő 60 millió év),
- **fekete kőszén** ( $C_{60}H_{45}O_5$ ; idő 250 millió év),
- **antracit** ( $C_{60}H_{15}O_1$ ; idő 400 millió év).

Készletek (reménybeli, valószínű, biztos (művelelő))

- **kőszén készlet:**  $67,7 \cdot 10^{15}$  kWh =  $243 \cdot 10^{21}$  J = 5,8.1012 toe
- **kőszén termelés (1988):**  $3,5 \cdot 10^9$  toe. 2000-ig a készlet 2 %-át használták el [ENSZ].
- **Valószínű barnaköszén készlet:**  $6,8 \cdot 10^{15}$  kWh =  $24,5 \cdot 10^{21}$  J = 0,58.10<sup>12</sup> toe. *Legalább 200 évre elegendő!*



Dr. Pátzay György

32



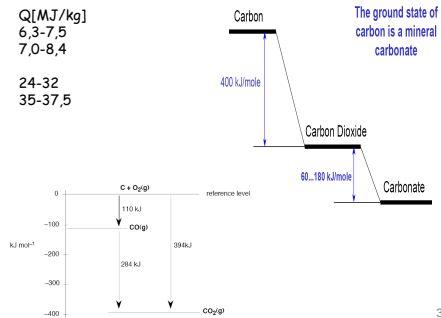
## Szén

A növényi anyagok széné 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, feketeszén** 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	
feketeszén	80-93	24-32
antracit	93-98	35-37,5



Dr. Pátzay György

33

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 elégnék és eltávoznak, az éghetetlen szilárd anyag a **hamu** visszamarad. A magyarországi szenek leggyakoribb hamualkotói: a kovasav ( $\text{SiO}_2$ ), az alumíniumoxid ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), a vasoxid ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), a foszforpentoxid ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) és a kalciumoxid ( $\text{CaO}$ ). A szén tüzeléstechnikai értéke annál nagyobb, minél kisebb a nedvesség- és hamutartalma.

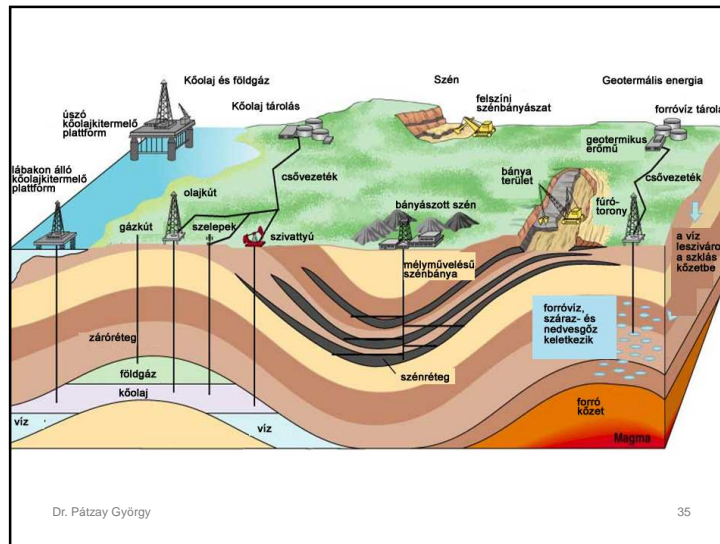
A szén **durva nedvességtartalma** a hőtől vagy a mosóműből kerül a szénbe, a **higroszkopikus nedvességtartalmat** pedig a szénfelület adszorbeálja, s a szénben lévő kapillárisok tárolják.

A szénben háromféle hamu van.

- a/ **Primer hamu**: olyan ásványi anyag, mely még szén őseit 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.

Dr. Pátzay György

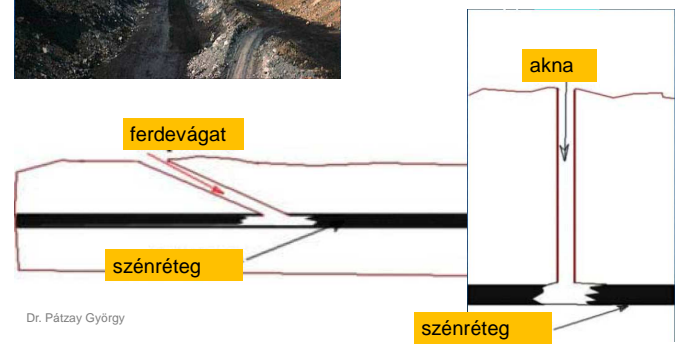
34



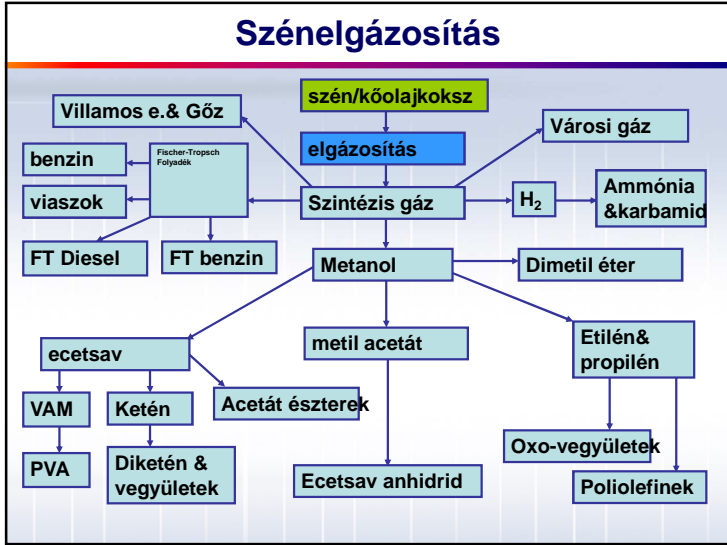
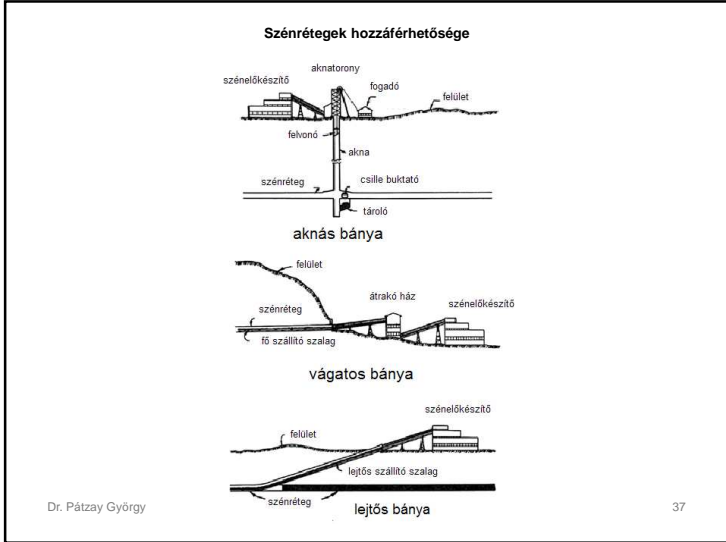
Dr. Pátzay György

35

## Szénkitermelés



Dr. Pátzay György



# Szénhidrogének

## Kőolaj

A kőolaj szerves, főleg állati eredetű maradványok átalakulási terméke. A tengerben elhalt élőlények szerves anyaga rosszul szellőző tengerrészek iszapjában rothadó iszapot ún. *szapropéht* 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:

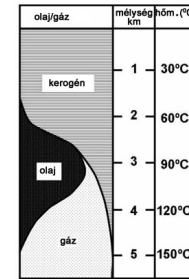
- nyílt szénláncú (alifás) alkánok vagy más néven paraffinok, amelyek lehetnek akár egyenes-, akár elágazó láncúak (normál- ill. izo-paraffinok)
- cikloalkánok, vagyis telített gyűrűs szénhidrogének, amelyeket cikloparaffinoknak, ill. a kőolajkémiában nafténeknek szoktak nevezni,
- aromás szénhidrogének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

Dr. Pátzay György

41

# Szénhidrogének képződése

A feketeiszap lesüllyed és **melegszik**.



