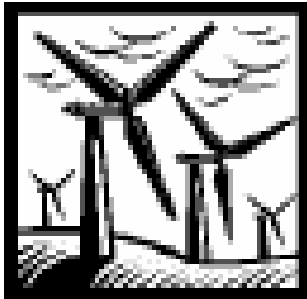
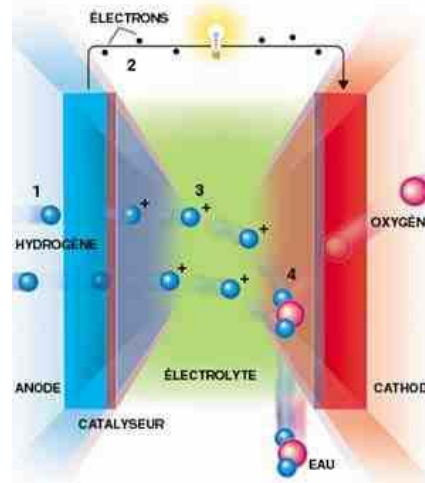
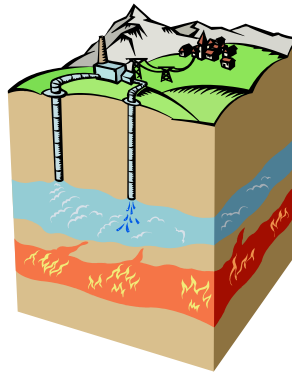


ENERGIATERMELÉS 7.



Megújuló energiaforrások (Renewable Energy)



A környezet védelme ?

- ➔ A Föld keletkezése során (4,5 milliárd év) kialakult az atmoszféra (CO_2 , N_2 , H_2O , stb.).
- ➔ A napsugárzás halálos volt, erős radioaktív sugárzás és veszélyes kozmikus sugárzás volt a Föld felszínén.
- ➔ Szerencsére 3.8 milliárd évvel ezelőtt megjelentek az egysejtűek, az első „szennyezők”. Fotoszintézis révén oxigént termeltek és kialakult a napsugárzás káros komponenseit visszatartó pajzs.
 - 350 millió évvel ezelőtt az élet kijött a tengervízből
 - 63 millió évvel ezelőtt eltűntek a dinoszauruszok és sok más élőlény.
- ➔ A környezet védelme a Földet az ember számára továbbra is lakhatóvá kívánja tenni.

Áttekintés

- ⌘ A megújuló energiaforrások szemben a nem-megújuló energiaforrásokkal nem-kimerülő energiaforrások
- ⌘ A szélenergia, a napenergia, a vízienergia felhasználása során nem emittál szén-dioxidot (bár a kapcsolódó tevékenységek emittálnak)
- ⌘ A biomassa elégetése szén-dioxid és légszennyezők kibocsátásával jár
- ⌘ Az atomenergia-bár nem megújuló-de a gyors szaporító ciklusú formájában mintegy 10000 évig elegendő és nem bocsát ki széndioxidot

Mi a megújuló energiaforrás?

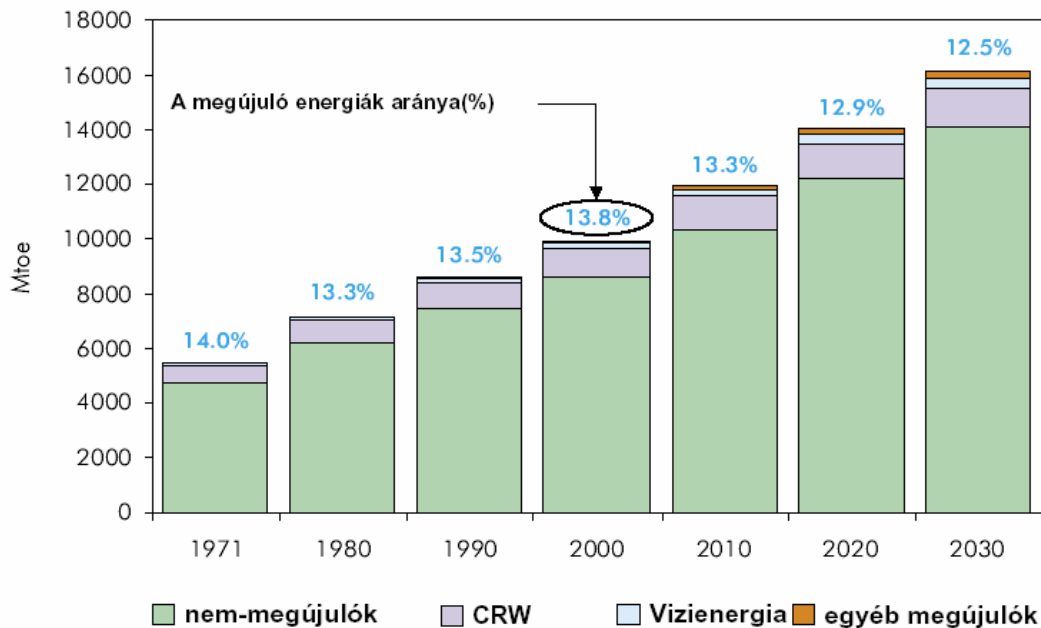


- ⌘ A megújuló energiaforrásban a nap energiája és annak alternatív formáinak energiái (szél, vízáramlás) halmozódnak föl, az ilyen energiatermelés általában kevésbé terheli a környezetet.
- ⌘ Ezt az energiaformát a nap „megújítja” és „fönntartható energiaforrásnak” tekinthető.
- ⌘ A biomassa nyomás alatt vízzel hevítve szintetikus tüzelőanyag-gázzá alakítható, míg a biomassa közvetlen elégetése levegő szennyezéssel és CO₂ kibocsátással jár.

Energia jövőkép 2050

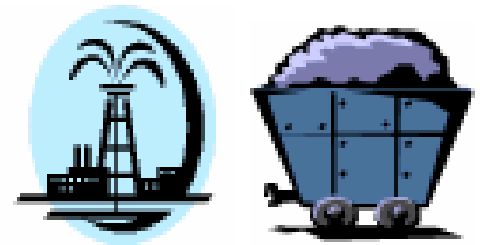
- ⌘ A fosszilis energiahordozók a közeljövőben kimerülnek, vagy alkalmazásuk kérdésessé válik.
- ⌘ A világ fosszilis energia termelése a következő évtizedekben csökkenni fog.
- ⌘ Megnö a megújuló energiaforrások szerepe, megváltoznak a társadalmi szokások
- ⌘ Az energiakrízis előtt szükséges az energiaforrások váltása

A világ összes primer energia fogyasztása



CRW- éghető megújuló és hulladék

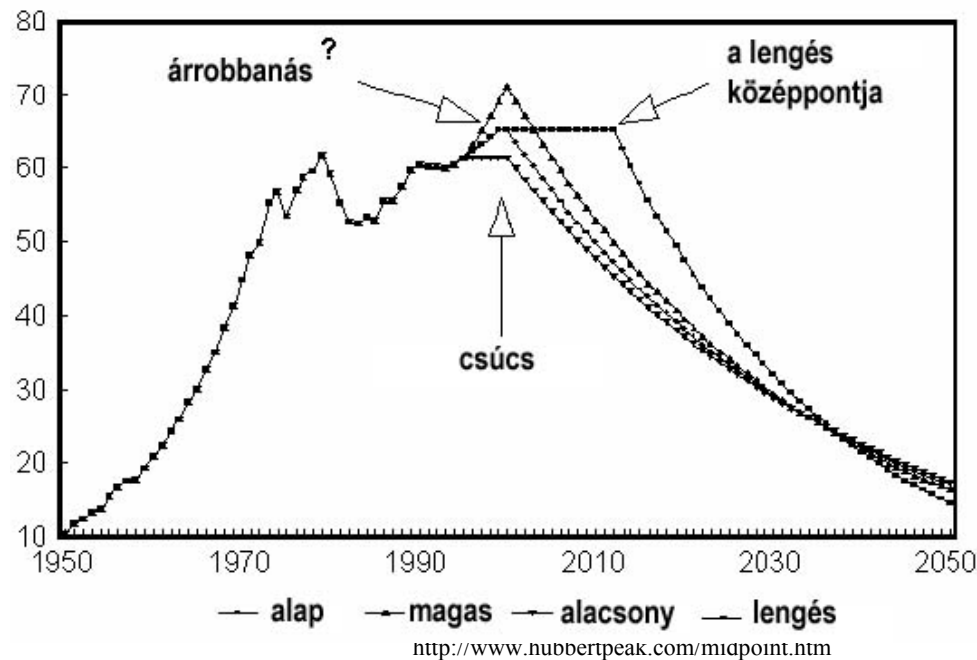
A fosszilis energiahordozók felhasználásának csökkennie kell



- ⌘ A készletek évmilliók alatt jöttek létre, a felhasználás jelenleg gyorsan csökkenti a szén, kőolaj és földgáz készleteket
- ⌘ A szénkészletek -jelenlegi felhasználási ütem mellett- ~250 évig, a kőolaj és földgázkészletek ~50 évig elégségesek, a becslések erősen ingadoznak.
- ⌘ Energiatakarékossággal, energiatermelési határfok növeléssel, szállítási, felhasználási és egyéb veszteségek csökkentésével javítható az energiafelhasználás és a környezetterhelés
- ⌘ Az energiatakarékosság és a határfok javítása csak elodázza a jelenlegi energiaszerkezet válságát.

A Hubbert-görbe a fosszilis energiaforrások kimerülését becsli

- ⌘ Dr. M. King Hubbert, geofizikus az USA kőolaj felhasználásának csúcsát 1970-re becsülte. Később más kutatók a világ kőolaj felhasználásának csúcsát a XXI. Század első felére jelezték.
- ⌘ A termelési csúcs után a kőolajárak emelkednek, mert a termelés egyre drágább, az energiahordozó egyre kevesebb lesz.

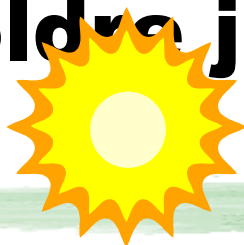


Napenergia

- ⌘ A naptól jövő sugárzási energia (1372 W/m^2) átjut az atmoszférán és a felszínre átlagosan 345 W/m^2 (Magyarországon $\sim 170 \text{ W/m}^2$).
- ⌘ A levegő, a felhők, a pára csökkentik a felszínre jutó energiát.
- ⌘ Az energia kinyerhető a sugárzás hőenergiájaként és a fotoelektromos cellák révén előállított elektromos energia formájában



Mekkora a Földre jutó napenergia?



Napenergia

- A Föld a Napból $\sim 120 \times 10^{15} \text{ W}$ energiát kap. Körülbelül 1% mechanikai energiává (szél)alakul, azaz $1,2 \times 10^{13} \text{ W}$
- A bejövő napenergiának mintegy a fele a fotoszintézisnél hasznosul.
- A fotoszintézis maximális elméleti energiaátalakítási hatásfoka $\approx 5,5\%$, de ritkán lépi túl az $\approx 1-2\%$ -ot.

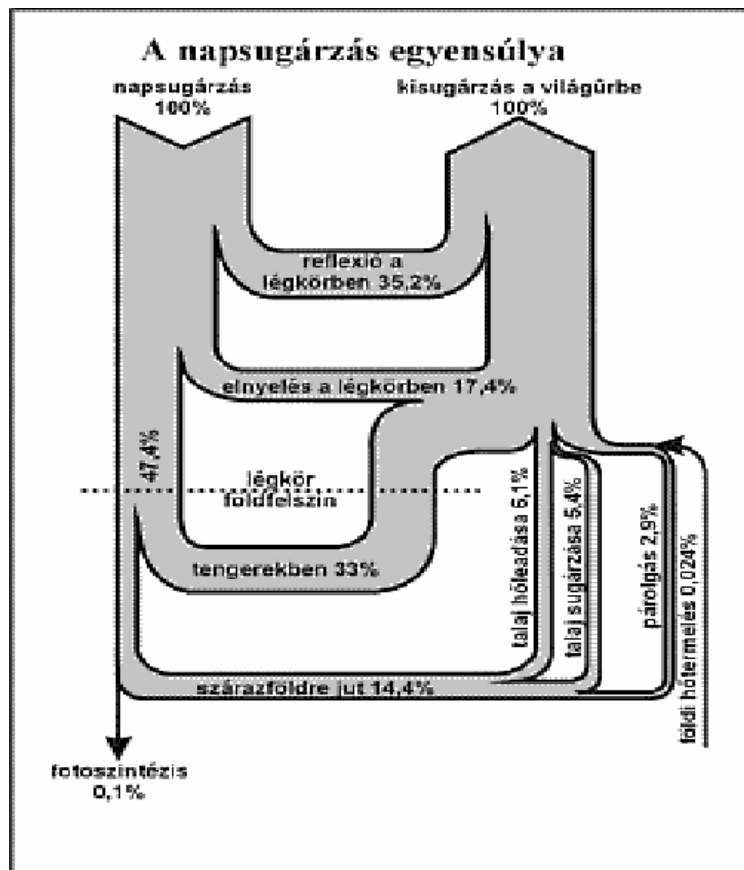
A Nap által naponta leadott energia 3.90×10^{26} Watt.