← A szervesanyag először magasabb hőfokon kerogénné alakul, mely szilárd szénhidrogén

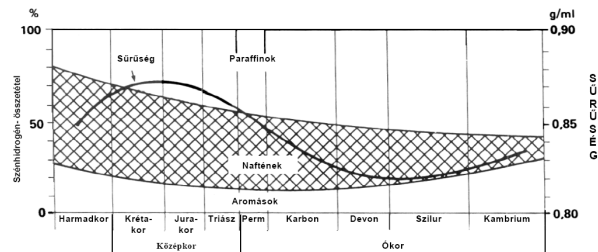
← 90°C környékén folyékony lesz (olaj)

← 150°C környékén gázállapotba kerül

Dr. Pátzay György

42

A kőolajokban *olefin szénhidrogének*, vagyis kettős kötést tartalmazó, nyílt láncú telítetlen szénhidrogének *gyakorlatilag nem találhatóak* acetilén szénhidrogének, vagyis hármass 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 lelőhely geológiai kora

A kőolaj szénhidrogén-összetételének és sűrűségének változása a geológiai koral.

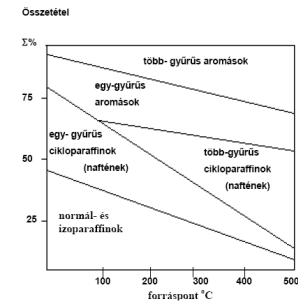
Dr. Pátzay György

43

### Kőolajok szénhidrogén-csoport összetétele %

- Paraffin 20-60 % (geológiai koral nő)
- Naftén 50-25 % (geológiai koral csökken)
- Aromás 30-15 % (minimum a „közepes” geológiai koral)

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.



A heteroatomos vegyületek közül első-sorban a kén- és a nitrogéntartalmú vegyületek érdekesek, mégpedig negatív értelemben, mivel *egyrész*t 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<sub>2</sub>S és NH<sub>3</sub> formájában történik.

Dr. Pátzay György

44

A nehézfém-tartalom szintén negatív hatású jellemző, mert a nehézfémek (a kén-tartalommal 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

	Lelelőhely				
	Kuvait	Libia	Venezuela Tia Juana	Északi-tenger Forties-mező	Alaska 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
Viszkózitás 38 °C-on (mm <sup>2</sup> /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
<b>Hozameleltetés, v/v%</b>					
$C_{12}$ és könnyebb	2,52	2,3	0,70	4,00	0
Benzinfrakció, $C_{12}$ -150 °C	18,65	17,3	13,70	18,75	11,8
Középsésztilátum, 150-370 °C	35,15	37,4	32,65	39,60	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	
Vákuummaradvány, > 525 °C	25,90	21,1	29,55	15,60	49,8

Dr. Pátzay György

45

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:

Jellemzők	alföldi	orosz
Sűrűség 15 °C-on (kg/m <sup>3</sup> )	803	864
Kéntartalom tömeg%	0,18	1,36
Viszkózitás 20 °C-on (mm <sup>2</sup> /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
Nikkel-tartalom mg/kg	1,4	12
Hozameleltetés % v/v		
Kezdőforrásponttól 65 °C-ig	3,3	4,1
Benzin 65-180 °C	33,3	19,3
Parafin 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

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 a 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.

Dr. Pátzay György

#### Világ készletek

- Valószínű kőolaj készlet:  $6,04 \cdot 10^{15}$  kWh =  $21,7 \cdot 10^{21}$  J =  $0,52 \cdot 10^{12}$  toe.
- Biztos kőolaj készlet:  $1,92 \cdot 10^{15}$  kWh =  $6,9 \cdot 10^{21}$  J =  $0,16 \cdot 10^{12}$  toe.

Felhasználás (1988):  $5 \cdot 10^9$  t/év.

További olajpala és olajhomok telepek, melyek nagysága a kőolajkészlet sokszorososa (biztató távlati elképzelések, ipari demonstrációs üzemek, de technológiaváltás!).

Változatlan felhasználás mellett 40-60 év, olajpala, homokkal együtt 100 év.

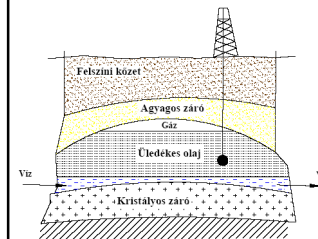


Dr. Pátzay György

47

#### Elsődleges kitermelés (15-33%)

A gáznyomás hatására



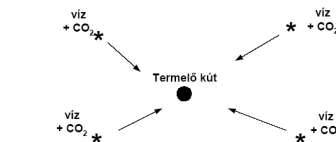
#### Harmadlagos kitermelés (+20%)

Gőz lesajtolása

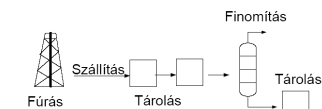
**Összesen ~33+20+20 ~max 73%!!**

#### Másodlagos kitermelés (+20%)

Besajtolt víz (gáz) hatására



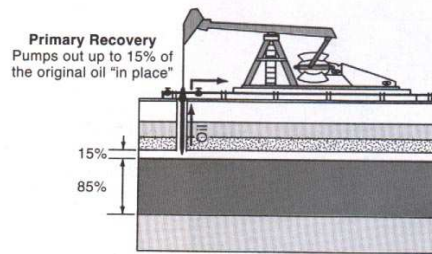
#### Kőolajfeldolgozás



Dr. Pátzay György

48

## Elsődleges kitermelés-Primary Recovery



Az olaj 1/5-e, 1/3-a termelhető ki.

Lassabb szivattyúzás=több kinyert olaj.

Miért?

Az olajmező szerkezete (gáz-olaj-víz) magyarázza.

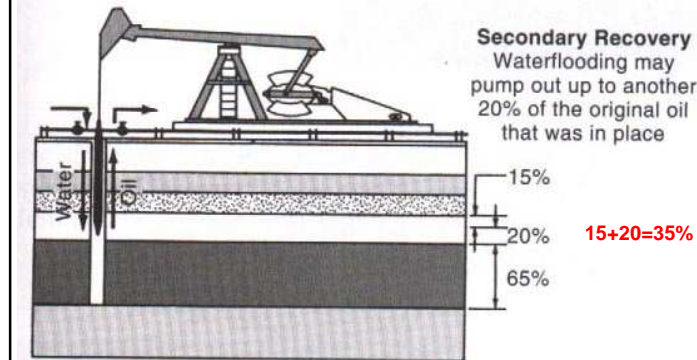
~15%

Dr. Pátzay György

49

## Másodlagos kitermelés-Secondary Recovery

Két módszer: víz és gáz besajtolás



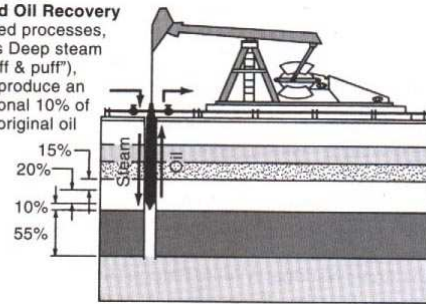
Dr. Pátzay György

50

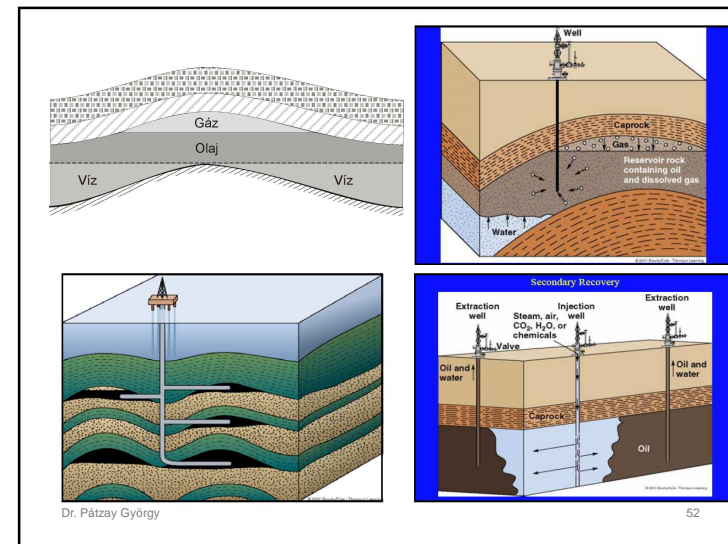
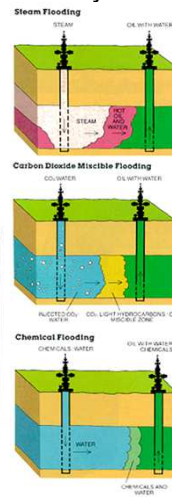
## Harmadlagos kitermelés-Tertiary Recovery

Elsődleges és másodlagos kitermeléssel az olaj maximum 50%-a nyerhető ki. Harmadlagos kitermelés, mélységi gőz, CO<sub>2</sub>, polimer lesajtolás.

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



Dr. Pátzay György



### A világ olajmezőinek megoszlása méret szerint

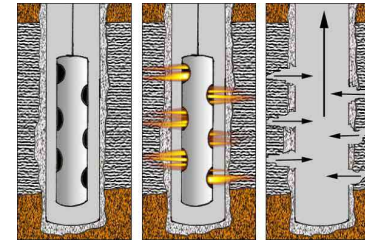
Table. Distribution of World Oil Fields by Size			
EUR (million barrels)	Size	United States	World Total
50,000+	Megagiant	None	2
5,000 - 50,000	Supergiant	2	40
500 - 5,000	Giant	46	328
100 - 500	Major	240	961
50 - 100	Large	327	895
25 - 50	Medium	356	1,109
10 - 25	Small	761	2,128
1 - 10	Very small	4,599	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](http://www.wri.org/climate/jm_oil_006.html))

Dr. Pátzay György

53

### Kőolajtermelő kút kialakítása

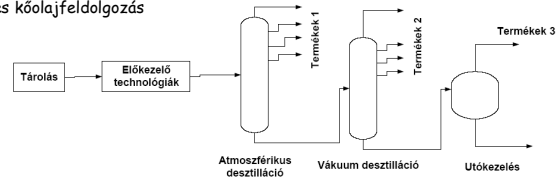


Fúrás után cementhabarcsot szivattyúznak a termelési rétegbe és hagyják megszilárdulni. A szilárdulás után a cementezett zónát perforálják

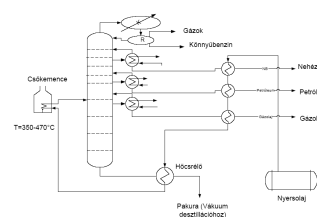
Dr. Pátzay György

54

### Teljes kőolajfeldolgozás

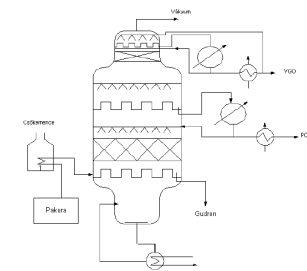


### Atmoszférikus desztilláció



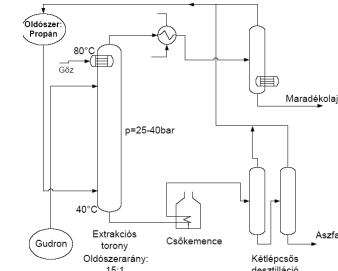
Dr. Pátzay György

55



### Vákuum desztilláció

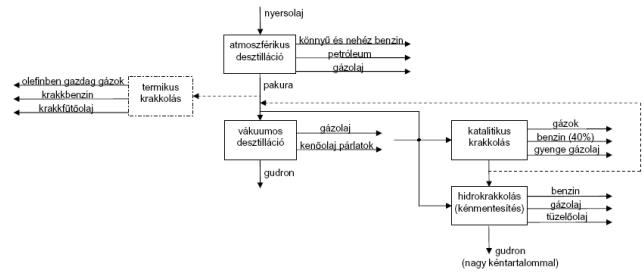
Dr. Pátzay György



### Utókezelő technológia

56

## A kőolajfeldolgozás és finomítás lépései



Dr. Pátzay György

57

## A KŐOLAJFINOMÍTÁS FŐBB TECHNOLÓGIÁI ÉS TERMÉKEI

### SÓTALANÍTÁS

A kőolaj különböző mennyiségű szervesen szennyezőt tartalmaz, nevezetesen vízoldható sókat, homokot, rozsdadarabkákat és egyéb szilárd anyagokat, amelyeket együttesen **üledékek** nevezünk. Ezek a szennyezők, különösen a sók lerakódásokhoz és korrózióhoz vezetnek a hőcserélőkben és a desztillálórendszerekben. A sók a kőolaj-feldolgozás későbbi fázisaiban használt katalizátorok egy részének aktivitását is csökkentik, és a nátriumsók a kokszosodási hajlamosítást is növelik, pl. csökkentésként. Ezért a sótalánítást mindjárt a kőolajfeldolgozás legelején, a desztilláció előtt alkalmazzák. A kőolaj kémiaiag kötött vanádium- és nikkeltartalmát a sótalánítással nem lehet eltávolítani.

A sótalánítás 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 sótalánításban használt mosóvíz nagy része nem friss víz, hanem már használt technológiai víz. A sótalánított kőolaj víztartalmát igyekeznek 0,3 % alá, üledéktartalmát pedig 0,015 % alá szorítani.

A sótalánító eljárás lényege az, hogy a 115-150 °C-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/m<sup>3</sup> sótartalom. 20 g/m<sup>3</sup>-nél nagyobb sótartalomnál mindenképpen alkalmazni kell sótalánítást, sőt, ha a sótartalom 40 g/m<sup>3</sup>-nél nagyobb, akkor kétfokozatú sótalánítóra van szükség.

Az első fokozat hatásfoka kb. 90 %, a másodikkal ez 99 %-ra javítható.

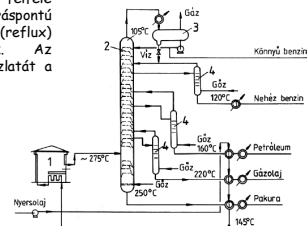
Dr. Pátzay György

58

## 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 forrásponttárhú részének elpárolgatásából és kondenzáltságából áll. Ennek során a különböző forráspontú komponensekből, szénhidrogénekből álló kőolajat több frakcióra (azaz párlatokra: meghatározott forráspont-tartományú 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.