A Föld sugara 3393 km, napsugárzásnak kitett keresztmetszete

$(3.14)(3393,000)^2 = 3.62 \times 10^{13} \text{ m}^2$ a földre eső energia 1388 watt/ m^2 ,

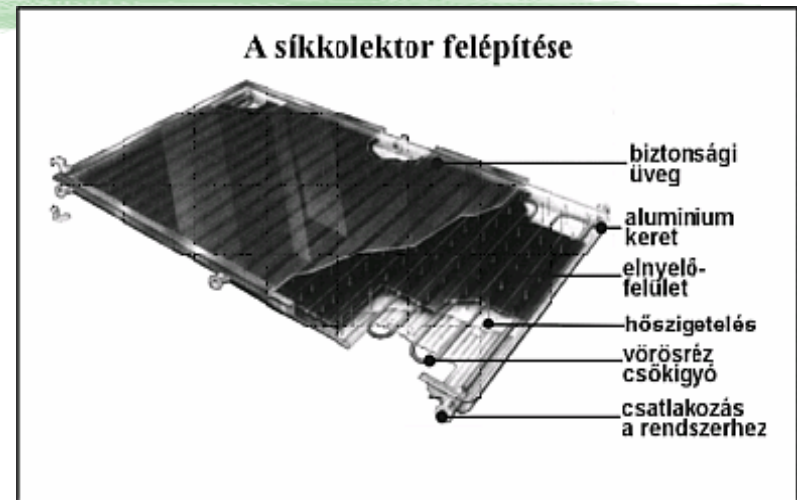
Így a Földre naponta 5.02×10^{16} watt energia jut.

Naponta így a közölt napenergia mennyisége 3-7 kWh/ m^2 /nap.

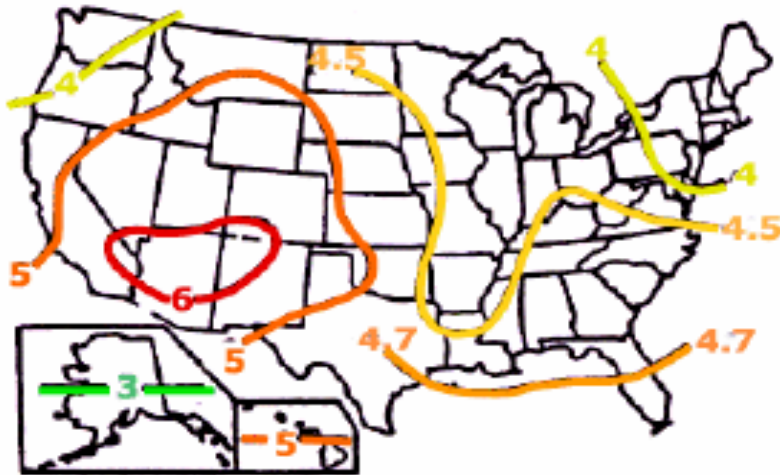


Napenergia: hőhatás

- ☞ Lakás és üzleti helység fűtése: $\sim 32\text{-}49\text{ }^{\circ}\text{C}$
- ☞ Ipari forróvíz: $\sim 93\text{-}204\text{ }^{\circ}\text{C}$
- ☞ Nap-hőerőmű: $\sim 538\text{ }^{\circ}\text{C}$
- ☞ Alacsony hőmérsékletű hő a talajból: $\sim 21\text{-}27\text{ }^{\circ}\text{C}$



Average Annual Sun-hours per Day

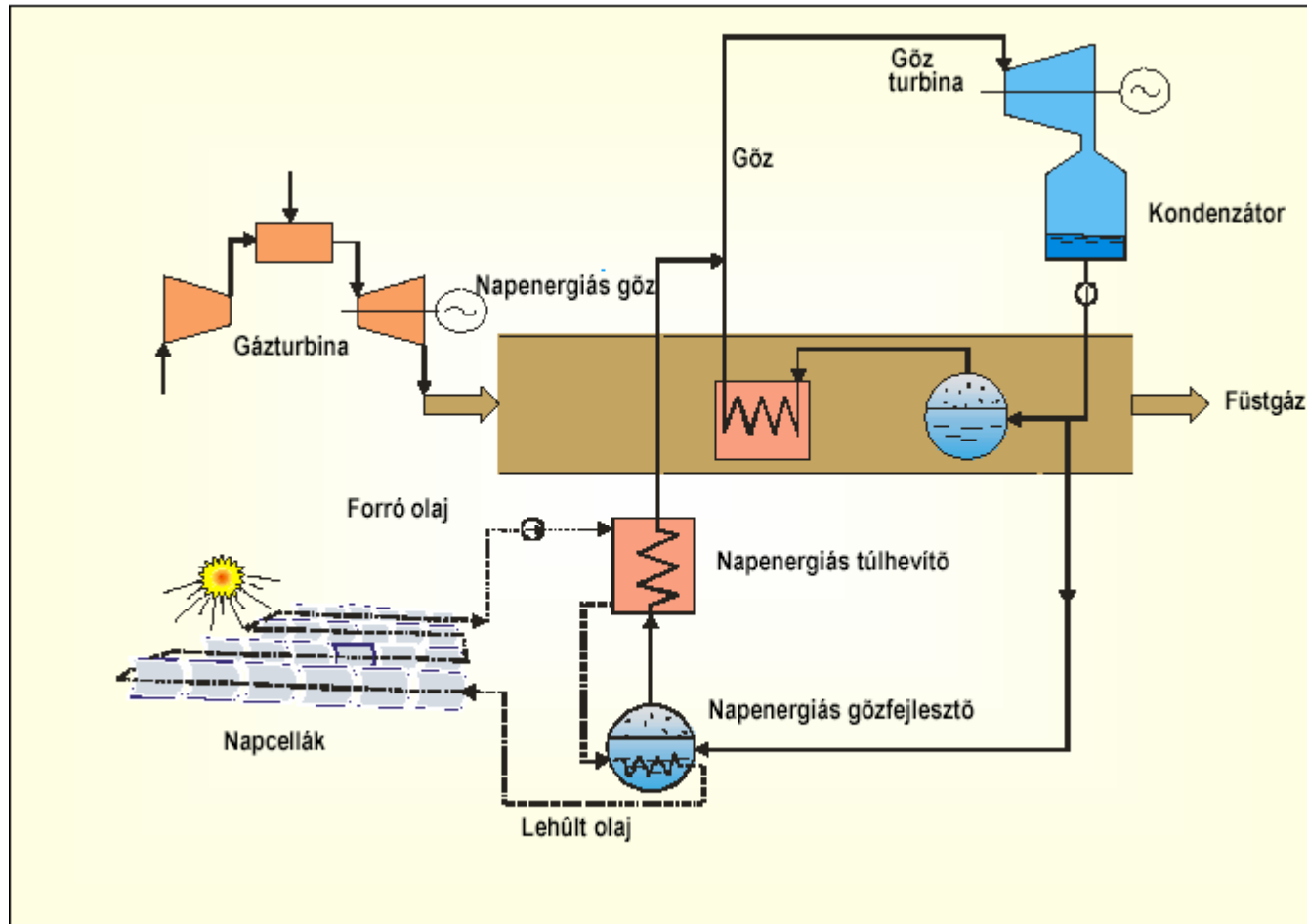


Átlagos napsütéses órák száma az USA-ban



From <http://www.energy.ca.gov/education/story/story-images/solar.jpeg>

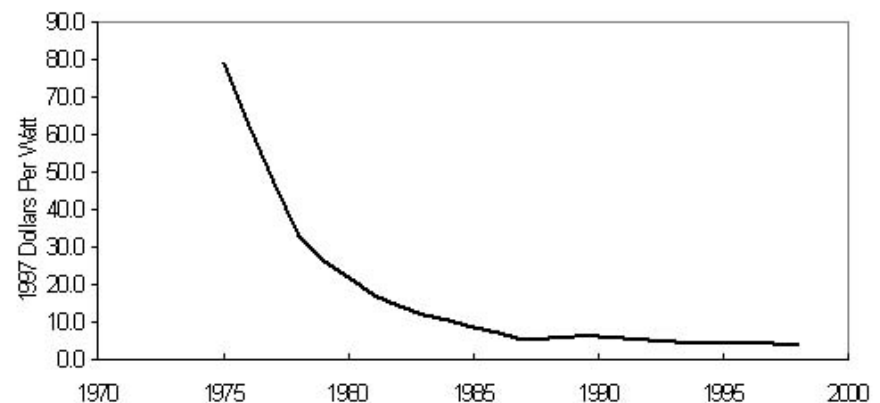
Integrált kombinált ciklusú naperőmű vázlatja



Napenergia: fotoelektromos hatás

- ⌘ A fénylektromos cellák a sugárzó energia ~15%-át képesek elektromos energiává alakítani (az elméleti érték ~ 21%).
- ⌘ Kisfeszültségű egyenáram keletkezik, cellánként ~0,55 Volt feszültségen; a telepeket összekapcsolják ~16 V eléréséig, hogy a 12 V-os akkumulátorokat tölteni tudják.
- ⌘ A cellasorokat rögzített vagy a nap mozgását követő elrendezésben. alkalmazhatják.
- ⌘ Az elektromos energiát tárolni kell, hacsak nem alakítják át a megfelelő feszültségű váltóárammá.

Fénylektromos cellák világpiacon árá
1973-98



A fénylektromos cellák (PV) árai estek, de még mindig drágák az erőműipar számára

Napenergia hőhasznosítása az EU-ban (kollektorok felülete m²)

Ország	1999
Németország	2 750 200
Ausztria	2 020 000
Görögország	1 975 000
Franciaország	536 700
A többi ország	1 550 900
Összesen	8 832 800

*Cumulated surface area of thermal collectors in the EU (in m²)
(Euroserv'ER)*

Napenergia elektromos energiává alakítása az EU-ban (fényelemek teljesítmény MW_e)

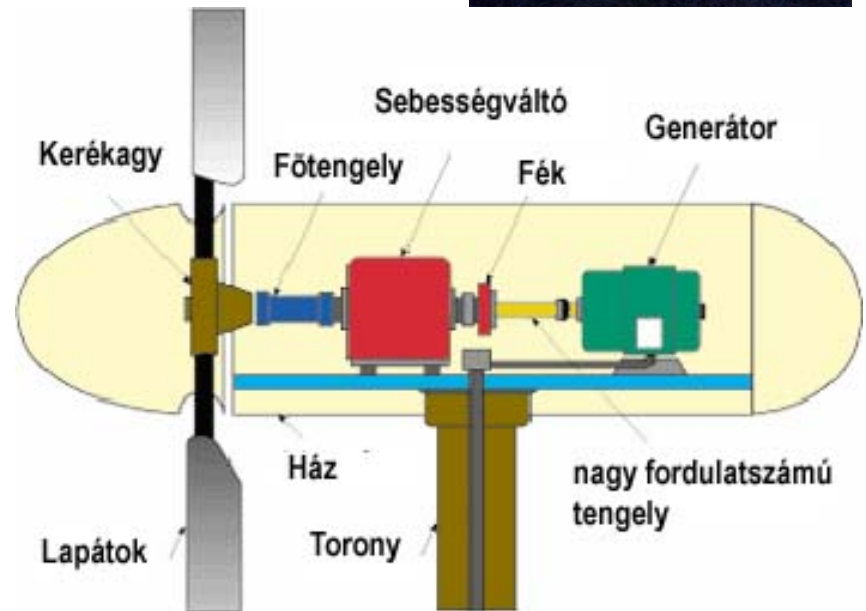
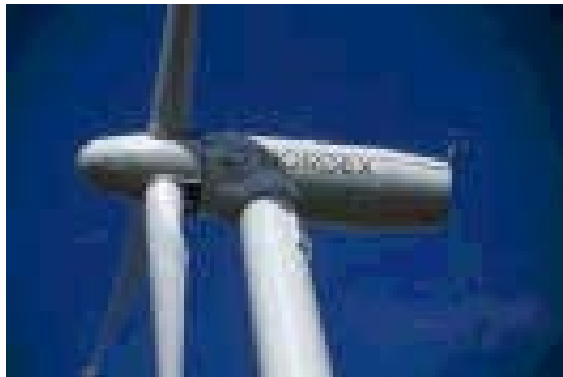
Ország	2000
Németország	113.8
Olaszország	19.0
Hollandia	12.8
Franciaország	11.3
Spanyolország	11.0
A többi ország	15.6
Összesen	183,5