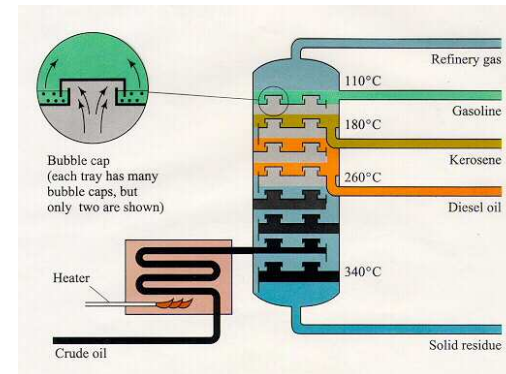


Atmoszférikus kőolajdesztilláció folyamatábrája

1- csőkemence, 2- frakcionáló torony, 3- refluxtartály, 4- kigőzölő torony

Dr. Pátzay György

59



Dr. Pátzay György

60

Az oldalmegcsapolásokon elvett frakciók kezdő forráspontja mindig kisebb az előírt értéknél. Ezért az oldalmegcsapolásoknak a legkisebb forráspontú - főleg a folyadékban oldott gáz alakjában jelenlévő - komponenseit kigőzölő oszlopokban közvetlenül (sztrippeléssel, vízgőzös kihajtással) vagy közvetett úton eltávolítják, és visszavezetik a desztillációs oszlopba. A csökemencés desztilláció folyamatos üzemben működik. A csökemencés desztilláció vezérlő paraméterei: a folyamatos betáplálás egyenletességének a biztosítása, a csökemence 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 üzem technológiai egységének. A csökemence kilépő hőmérsékletének az emelésével párhuzamosan a párlathozam nő, és nő a maradványfűtőolaj viszkozitása. A toronycsúcs hőmérsékletének a megszabásával a fejtermék minőségét is lehet szabályozni. Általában az atmoszférikus desztillációk során a csökemence 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 csökemencében nem párolg el, az elgőzöltető térből a desztilláló kolonna alsó részébe jut. Ebből az oldott állapotban lévő 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.

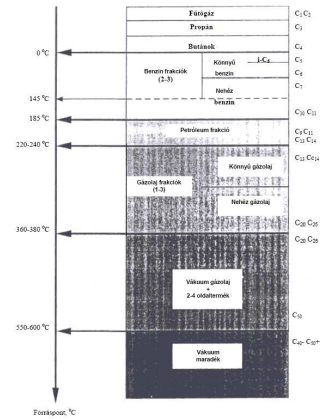
Dr. Pátzay György

61

## 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 oldalmegcsapolások 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.



Dr. Pátzay György

62

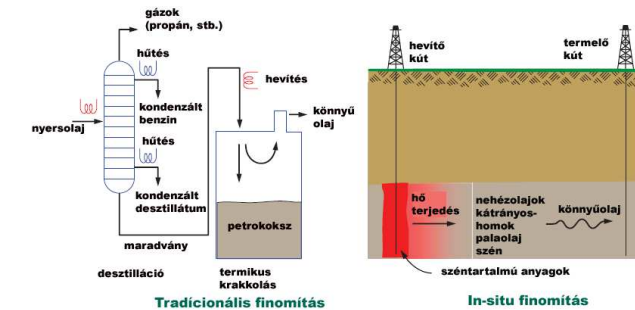
## Hydrocarbon fractions from petroleum

Fraction	Size Range of Molecules	Boiling Point Range (°C)	Uses
Gas	C <sub>1</sub> -C <sub>4</sub>	0 to 30	Gas fuels
Straight-run gasoline	C <sub>5</sub> -C <sub>12</sub>	30 to 200	Motor fuel
Kerosene	C <sub>12</sub> -C <sub>16</sub>	180 to 300	Jet fuel, diesel oil
Gas-oil	C <sub>16</sub> -C <sub>18</sub>	Over 300	Diesel fuel, cracking stock
Lubricating stock	C <sub>18</sub> -C <sub>20</sub>	Over 350	Lubricating oil, cracking stock
Paraffin wax	C <sub>20</sub> -C <sub>40</sub>	Low-melting solids	Candles, wax paper
Asphalt	Above C <sub>40</sub>	Gummy residues	Road asphalt, roofing tar

Harcourt Brace & Company Items and derived items copyright ©1998 by Harcourt Brace & Company  
MR11T01.PIC

Dr. Pátzay György

63



Dr. Pátzay György

64



## 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 előállítás. 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
Petroléum	180 – 270	10 – 15
Gázolaj	193 – 343	15 – 45
Fűtőolaj	> 343	> 40

Dr. Pátzay György

65

## A motorbenzinek főbb minőségi követelményei

A motorbenzinekkel szemben támasztott főbb minőségi követelmények - figyelembe véve az Otto-motorok működési elvét, energiaátalakítási folyamatát, hatásfokát, égéstermékait és a felhasználók által elvárt teljesítményt, továbbá a környezetvédelmi és humánbiológiai előírásokat - a következők:  
 - nagy kompressziótűrés (nagy kísérleti- és motoroktánszám),  
 - kis szenzibilizáció (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 illékonyaság (gőznyomás, desztillációs görbe), forráspont kb. 20-200 °C  
 - élőlényekre és természetire ártalmatlan égéstermék képződése felhasználáskor.

### Benzin

#### • Típusai

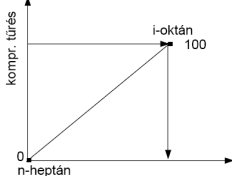
Motorbenzin  
 könnyűbenzin: fp: 30 - 150 °C;  
 nehézbenzin: fp: 150 - 200 °C  
 Speciálbenzin

#### • 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.

Dr. Pátzay György

66



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)!

- szenzibilizáció: 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.

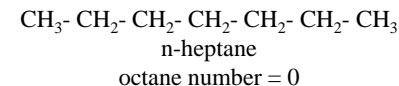
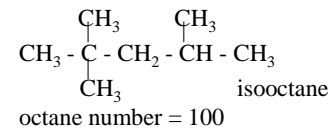
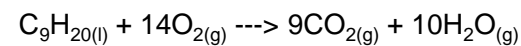
### Sugárhajtómű üzemanyag (jet-üzemanyag, kerozin) főbb minőségi követelményei

- megfelelő forráspont tartomány (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)

Dr. Pátzay György

67

## Internal Combustion Engine



Dr. Pátzay György

68

### 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/m<sup>3</sup>),
- viszonylag alacsony végforráspont (280-360 °C),
- jó folyási tulajdonságok kis hőmérsékleten (éghajlatnak megfelelő hidegszűrhetőség határhőmérséklet, azaz CFPP, dermedéspont, viszkozitás (éghajlattól függően +5o-tól -35°C-ig),
- jó tárolási stabilitás,
- optimalizált adalékolás (pl. detergens-diszpergens hatás, habzsgátlás, 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 vizsgálmotorban vele azonos égési tulajdonságokat mutató n-cetánból és a-metil-naftalinnal készült elegyben lévő cetántartalom v/v%-ban kifejezett számértékével. Újabbban az a-metil-naftalin helyett a 15-ös számszámú 2,2,4,4,6,8,8-heptametil-nonán használják a normál hexadékan mellett az összehasonlítható 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.

Dr. Pátzay György

69

### Kenőolaj

Vákuumdesztillációs párlat. C25, C50 könnyű és közép kenőolajpárlat.

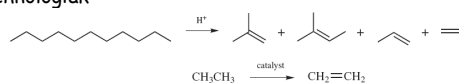
- Jellemzők:
  - ✓ Lobbanáspont >55°C,
  - ✓ fp: ~400°C,
  - ✓ viszkozitás,
  - ✓ dermedéspont,
  - ✓ koksizálási hajlam,
  - ✓ párolgási hajlam.
- Összetétele:
  - Elősorban i-paraffinok, cikloparaffinok és naftének. Heteroatomos molekulák közül N, S, O tartalmúak mind alifás mind aromás formában.
- Főbb típusai:
  - Fehérolajok (tisztá i-paraffinok): Rendkívül drágák, az élelmiszeripar és a kozmetikaiipar használja.
  - Transzformátorolajok.
  - Valódi kenőolajok (hajtómű- és motorolajok).
  - Kenőzsírok.

Dr. Pátzay György

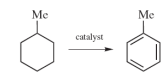
70

### Kőolaj feldolgozó technológiák

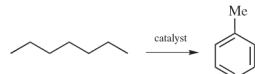
#### Krakkolás



#### Dehidrogénezés (reformálás)

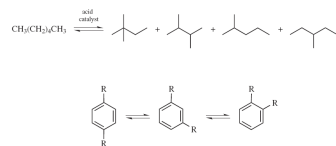


#### Dehidro-ciklizálás



#### Izomerizálás

#### (alkánok és alkil-aromások)

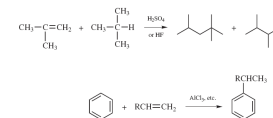


Dr. Pátzay György

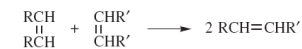
71

### Alkilezés

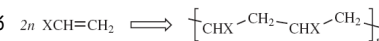
#### (alkének alkánokkal)



### Metatézis



### Oligomerizáció és polimerizáció

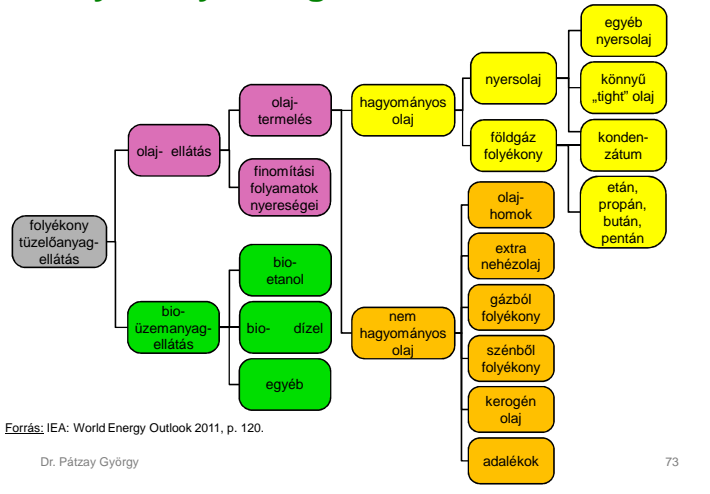


Oktánszám javítók: tercier-butil-metil-éter (MBTE) és tercier-butil-etil-éter (ETBE).

Dr. Pátzay György

72

## A folyékony energiahordozók felosztása



73

## Olajhomok és olajpala

### Olajhomok (kátrányhomok) (Oil sand (tar sand))

Nehézolaj-homok-víz keveréke. Hidrogénszegény, hosszúszenlácú szénhidrogénekből, homokból, vízből álló felszáród anyag. API sűrűsége < 10. Bányásszák (Syncrude). A világ olajhomok készletének ~81%-a Kanadában van.

Az olaj kinyerése a homok nyíltszíni fejtésével (20%) és ezután az olajkinyeréssel, vagy in-situ olajkinyeréssel (80%) történik.

2 tonna olajhomokból 1 barrel (1/8 tonna) olaj nyerhető. Ezután vagy nyersolajjal keverik, vagy hidrogénezéssel finomítják.

Felszíni bányászata során aprítják és a bitumenes részt elválasztják a vizes és homokos fázistól, sok vizet igénylő flotálással. Kanada, Venezuela, USA

In-situ bányászata (70-80m mélység) 4 eljárással végzik:

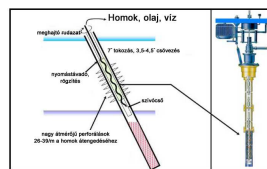
- CHOPS
- SAGD
- CSS
- THAI-TM



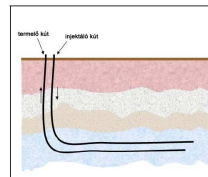
Dr. Pátzay György

74

1. **CHOPS** eljárás. A kitermelő kutakban nem szűrik ki a homokot és a bitumént a vízzel és a homokkal együtt szivattyúzzák. Extra-nehez olajok kitermelésénél alkalmazzák.
2. **SAGD** eljárás. Két vízszintes kút alkalmaz, az alsó kútba gőzt sajtolnak és a felső kúttal szivattyúzzák ki a felmelegedett bitumént. A kondenzátumokat könnyű nyersolajjal, vagy földgázzal kötik meg.
3. **CSS** eljárás. Vagy egy vízszintes vagy egy függőleges kút alkalmaz a gőz besajtolására és 2-3 hét után szivattyúzzák ki ugyanezen a kúton a fluidizált bitumént.
4. **THAI-TM** eljárás. Egy égetéses eljárás, mely során levegő besajtoló függőleges kúttal a bitumén egy részét helyben elégetik, majd a felmelegedett fluidizált bitumént ez vízszintes termelőkúton keresztül kerül a felszínre.



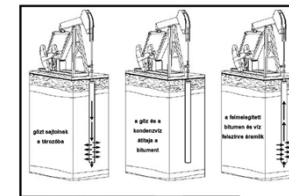
CHOPS



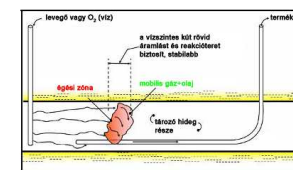
SAGD

Dr. Pátzay György

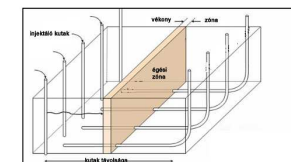
75



CSS



THAI-TM

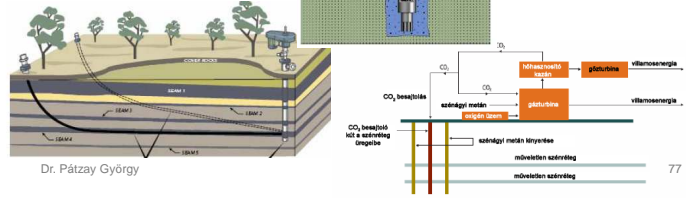
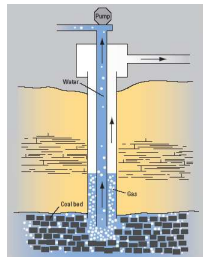
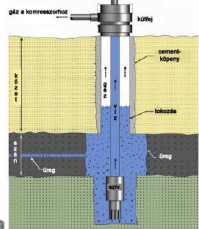


Dr. Pátzay György

76

## Szénrétegi metángáz (Coalbed methane, CBM) (USA, Kína, Oroszország stb.)

A szénrétegek között lévő metángáz (sújtólég) kitermelhető. Igen jelentős készletek vannak. Vizzel enyített termelik ki.



Dr. Pátzay György

- Bitumen
- Kerogén

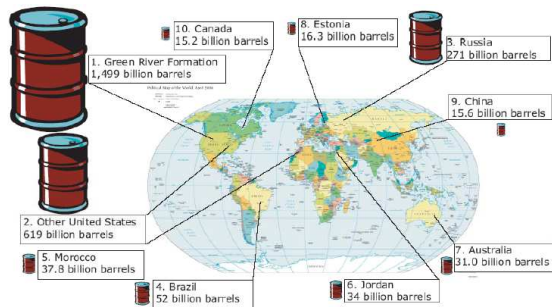
## •Olajpala (Oil Shales)

- Szilárd, kerogén tartalmú karbonátgazdag kőzet
- Víz hozzáadásával hevítve nehézőlajat ad le
- A keletkezett hulladék térfogata nagyobb mint a kőzeté
- Feldolgozás során CO<sub>2</sub> és szénhidrogének kerülnek a légkörbe
- Készletek: USA, Kanada, Oroszország, Brazília