*Installed photovoltaic capacities in the EU (in MW_p)
(Euroserv'ER)*

Szélenergia



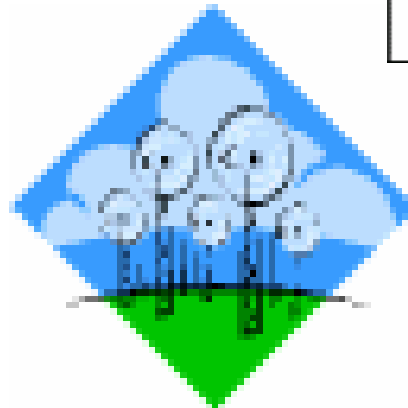
- ⌘ Az atmoszféra hőmérsékleti egyenlőtlenségeiből származik
- ⌘ A szélenergia tartalékok világszerte ingadoznak
- ⌘ A kinyerhető energia a szélsébség köbével arányos



Ref.: www.freefoto.com/pictures/general/windfarm/index.asp?i=2

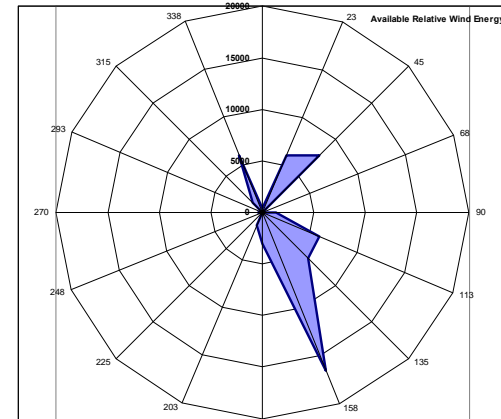
A szélenergia a tengerpartokon, síkságokon használható fel elsősorban

- ⌘ Pl. Florida partjainál 2-es szélfokozat esetén ($160-240 \text{ W/m}^2$) --- az energia kevés erőművi célra, de a vizsgálatokhoz megfelelő.
- ⌘ A Sziklás-hegységben a nagy-közepes szélesség (300-1000 W/m^2) alkalmas erőművi célokra.
- ⌘ Minden földrajzi területnek meg van a széltérképe, mely alapján eldönthető a szélenergia alkalmazhatósága.

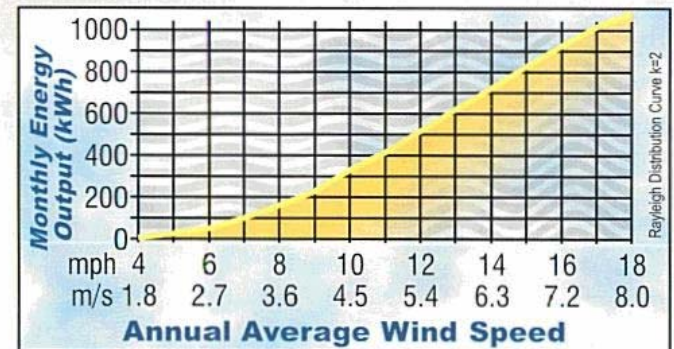


A domináns szélenergia irány meghatározza a szélerőmű (motor) helyét

- ⌘ Az energia-rózsa a szélesebbesség-rózsa köbéből adódiok.
- ⌘ A megfelelő szélesebbesség átlagokhoz néhány éves mérési mintasorozat szükséges.
- ⌘ A turbina védelme nagyon fontos, a legtöbb szélmotor forgórészét elforgatják, ha a szélesebbesség > 13,5 m/s.



Power Curve



Szélerőművek, szélmotorok



Kicsi (≤ 10 kW)

- h á z i
- f a r m o n
- kis táp(víz szivattú)



Közepes (10-250 kW)

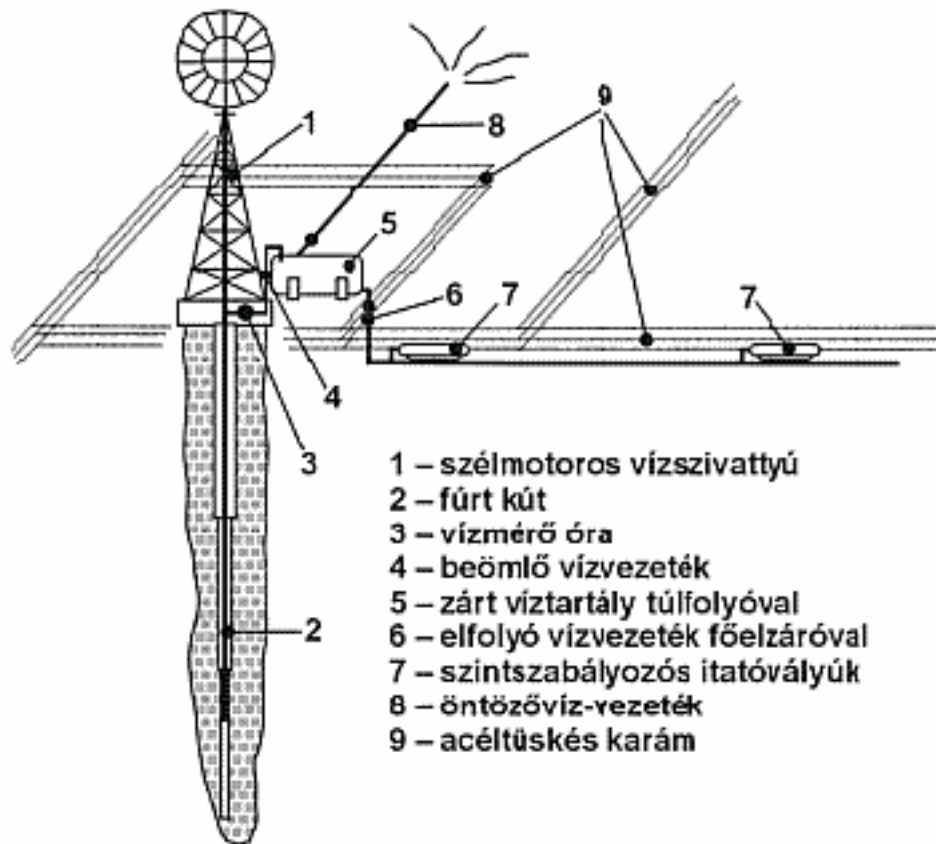
- kis település
- hibrid rendszerek
- hálózatra



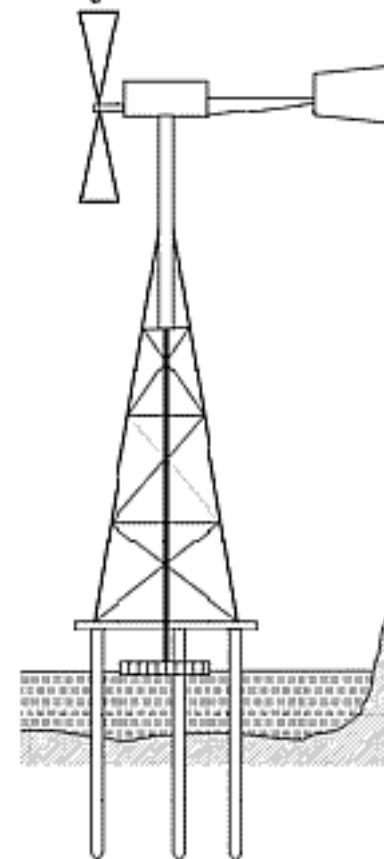
Nagy (250 kW - 2+MW)

- Központi szélerőmű
- hálózatra

Egy szivattyút üzemeltető szélmotor elrendezése



Levegőztető kereket hajtó szélmotor



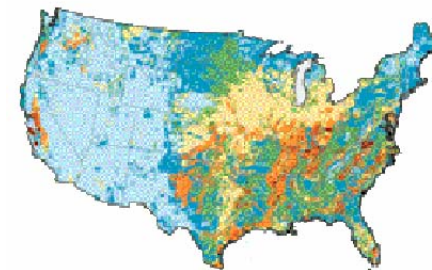
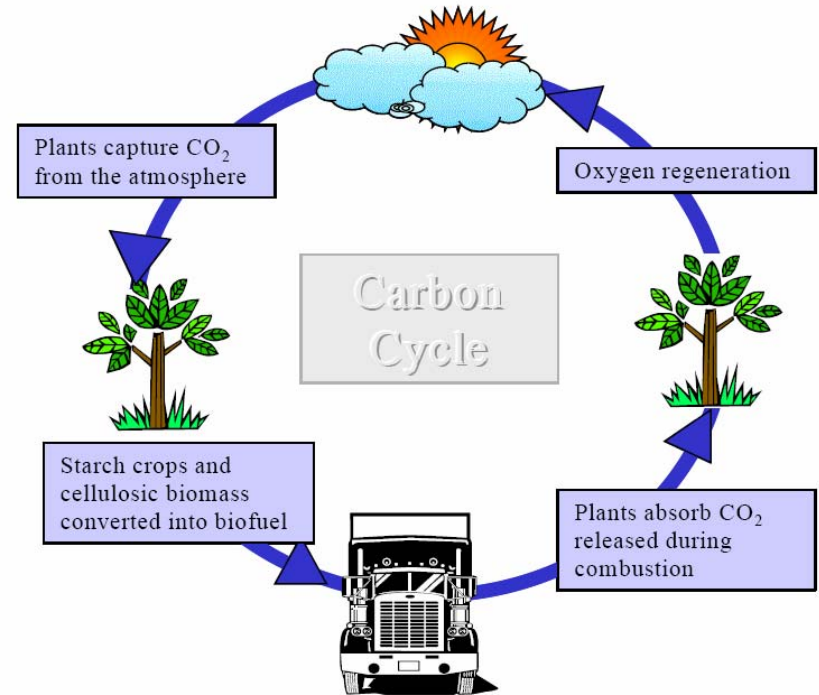
A szélenergia hasznosítása az EU-ban (Kiépített erőművi kapacitás MW)

Ország	2001
Németország	8 750
Spanyolország	3 660
Hollandia	2 417
A többi ország	15.6
Összesen	183,5

Wind power installed in EU (MW) (Eurobserv'ER)

Bioenergia (Biomassza)

- ⌘ A biomassza direkt tüzelése, más tüzelőanyaggal együtt tüzelése és elgázosítása a biomassza-energiatermelés alapja.
- ⌘ Etanol készíthető gabonából, vagy szójából, metanol pedig cellulózból állítható elő.
- ⌘ A folyékony tüzelőanyagok nagy energiasűrűségük révén a szállító járművek hajtóanyagai.
- ⌘ Tudatosan erre a célra természethtetik (pl. nyárfák) vagy éghető hulladékot alkalmaznak
- ⌘ A biomassza részben kiválthatja a fosszilis energiahordozókat, bár nem túl hatékony energiaforrás



0-10	20-30	40-50
10-20	30-40	>50

Biomassza

Növények - > bio-tüzelőanyagok, bio-szénforrások

A napenergia diffúz és szakaszos. A növények eltárolják ezen energia egy részét, miközben CO_2 -ot fogyasztanak növekedésük során.