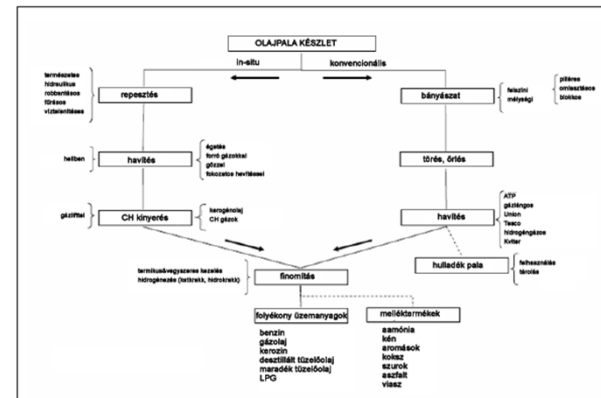
Dr. Pátzay György

## Olajpala készletek



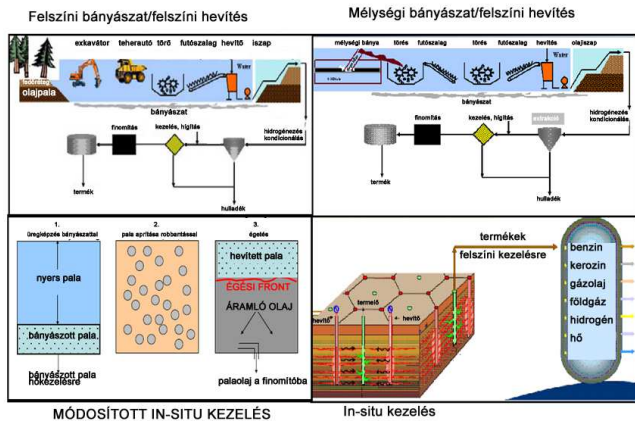
Dr. Pátzay György

## Olajpala feldolgozása



Dr. Pátzay György

## Olajpala kezelése



Dr. Pátzay György

81

## Nehézolajok olajpalából és kátrányhomokból

### ELŐNYÖK

mérsékelt költségek (kátrányhomok) nagy készletek (Kanada)

jól szállítható (nagy távolságra is)

hatékonyan készíthető

kész technológia (kátrányhomok)



### HÁTRÁNYOK

drága (olajpala) kis nettó energiasűrűség környezeti védelmi költségek nem ismertek

sok víz kell a kitermeléshez komoly tájrombolással jár

komoly vízszennyezéssel jár kitermelés és égetés során CO<sub>2</sub> emisszió

Dr. Pátzay György

82

## OLAJPALA ÉS OLAJHOMOK ÖSSZEHASONLÍTÁSA

- Az olajpala sűrűsége területi nagyobb, adott területről mintegy 10x annyi olaj termelhető ki.
- Az olajpala környezeti „lábnyoma” kisebb.
- Az olajpalából nyerhető kerogén hidrogén és nitrogén tartalma magasabb mint az olajhomokból nyerhető bituméné és így értékesebb.
- Az olajpala bányászata során kevesebb takaróréteget kell megmozgatni.
- Az olajpala kitermelésének energiaigénye valamelyest kisebb, mint az olajhomoké.

Dr. Pátzay György

83

## FÖLDGÁZ

A természetben található gáznemű tüzelőanyag a földgáz, melynek keletkezése a kőolajal 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 C<sub>2</sub>-C<sub>6</sub> - szénhidrogént tartalmaz, „száraz” földgáznak is nevezik. Az olajjal együtt feltörő földgázok rendszerint ún. „nedves” földgázok, ezek számottevő mennyiségben tartalmaznak C<sub>2</sub>-C<sub>6</sub> 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 CH<sub>4</sub> 26-99%, C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> 0,1-9,5%, C<sub>n</sub>H<sub>2n+2</sub> <16%, N<sub>2</sub> <38%, N<sub>2</sub>S <15%. Érdekeségként említenék meg, hogy a széndioxid tartalom még szélsőségesebb értékek között változhat, 0 %-tól akár a 75 %-ot meghaladó értékig (pl. Magyarországon Mithlyi és Répcelak környékén).

Dr. Pátzay György

84

A szilárd és cseppfolyós alap- és tüzelőanyagokkal szemben a gáznemű forrásoknak több olyan előnyös tulajdonságuk is van, ami elterjedésüket és széles körű ipari alkalmazásukat indokoltá 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 tüzelőszervezetek kezelése igen egyszerű.

Egyéb földgázösszetevők:

- Kén-hidrogén, melyet elemi kén előállítására is felhasználnak.
- Szén-dioxid: Vannak olyan földgázok, melyek alig tartalmaznak szén-dioxidon kívül egyebet. 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 válik ki, és arra is megvan a lehetőség, hogy a szénhidrogének szilárd és voluminózus hidrátjait (pl.  $CH_4 \cdot 7H_2O$ ,  $C_2H_6 \cdot 8H_2O$  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/m<sup>3</sup>.

Dr. Páztay György

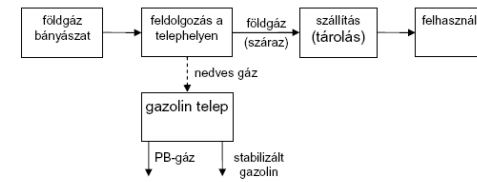
85

Világ készletek (Kevesebb a kőolajénál): valószínű:  $3,04 \cdot 10^{15}$  kWh= $10,9 \cdot 10^{21}$  J= $0,26 \cdot 10^{12}$  toe.

Biztos készlet:  $1,25 \cdot 10^{15}$  kWh= $4,5 \cdot 10^{21}$  J= $0,11 \cdot 10^{12}$  toe.

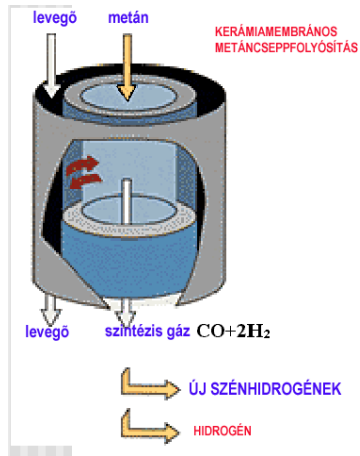
Változatlan felhasználás mellett a biztosan *kitermelhető földgáz-készlet kb. 50 év.* Az ellátás a jövőben a szénalapú szintetikus  $CH_4$ -termelés felépítésével változhat.

### Földgázfeldolgozás



Dr. Páztay György

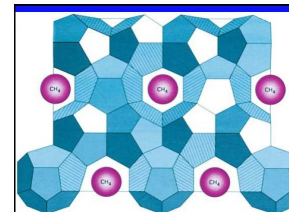
86



Dr. Páztay György

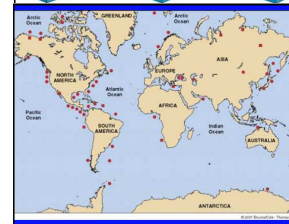
87

### GÁZHIDRÁTOK



A metán-hidrát egy fehér színű, szilárd anyag, de nagyon instabil, könnyen bomlik. A tengerek mélyén nagy nyomás alatt, alacsony hőmérsékleten képződik. A metán gáz ebben a formában kötődik meg kb. 1000-1500 méteres vízmélységben, 5 °C körüli hőmérsékleten. Több száz méter mélyen is találhatók. A metán-hidrát megtalálható a sarkkörti jégben, a tundra fagyott talajában, ma ugyanígy, mint sok millió évvel ezelőtt. A metánhidrát-telepek készlete többszörösen meghaladja az ismert hagyományos földgázkészletek mennyiségét, a metán-hidrátból a metán közvetlenül szabadulhat fel.

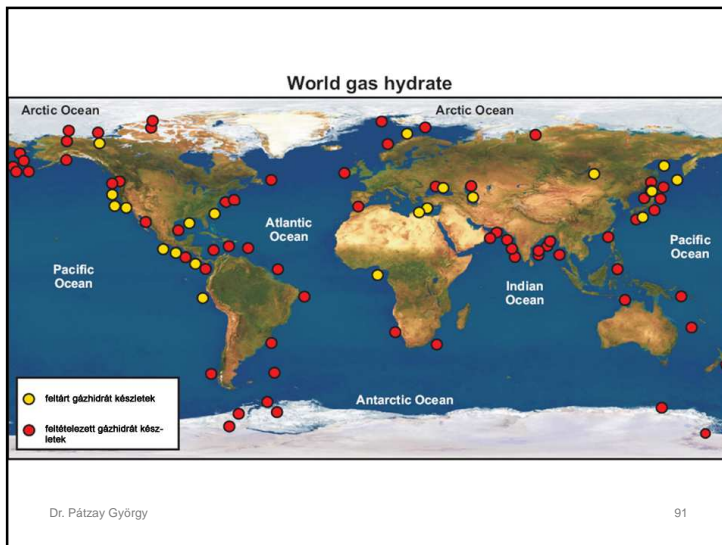
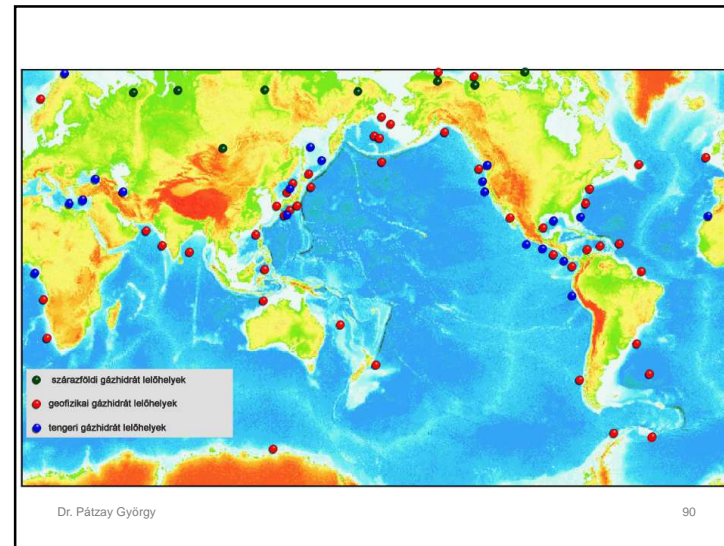
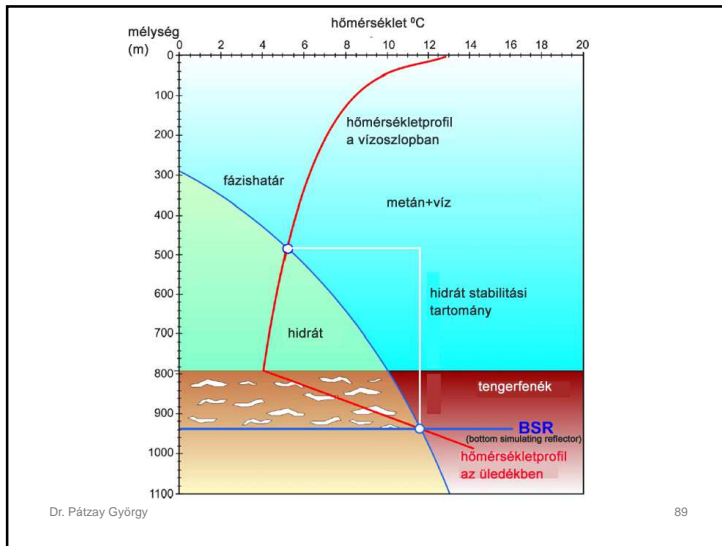
Amikor a vízben vagy az üledékekben az oxigén koncentrációja nulla, a baktériumok metánt termelnek, amikor a szerves anyagot megeszik. Ha ez az anyag kiszabadul a tengervíz nyomása alól, egyből metángáz képződik és szétoszlik a levegőben. Épp e tulajdonságai miatt veszélyes a környezetre. Egy jelentősebb globális melegezés esetén a metánhidrát magától szabadul ki a légkörbe, ami az üvegházhatás beláthatatlan következményekkel járó felfokozásával járna.



Dr. Páztay György

88





1 m<sup>3</sup> metánhidrát → 0.8 m<sup>3</sup> víz + 164 m<sup>3</sup> metángáz

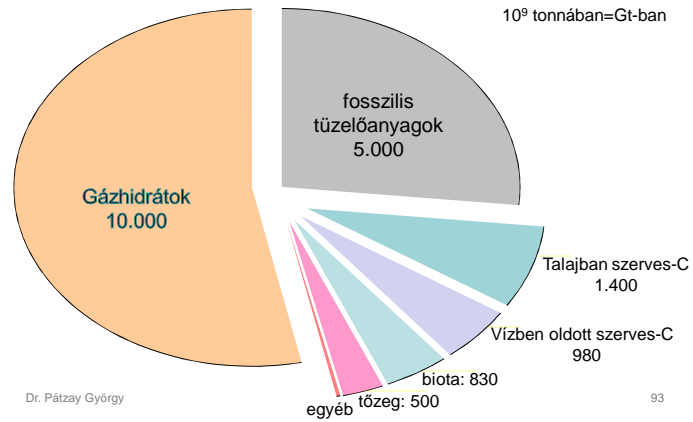
a metánhidrát szilárd anyag és nagy nyomásokon 15 °C-ig stabil

metánmolekula

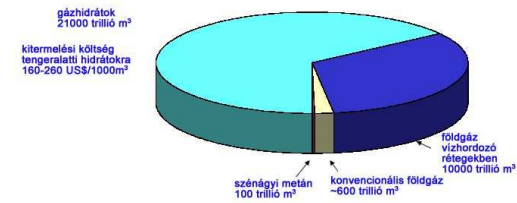
jégkristály

Dr. Páztay György 92

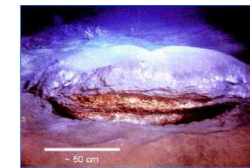
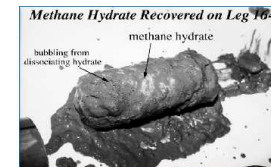
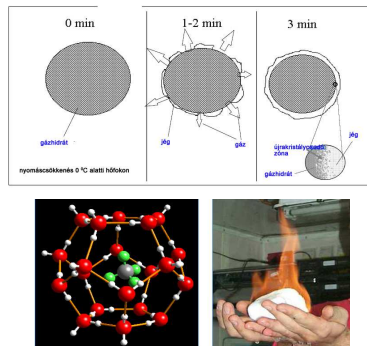
## TERMÉSZETES SZERVES SZÉNHYDROGÉNKÉSZLETEK



## GÁZKÉSZLETEK



- 1 térfogat metán-gázhidrátból 164 térfogat metángáz és 0,8 térfogat víz nyerhető.
- Tárolható atmoszférikus nyomáson -5 -10 °C hőmérsékleten.
- A metán-gázhidrát sűrűsége kisebb, a széndioxid-gázhidrát sűrűsége nagyobb, mint a tengervíz sűrűsége.
- A tengeralatti gázhidrátok fotoszintézis-mentes környezetet hoznak létre.



Dr. Pátzay György 96



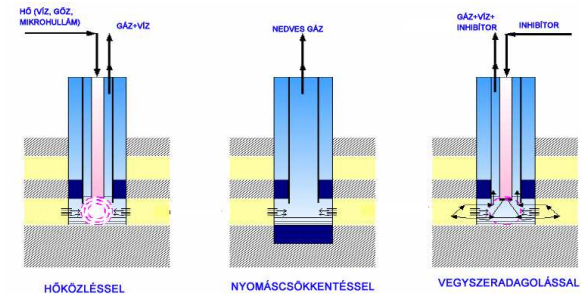
## Földgáztermelés gázhidrátokból

- ❖ Nyomáscsökkentés megfelelő lehet.
- ❖ Konvencionális kitermelő technológia részben alkalmazható.
- ❖ Költségesebb, mint a konvencionális földgáztermelés.
- ❖ Tengerfenéken és az állandóan fagyott talajokban fordul elő és bányászható.