Alacsony az átalakítás hatásfoka (1% a mérsékelt, 2-3% a trópusi égőkben).

Faanyagok pirolízise

Carbonizáció

Bio-üzemanyagok (bioetanol, ETBE)

~ 3x drágábbak a benzinnél



Biomassza

- ➔ A fa alapú energiatermelés Franciaországban: 3,6- 7,2 toe/ha
- ➔ 1GW energia → >2500 km² erdőterület
- ➔ Bioüzemanyagok : 3x drágábbak a fosszilis alapú üzemanyagoknál
- ➔ 1,5 liter bioetanolhoz, vagy 2 liter, biodízelhez 1 liter fosszilis tüzelőanyag kell!
- ➔ Étkezéshez, vagy jármű hajtásához alkalmazzuk?
- ➔ Célszerű a biomassza hidrogénezése (H₂)
A biomasszán alapuló energiatermelést növelni, a felhasználás módját javítani kell!

Bioüzemanyagok termelése az EU-ban (t/év)

Ország	Etanol	ETBE
Franciaország	91 000	193 000
Spanyolország	80 000	17 000
Svédország	20 000	
Összesen	191 000	363 000

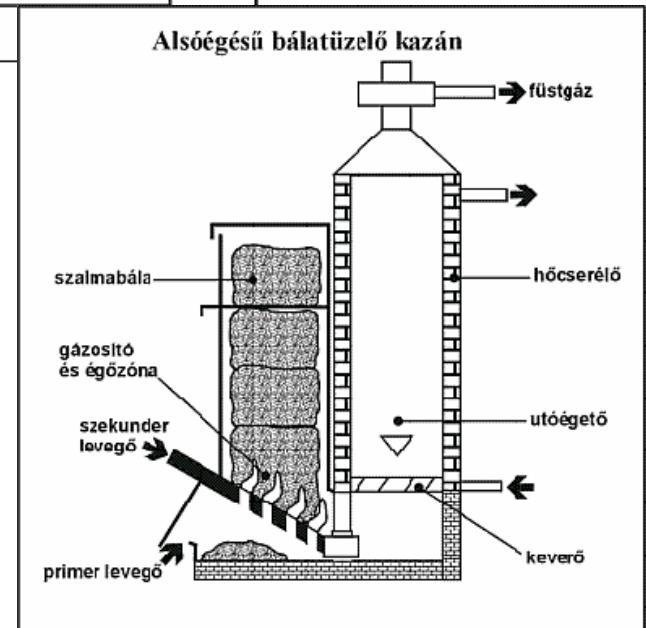
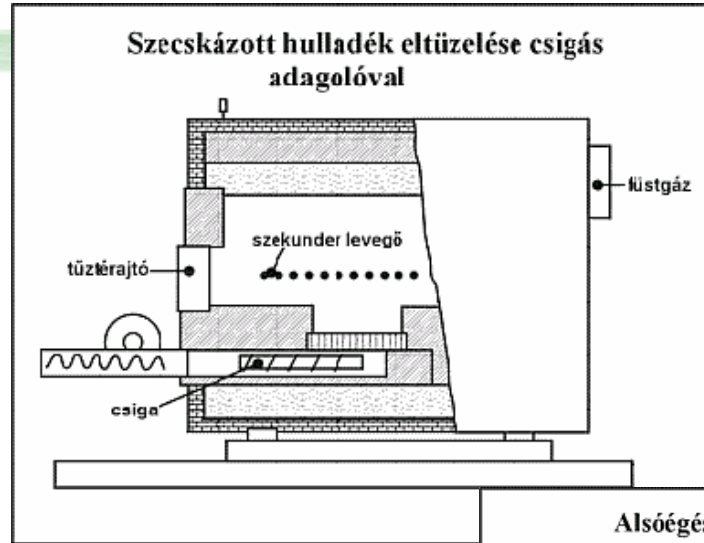
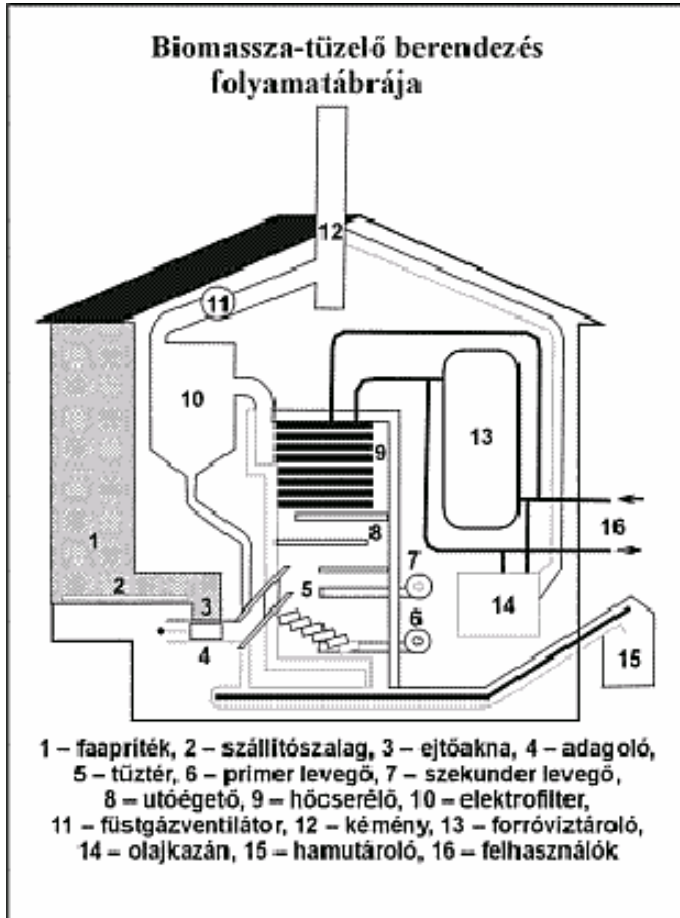
Ethanol production in EU (in tons) (Eurobserv'ER)

A bioenergia hasznosításának megvalósult formái Magyarországon

Az agrárgazdasági melléktermékek közvetlen és másodlagos tüzelőanyagként történő felhasználása hőtermelésre a legelterjedtebb. A szalmaféléket közvetlen tüzeléssel használati vagy fűtési célú meleg víz előállítására használják. Felhasználásuk főként bálázva vagy a szalma brikettálásával, pellettálásával történik. Ehhez üzembiztos, automatikus üzemű vagy kézi adagolású tüzelőberendezéseket - 0,05-1,0 MW teljesítménytartományban - Magyarországon is gyártanak és több helyen üzemeltetnek.

A fakitermelésnél keletkező hulladékok nagy része 8-10%-os energiaráfordítással kitermelhető és hasznosítható; erre példa a Tatai Fűtőmű, ahol 2 db 3,5 MW hőteljesítményű kazánt 1998 óta erdei faaprítékkal üzemeltetnek. Az elsődleges fafeldolgozásnál keletkező fűrészpor, kéreg stb. szárítás utáni brikettálásának fajlagos energiaigénye a bio-tüzelőanyag fűtőértékének 6-8%-a. A melléktermékek brikett formában elsősorban lakossági felhasználásra kerülnek. A másodlagos fafeldolgozás hulladékaiból közvetlenül gyártott brikett jó minőségű tüzelőanyag. Ilyen a Gyöngyösi Parkettagyárban készített exportképes biobrikett. A gyümölcsfanyesedék, a szőlővenyige és az energianövények hőhasznosításának technológiai elemei nagyrészt megoldottak ugyan, de ez a terület mégis kiaknázatlan.

A biomassza-tüzelő berendezések egy faaprítéktüzelő-berendezésen alapuló, több épület energiaellátását biztosító változatát az első ábra mutatja. További alkalmazási megoldások a következő két ábrán láthatók.





A hulladékok energiája

Anaerob kezelés

Biogáz (vegyes CO_2 , CH_4)

Állattartási hulladékok

Ipari hulladékok

szennyvíziszapok

Háztartási hulladékok,

Hulladékok égetése

Háztartási hulladék (1kg/nap/lakos Európában)

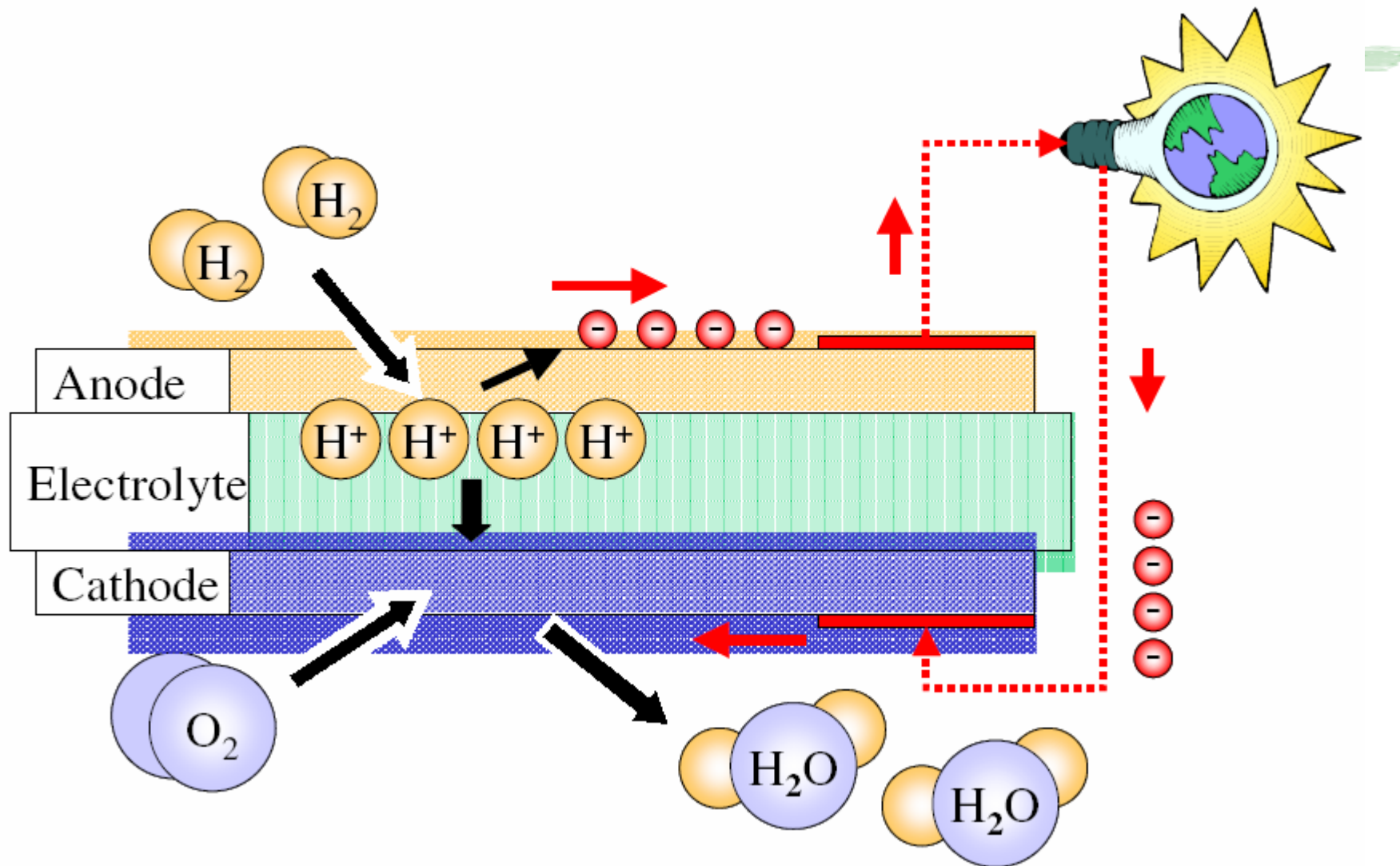
Ipari hulladékok

Speciális mezőgazdasági maradékok

Franciaországban az összes energia fogyasztás 1%-a lenne fedezhető az összes hulladék elégetésével