Dr. Páztay György

97

## Gázhidrát termelési módok



Dr. Páztay György

98

## NEM-FOSSZILIS ENERGIAHORDOZÓK

### 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 energiataralmát  $83 \cdot 10^{12} \times \text{J/kg}$ -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. biomassza) is. Ezek közül e fejezetben csak a három legfontosabbat említjük: Nap, szél, víz.

Dr. Páztay György

99

### Nap

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

### Szél

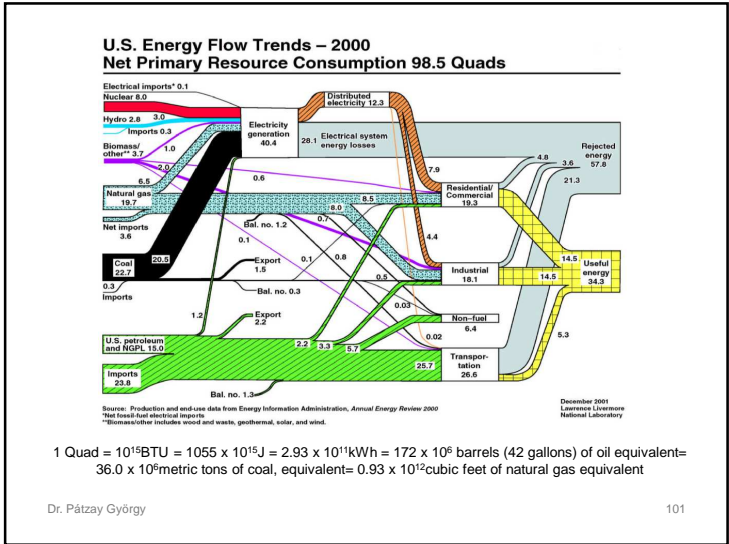
A szélenergiát évezredek óta hasznosítja az emberiség (pl. vitorlás hajó). A múlt század végén Hollandia és Dánia területén mintegy százezer szélmalom működött. A szél mozgási energiáját 100 TW-ra becsülik, ennek persze csak kis része hasznosítható, de a szélenergia "megszelídítése" nem "szélmalomharc", 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 párologás-lecsapódás energiaátalakulása kihasználhatatlan, pedig ez adja az energiacserének 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.

Dr. Páztay György

100



### FÜGGELÉK

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

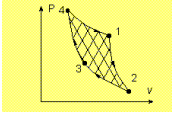
#### Energiamegmaradás, a termodinamika I. főtétele

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:

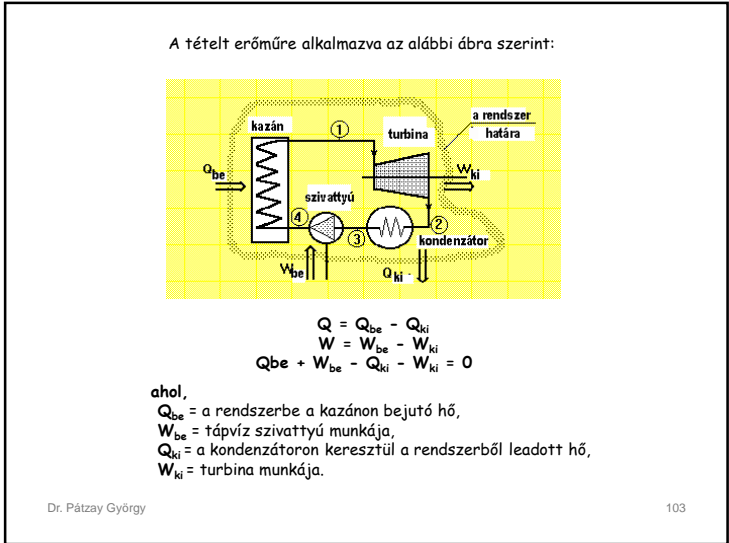
$$\Delta U = U_2 - U_1 = Q + W$$

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 termodinamika II. főtétele

A második főtétele 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 kiegyenlítődsére 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 környezetével 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:

$$u + p_0 \cdot v + T_0 \cdot s$$

És állandósult áramló rendszerre:

$$h + \frac{c^2}{2} + z \cdot g + T_0 \cdot s$$

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

Dr. Pátzay György

105

#### 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):  $h = u + P \cdot v$

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

$$\begin{array}{ll} 1 \text{ kJ/kg} = 1000 \text{ J/kg} & 1 \text{ erg/g} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ J/kg} \\ 1 \text{ Btu/lbm} = 2326 \text{ J/kg} & 1 \text{ cal/g} = 4184 \text{ J/kg} \end{array}$$

#### Entrópia (S), fajlagos entrópia (s)

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

Differenciális megváltozása:  $dS = \frac{dQ_{\text{rev}}}{T}$

Mértékegysége: (energia/hőmérséklet): J/K

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

$$\begin{array}{ll} 1 \text{ kJ/kg.K} = 1000 \text{ J/(kg.K)} & 1 \text{ erg/g.K} = 1 \cdot 10^{-4} \text{ J/(kg.K)} \\ 1 \text{ Btu/lbm.F} = 4186.8 \text{ J/(kg.K)} & 1 \text{ cal/g.C} = 4186.8 \text{ J/(kg.K)} \end{array}$$

Dr. Pátzay György

106

#### 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 kémiai 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 hőmérsékletű tárolók 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**.

Dr. Pátzay György

107

#### 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).

Dr. Pátzay György

108

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= 1E<sup>6</sup> J  
1 hp.h (horsepower.hour)= 2.6845E<sup>6</sup> J  
1 kWh= 3.6E<sup>6</sup> J  
1 MWh= 3.6E<sup>9</sup> J  
1 eV (electron volt)= 0.16021E<sup>-18</sup> J  
1 erg= 1E<sup>-7</sup> J

#### Energiaátalakítás

Egy energiatípus más energiatípustá 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.

Dr. Páztay György

109

#### Erőművek üzem módja

Az erőművek üzemeltetésének módja szerint megkülönböztetünk alaperőműveket, menetrendtartó erőműveket és csúcserőműveket. Az alaperőművek folyamatosan, nagy kihasználással üzemelnek, a villamosenergia-rendszer terhelésének állandó részét fedezik. Jellegzetes 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.

Dr. Páztay György

110

#### Gázturbinás erőmű

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

A gázturбина három fő része: a kompresszor, amely az égéshez szükséges levegőt sűríti, az égőtér, ahol a tüzelőanyagot (földgázt vagy gázturbinajelölőanyagot) 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 energiamentiség 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 hőerőművéké.

Dr. Páztay György

111

#### 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 perspektívaként a hagyományos energiatermelést kiváltó erőforrásokká válhatnak. Az ilyen energiaforrásokkal működő erőműveket nevezzzük 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

Víz erőmű.

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

Dr. Páztay György

112

#### **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.

Dr. Pátzay György

113

#### **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.

Dr. Pátzay György

114

**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  $1 \text{ Watt} \times 10^6$ .

**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.

**NOx** nitrogen oxides.

**OECD** Organisation for Economic Co-operation and Development.

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

Dr. Pátzay György

115

**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 Energuyeticheski Reaktor; Russian-design PWR.

**WANO** World Association of Nuclear Operators.

**WTO** World Trade Organisation.

Dr. Pátzay György

116