ÜZEMANYAGCELLÁK

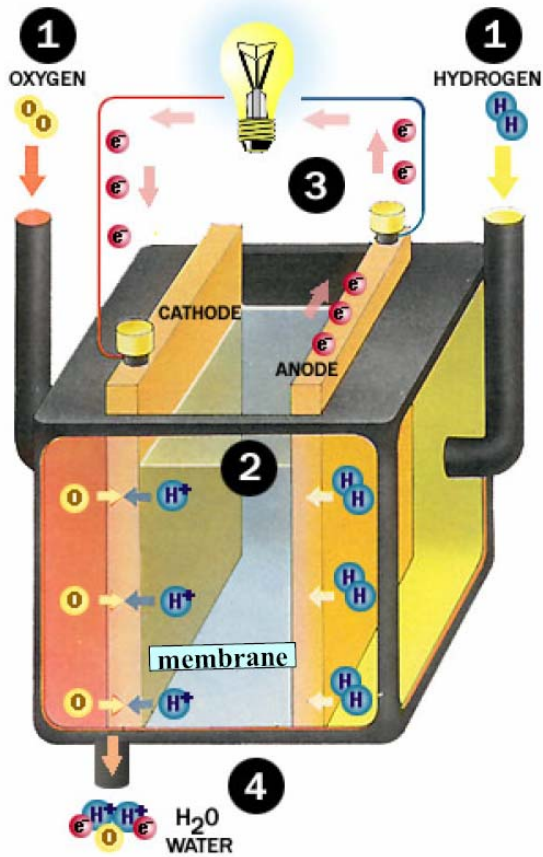


Az üzemanyagcellák az elemekhez hasonlóan vegyi reakciókkal közvetlenül elektromosságot állítanak elő, a különbség az, hogy míg az elemeket kifogytuk után el kell dobni, az üzemanyagcella mindaddig üzemel, amíg üzemanyagot töltünk bele. A szerkezet alapegysége két elektródából áll, egy elektrolit köré szendvicsszerűen préselve.

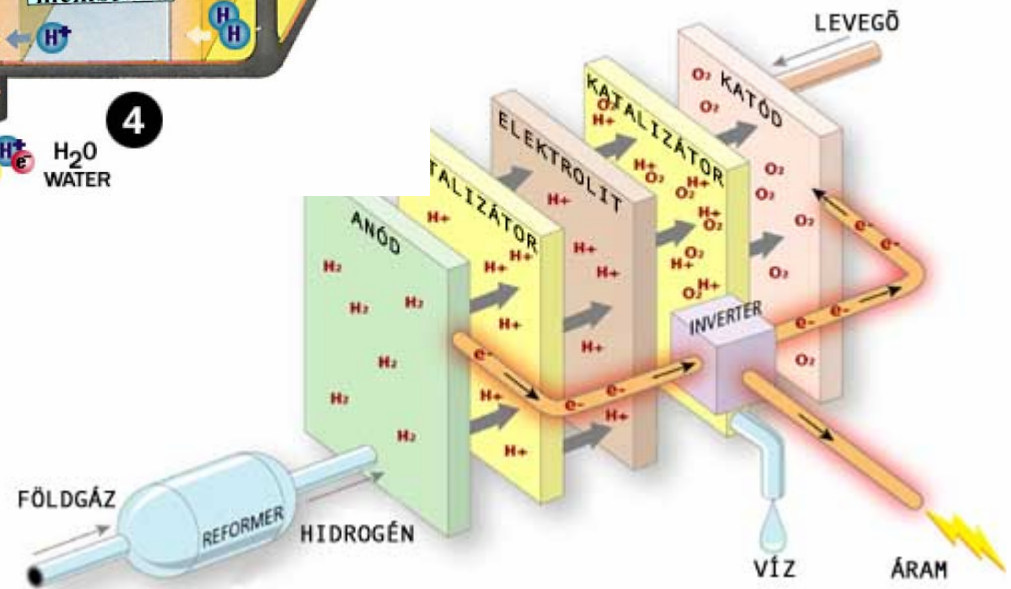
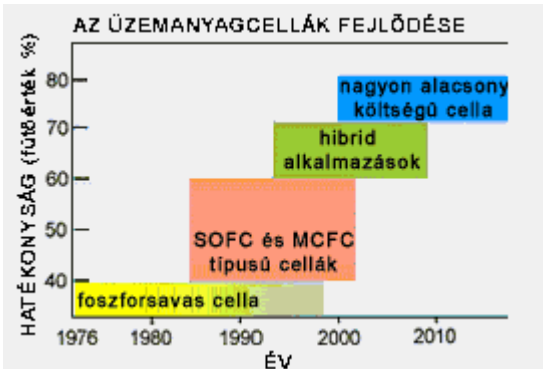
- Az anódon hidrogén, míg a katódon oxigén halad át.
 - Katalizátor segítségével a hidrogénmolekulák protonokra és elektronokra bomlanak.
 - A protonok keresztáramlanak az elektroliton.
 - Az elektronok áramlása mielőtt elérné a katódot, felhasználható elektrmos fogyasztók által.
 - A katódra érkező elektronok a katalizátor segítségével egyesülnek a protonokkal és az oxigénmolekulákkal, vizet hozva létre.
 - A folyamat során hő is termelődik.
-
- Az üzemanyag-átalakítót (reformer) tartalmazó rendszerek képesek felhasználni bármely szénhidrogén tüzelőanyagot, a földgáztól kezdve a metanolon át a gázolajig.
 - Inverter közbeiktatásával váltóáramot is hozhatunk létre (lásd a fenti ábrát).
 - Mivel az üzemanyagcella nem égésen alapul, hanem elektrokémiai reakción, az emissziója mindig jóval kisebb lesz, mint a legtisztább égési folyamatoknak.



48 Vdc 7.5 kW Fuel Cell



Mi az üzemanyagcella?



Az üzemanyagcelláknak számos fajtája van, melyeket a bennük használt elektrolit alapján csoportosítunk:

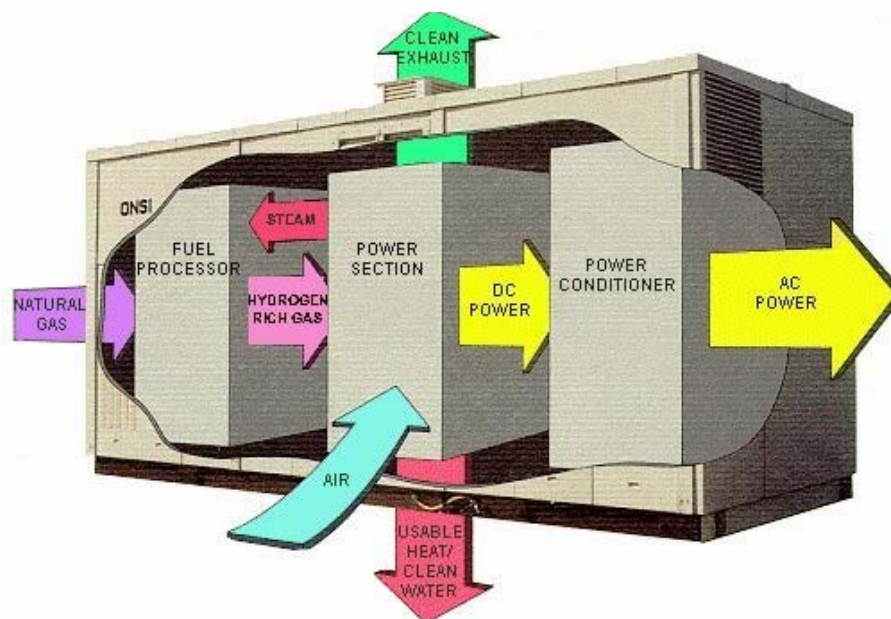
Üzemanyagcella típusa	Elektrolit	Működési hőmérséklet	Elektromos hatásfok	Üzemanyag	Felhasználási terület
AFC alkáli elektrolitos cella	30% kálium-hidroxid oldat, gél	80 °C	elméleti: 70% gyakorlati: 62%	- tiszta H ₂ - O ₂	- járműipar - hadiipar
PEMFC membránú cella	protonáteresztő membrán	80 °C	elméleti: 68% gyakorlati: 50%	- tiszta H ₂ - O ₂ - levegő	- blokkfűtő erőmű - járműipar - hadiipar
DMFC direkt metanol membrán	protonáteresztő membrán	80 °C-130 °C	elméleti: 30% gyakorlati: 26%	- metanol, - O ₂ - levegő	- mobiltelefon - laptop, stb. áramforrása
PAFC foszforsavas cella	tömény foszforsav	200 °C	elméleti: 65% gyakorlati: 60%	- tiszta H ₂ - O ₂ - levegő	- blokkfűtő erőmű - áramforrás
MCFC alkáli-karbonátsó cella	lítium-karbonát, kálium-karbonát	650 °C	elméleti: 65% gyakorlati: 62%	- H ₂ - földgáz - széngáz - biogáz - levegő - O ₂	- gőzturbinás, kétlépcsős blokkfűtő erőmű - áramforrás
SOFC oxidkerámia cella	yttrium-cirkon oxidkerámia	800 °C- 1000 °C	elméleti: 65% gyakorlati: 62%	- H ₂ - földgáz - széngáz - biogáz - levegő - O ₂	gőzturbinás, kétlépcsős blokkfűtő erőmű -áramforrás

Fuel Cell	Anode Reaction	Cathode Reaction
Proton Exchange Membrane and Phosphoric Acid	$H_2 \rightarrow 2H^+ + 2e^-$	$\frac{1}{2} O_2 + 2H^+ + 2e^- \rightarrow H_2O$
Alkaline	$H_2 + 2(OH)^- \rightarrow 2H_2O + 2e^-$	$\frac{1}{2} O_2 + H_2O + 2e^- \rightarrow 2(OH)^-$
Molten Carbonate	$H_2 + CO_3^{2-} \rightarrow H_2O + CO_2 + 2e^-$ $CO + CO_3^{2-} \rightarrow 2CO_2 + 2e^-$	$\frac{1}{2} O_2 + CO_2 + 2e^- \rightarrow CO_3^{2-}$
Solid Oxide	$H_2 + O^{2-} \rightarrow H_2O + 2e^-$ $CO + O^{2-} \rightarrow CO_2 + 2e^-$ $CH_4 + 4O^{2-} \rightarrow 2H_2O + CO_2 + 8e^-$	$\frac{1}{2} O_2 + 2e^- \rightarrow O^{2-}$

CO - carbon monoxide
CO₂ - carbon dioxide
CO₃²⁻ - carbonate ion

e⁻ - electron
H⁺ - hydrogen ion
H₂ - hydrogen

H₂O - water
O₂ - oxygen
OH⁻ - hydroxyl ion



Vizenergia

- ⌘ Az óceánok és más felszíni vizek vize a nap sugárzásának hatására részben elpárolognak, majd csapadékként visszahullnak a föld felszínére és részben megnövekedett potenciális energiára tesz szert.
- ⌘ A felszíni vizek ezen potenciális energiáját régóta használják munkavégzésre és elektromos energia előállítására
- ⌘ A vízierőművek jelentős része az 1930-as években épült, de azóta többet megszüntettek
- ⌘ Megépítés után alacsony költségek mellett termelik az elektromos energiát
- ⌘ A világ legnagyobb vízierőművei (Bratszk, Krasznojarszk, Quebec) 5-6 GW nagyságrendűek.



Potenciális energia = mgh

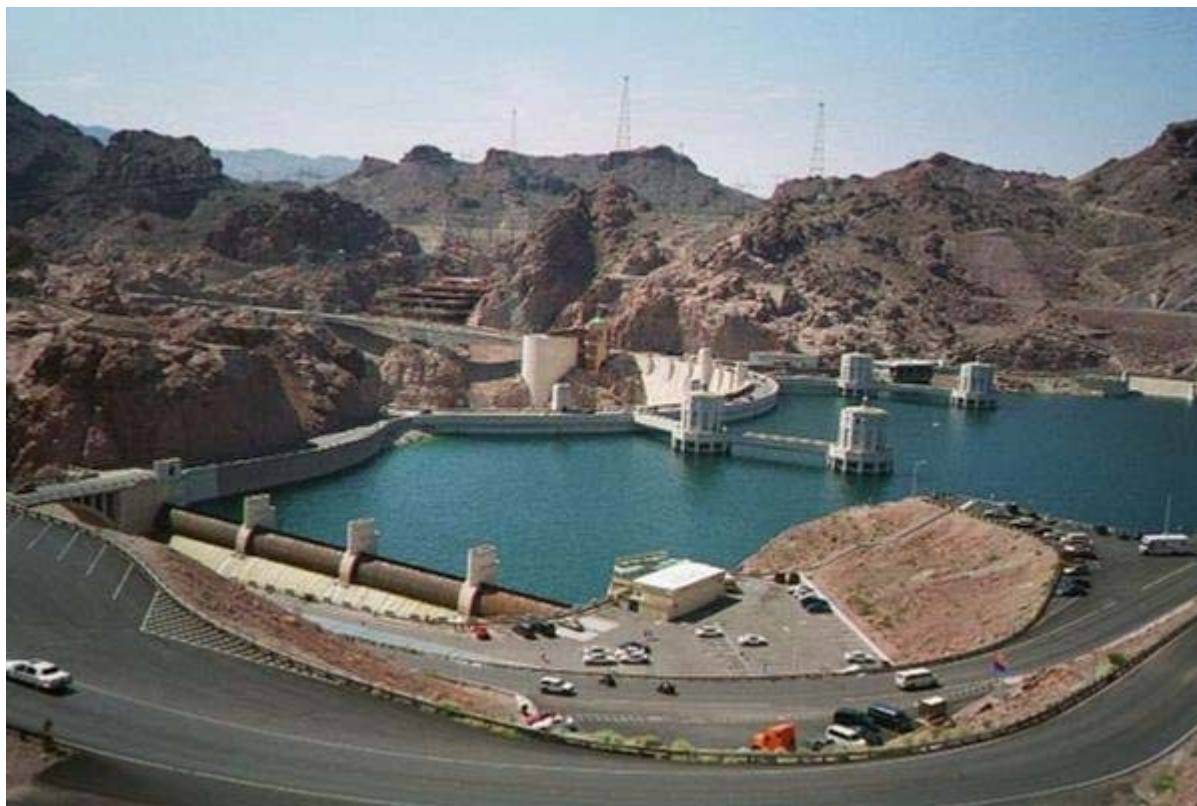
A víz 15 métert esik; 80% hatásfokú a vízerőmű. 1 kg víz esetén:

$P.E. = (1 \text{ kg})(9.8 \text{ m/s}^2)(15 \text{ méter}) = 150 \text{ joule}$

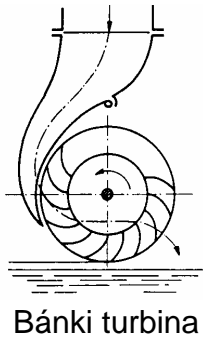
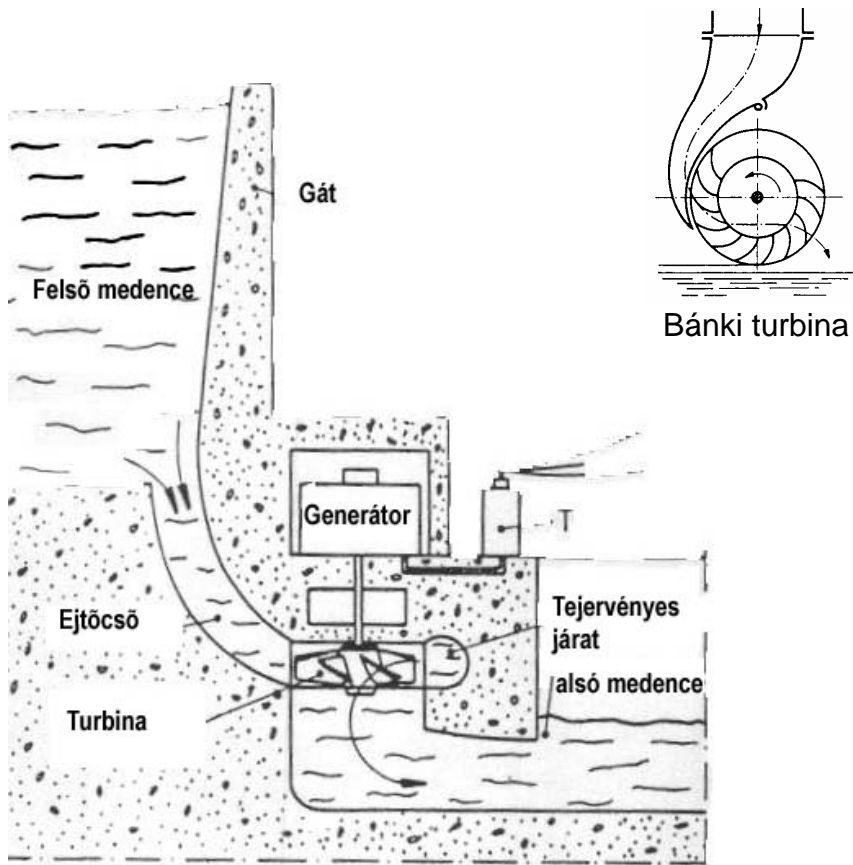
1 kg/sec áramlási sebesség és 80% hatásfok esetén 120 watt

teljesítményt nyerünk. ' hónap folyamatos üzem esetén:

$(120 \text{ watt})(24 \text{ óra/nap})(30 \text{ nap/hónap}) = 86 \text{ kWh/hónap}$



Vízenergia(folytatás)



A vízturbinák szerkezetének két fő része van: az álló- és a forgórész. Kialakításuk típusonként különbözik.

A vízturbinák két fő típusa az *akciós és a reakciós rendszerű gép*.

Az akciós vízturbinában az energiaátalakulás lényegében az állórészben megy végbe, az állórészből kilépő sugár nyomása a forgórészben való áthaladás közben már nem változik. Ezzel szemben a reakciós vízturbinában vízszugárnak még jelentős túlnyomása van az álló lapátozás és a járókerék között.

A jelenleg használatos típusú akciós turbinák: a *Pelton-* és a *Bánki-turbina*. A reakciós turbinák közül pedig a *Francis-turbina* különféle változatait és a *Kaplan-turbinát* használják. A *Pelton-turbina* házába a víz sugárcsőön jut be, a vízmennyiség a sugárcső áteresztőképességeivel szabályozható. A Pelton-turbinát nagy vízszintkülönbség esetén használják, ahol a magasan fekvő víztárolóból csővezetéken keresztül vezetik a vizet a mélyebben fekvő turbinaállomásra. A kis vízszintkülönbségek, de nagy víztömegek energiájának hasznosításakor célszerű a *Kaplan-turbina* használata. A *Francis-turbinák* nagy vízszint- és vízhozamintervallumon belül használhatók, a terhelésingadozásokat a lapátok állításával lehet követni. A *Bánki-turbinát* feltalálójáról Bánki Donátról nevezték el. A turbina vezetőcsatornájának feladata, hogy a vízszugarat hegyesszögben a járókerék lapátjaira vezesse. A kétszeres átömlés azt jelenti, hogy a vízszugár először a járókerék belsejébe kerül és innen —egy második átömléssel— a szabadba.

Az óceánok energiája (árapály, hullámverés)



- ⌘ Az óceánok árapály energiája és termikus energia tartalma jelentős energiaforrást képvisel
- ⌘ A hullámverések energiája ezt a hasznosítható energiát tovább növeli
- ⌘ A nagyobb óceáni áramlatok (pl. a Golf-áramlás) energiája ugyancsak hasznosítható rotorok foratása révén.

Árapály energia

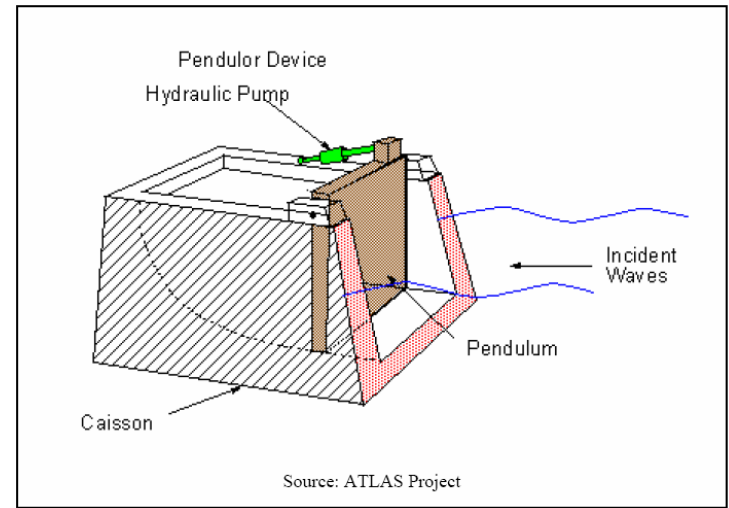
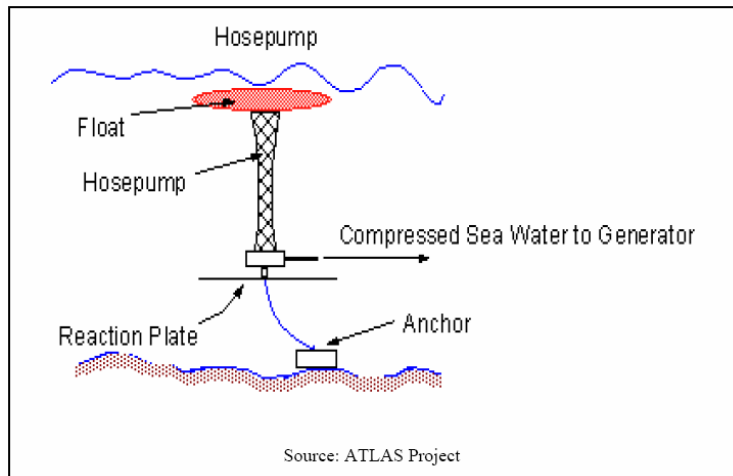
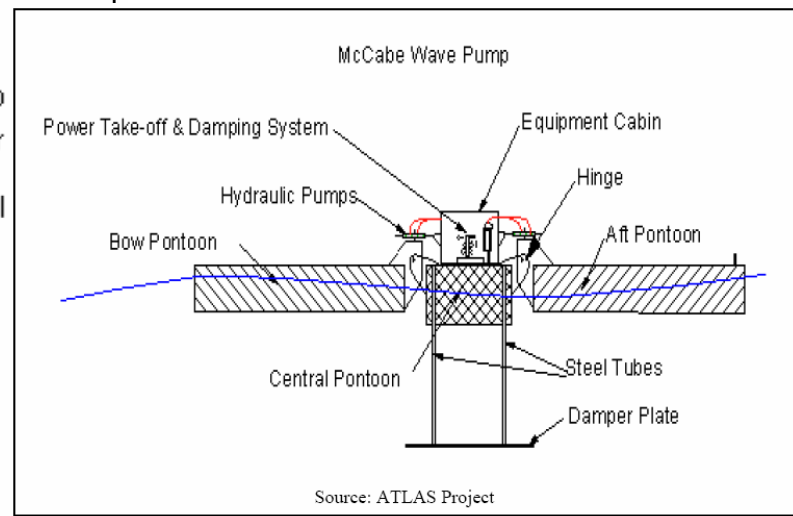
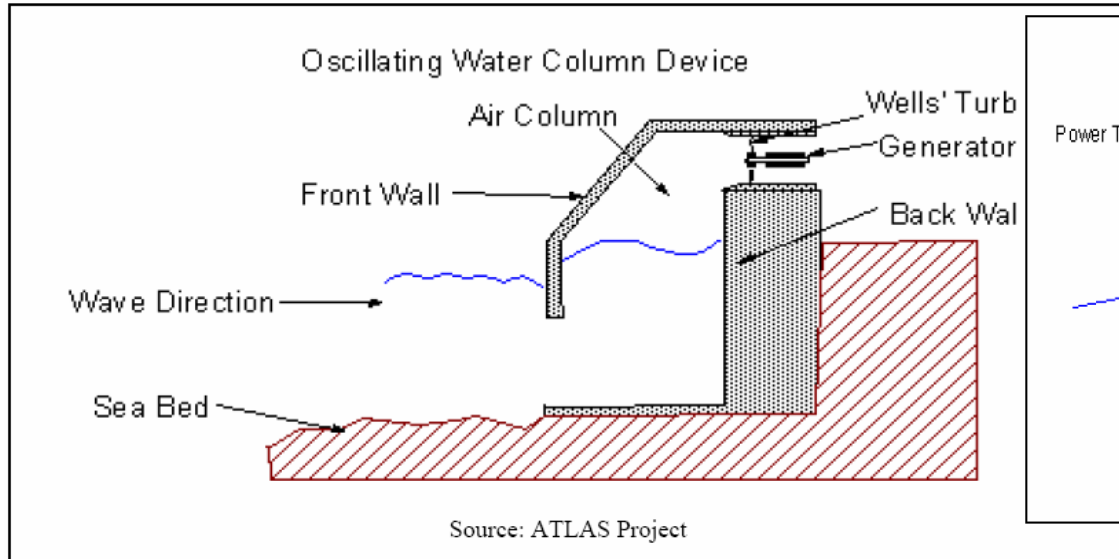
- ⌘ Az árapály jelenséget a Hold és a Nap a Föld forgására gyakorolt gravitációs hatása hozza létre
- ⌘ Létező és megvalósítható erőművek:
 - ☑ Franciaország: a La Rance folyó tölcsértorkolatában 240 MW-os erőmű
 - ☑ Anglia: a Severn folyónál
 - ☑ Kanada: Passamaquoddy erőmű a Fundy-öbölben (1935 a kísérlet kudarcot vallott)
 - ☑ Kalifornia: az északi parton komoly potenciális kapacitás
- ⌘ Környezetvédelmi, gazdasági és tájképi problémák miatt az alkalmazások késést szenvednek.

A hulláverések energiája

- ⌘ A hullámok felemelik és leejtik a homokszemcséket, amikor a hullám átgördül rajtuk. Ez az oszcilláló mechanikai energia elektromos energiává alakítható
- ⌘ Hullámenergiával meghajtott levegő kompresszorral, vagy oszcilláló vízoszloppal forgatható egy kétutas turbina és elektromos energia állítható elő.

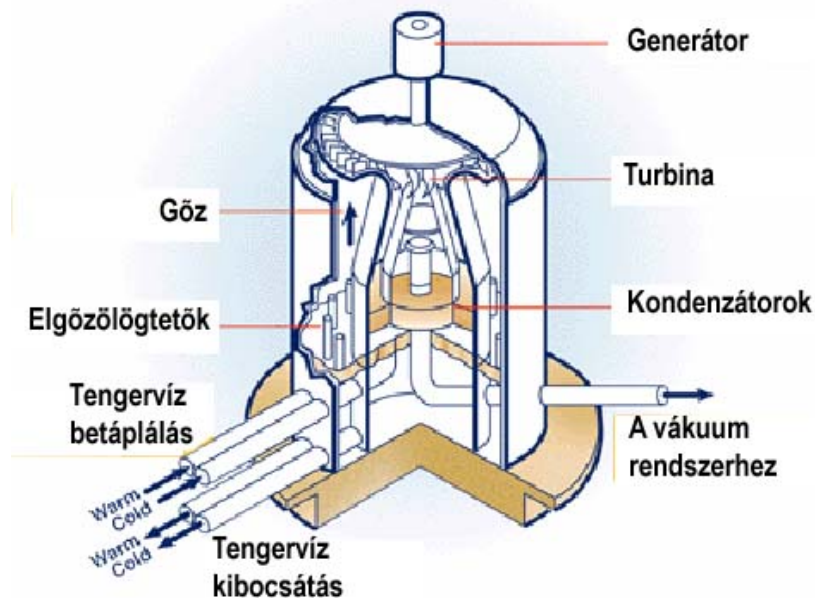


A hullámverés energia tartalma kW/m



Az óceánok termikus energiájának átalakítása (OTEC)

- ⌘ Hawaii-szigeteken működik egy kísérleti telep
- ⌘ Az energia kinyeréshez legalább $4,5\text{ }^{\circ}\text{C}$ hőmérséklet különbség szükséges a felszín és a mélyvíz között
- ⌘ A nyitott-ciklusú erőművek elpárologtatják a melegvizet és lekondenzáltatják a hidegvíz segítségével és így ivóvizet és elektromos energiát nyernek a váltakozó-áramú generátor segítségével
- ⌘ A zárt-ciklusú erőművek ammóniát párologtatnak el $25,6\text{ }^{\circ}\text{C}$ -on és turbina generátor rendszerrel állítanak elő elektromos energiát.



Ref.: <http://www.nrel.gov/otec/achievements.html>

Vizierőművek

● Nagy vizierőmű: *néhány MW-tól >10 GW-ig*

● Kis vizierőmű: 10 MW alatt, ezen belül:

● Kis vizierőmű : 2 MW-10 MW

● Mini-vizierőmű : 0,2 MW-2 MW

● Mikro-vizierőmű : <0,2 MW

Költség: nagy vizierőmű: ~ 2c€/kWh
kis vizierőmű: ~ 4c€/kWh

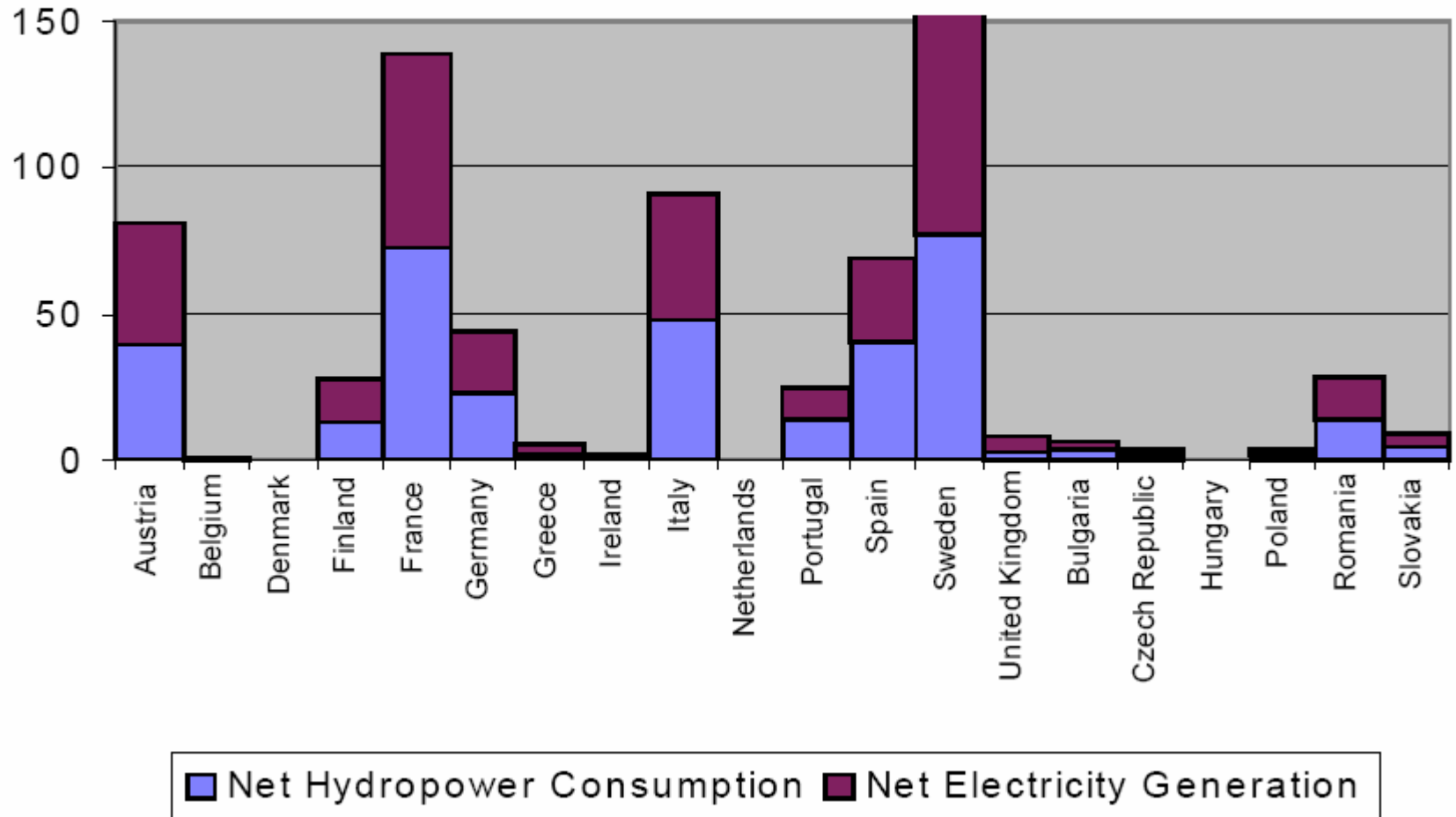


● Árapályerőmű (la Rance, 240 MW) 5-10c€/kWh.

● Hullámveréses erőmű ($1W/m^2$, 50 KW/m) ~ 8c€/kWh

● Az óceánok hőenergiája (nagyon költséges, de 100-szoros az energiája, mint a hullámverési energia)

Hydroelectricity in Europe 2001 (Billion Kilowatt-hours)



Mikro-vizierőművek az EU-ban

Ország	1999 (MW)
Olaszország	2 209
Franciaország	1 977
Spanyolország	1 543
Németország	1 502
Svédország	1 050
Ausztria	848
A többi ország	987
Összesen	10 116

Small hydro installed in the EU (MW) (Eurobserv'ER)

Magyarország műszakilag hasznosítható vízerőpotenciálja kb. 1000 MW, amely természetesen jóval több a valóban villamosenergia-termelésre hasznosított vagy hasznosítható vízerő-potenciálnál. A százalékos megoszlás durván az alábbi:

Duna 72%,

Tisza 10%,

Dráva 9%,

Rába, Hernád 5%,

egyéb 4%.

A teljes hasznosítás esetén kinyerhető energia 25-27 PJ, azaz 7000-7500 millió kWh évente.

Ezzel szemben a valóság az, hogy a Dunán nincs - és várhatóan a közeljövőben nem is lesz - villamosenergia termelésre szolgáló létesítmény, a Tiszán a - hazai viszonyok között nagynak számító - Tiszalöki Vízerőmű és, mint újabb létesítmény, a Kiskörei Vízerőmű található 11,5 MW és 28 MW beépített teljesítménnyel, a Dráván jelenleg nincs erőmű, a Rábán és a Hernádon, illetve mellékfolyóikon üzemel a hazai kis- és törpe vízerőművek döntő többsége, egyéb vizeinken működő energiatermelő berendezés nincs üzemben. A Duna, a Tisza és a Dráva vízerőpotenciáljának hasznosítása pillanatnyilag nem aktuális feladat.

Geotermális Energia

- ⌘ Az első geotermális erőmű Olaszországban épült 1903-ban
- ⌘ A kaliforniai The Geysers gejzírei gőzt és melegvizet szolgáltatnak, az erőmű teljesítménye 824 MWe.
- ⌘ A "Hot, dry rock" (HDR) (forró-sziklás) típusú geotermális erőművek a sziklába préselt vízből keletkezett gőzt hasznosítják.
- ⌘ Kisebb hőmérsékletek esetén egy légkondicionáló hőt von ki a talajból télen és ad le a talajnak nyáron.

First Geothermal Power Plant, 1904, Larderello, Italy

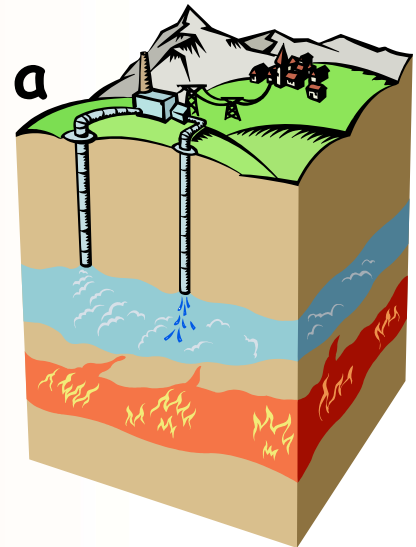


Geotermális energia

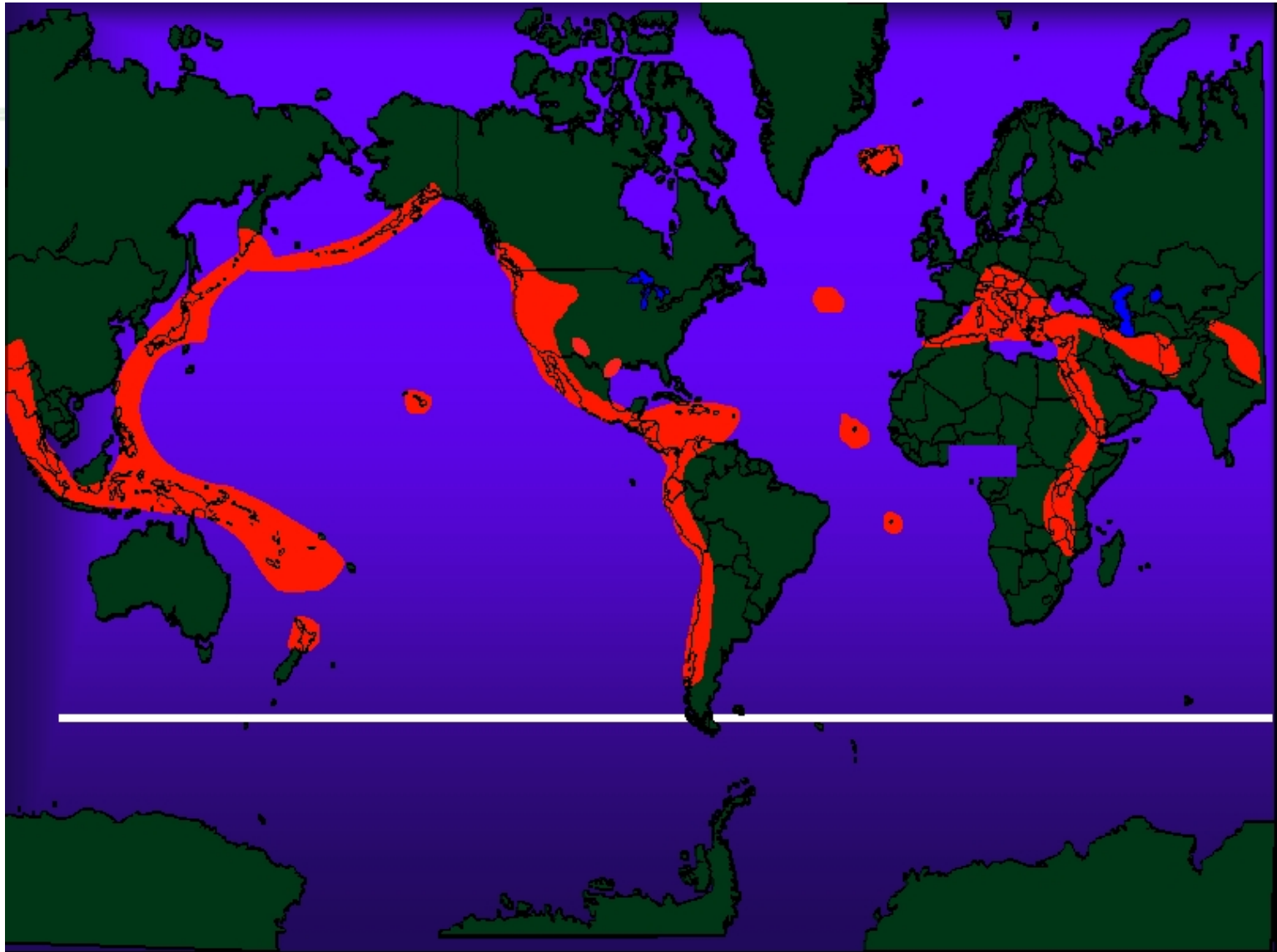
Eredet: radioaktivitás

^{235}U (18 J/g/y), ^{40}K vagy Th (0,8 J/g/y), ...

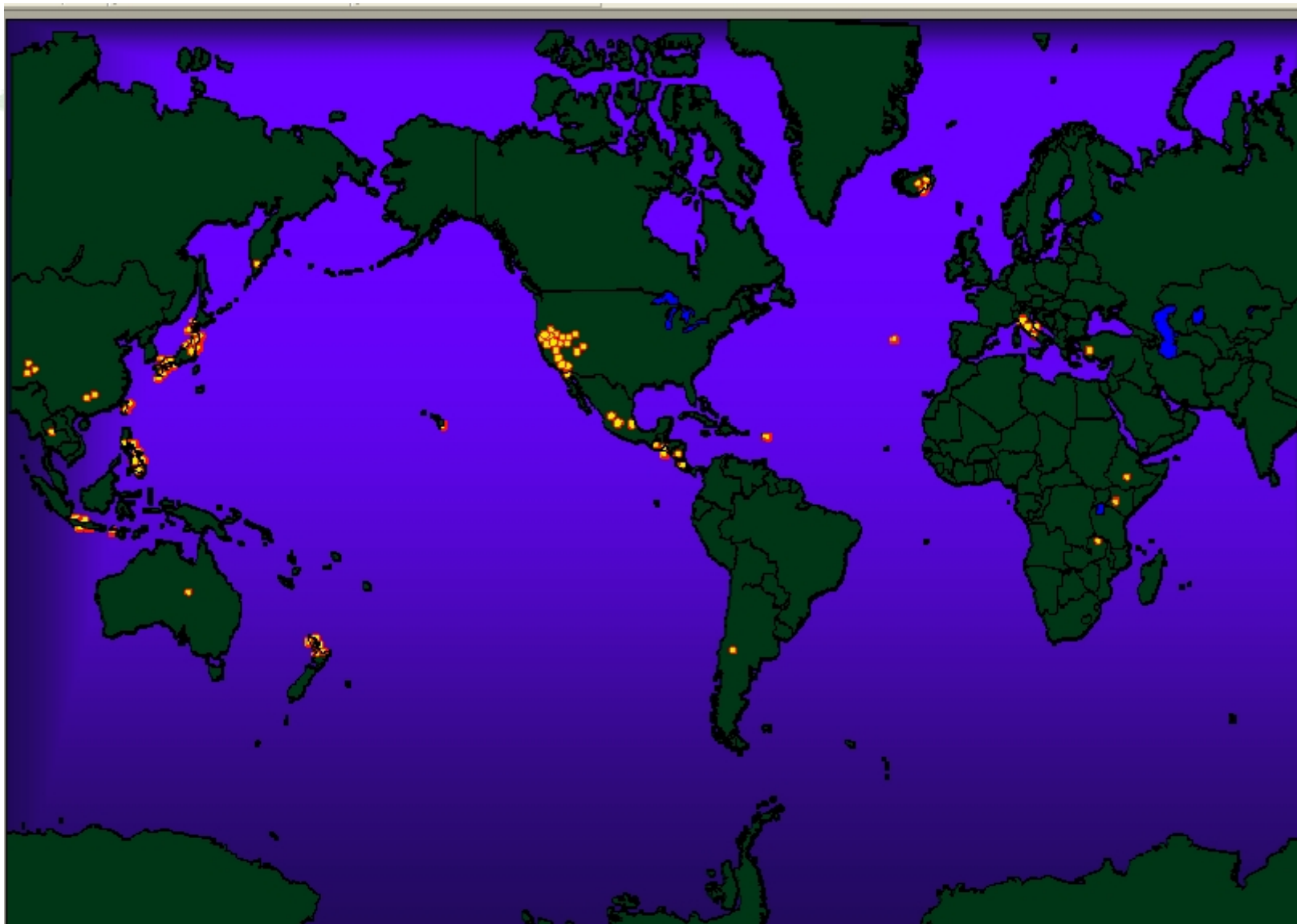
- 0,06 W/m² azaz 3500-szor kisebb, mint a napsugárzás fluxusa
- Geotermális gradiens = 3,3°C/100m
- vannak kedvezőbb területek is
- Kisentalpiás fluidumok (30°C-100°C) ⇒ hőhasznosítás
- Közepes- és nagyentalpiás fluidumok ⇒ villamos energia termelés
- CO_2 , CH_4 , N_2 , H_2S , vízkő(CaCO_3) korrózió



A Föld legjelentősebb geotermális energia tartalmú területei

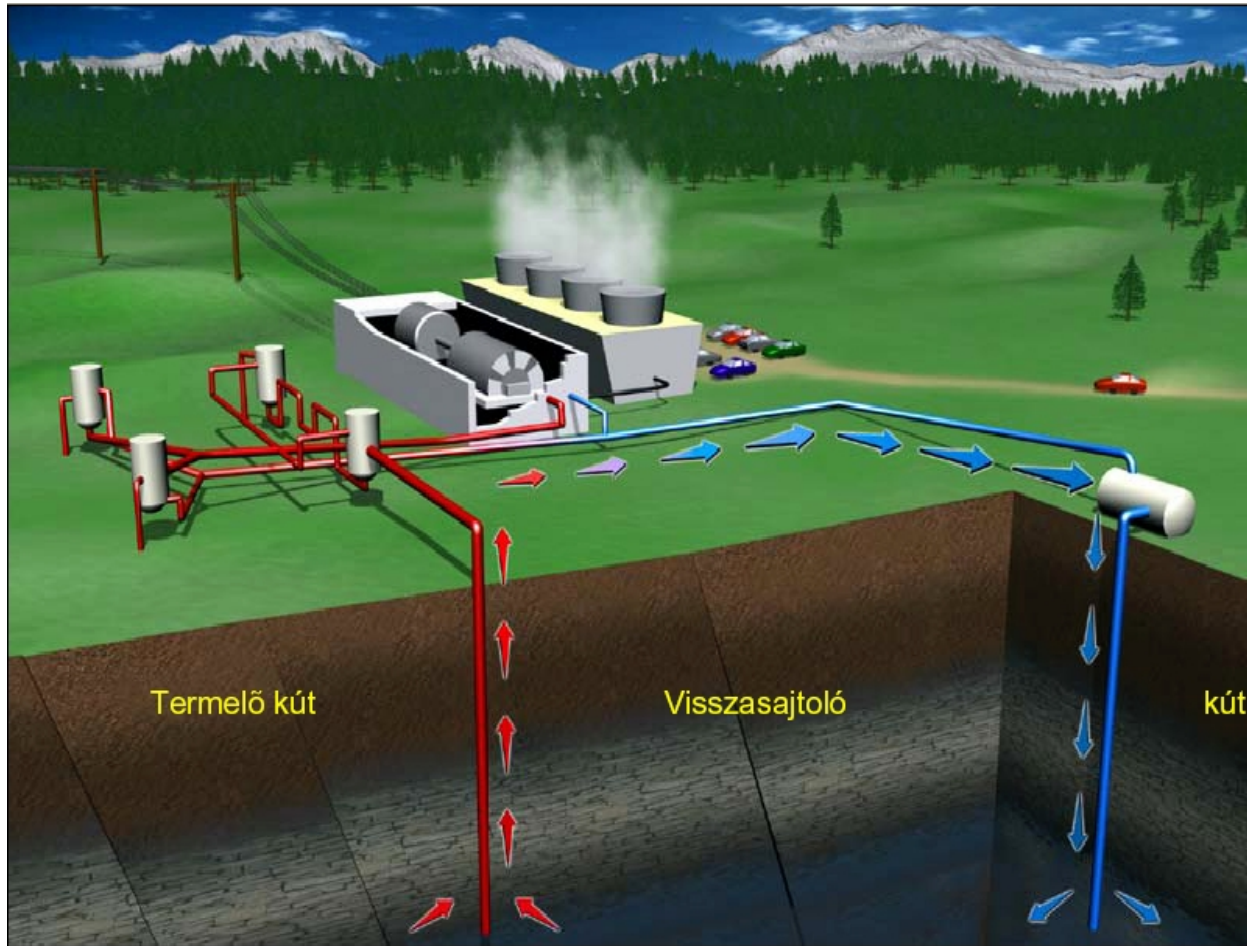


A világ geotermális erőművei (2000)

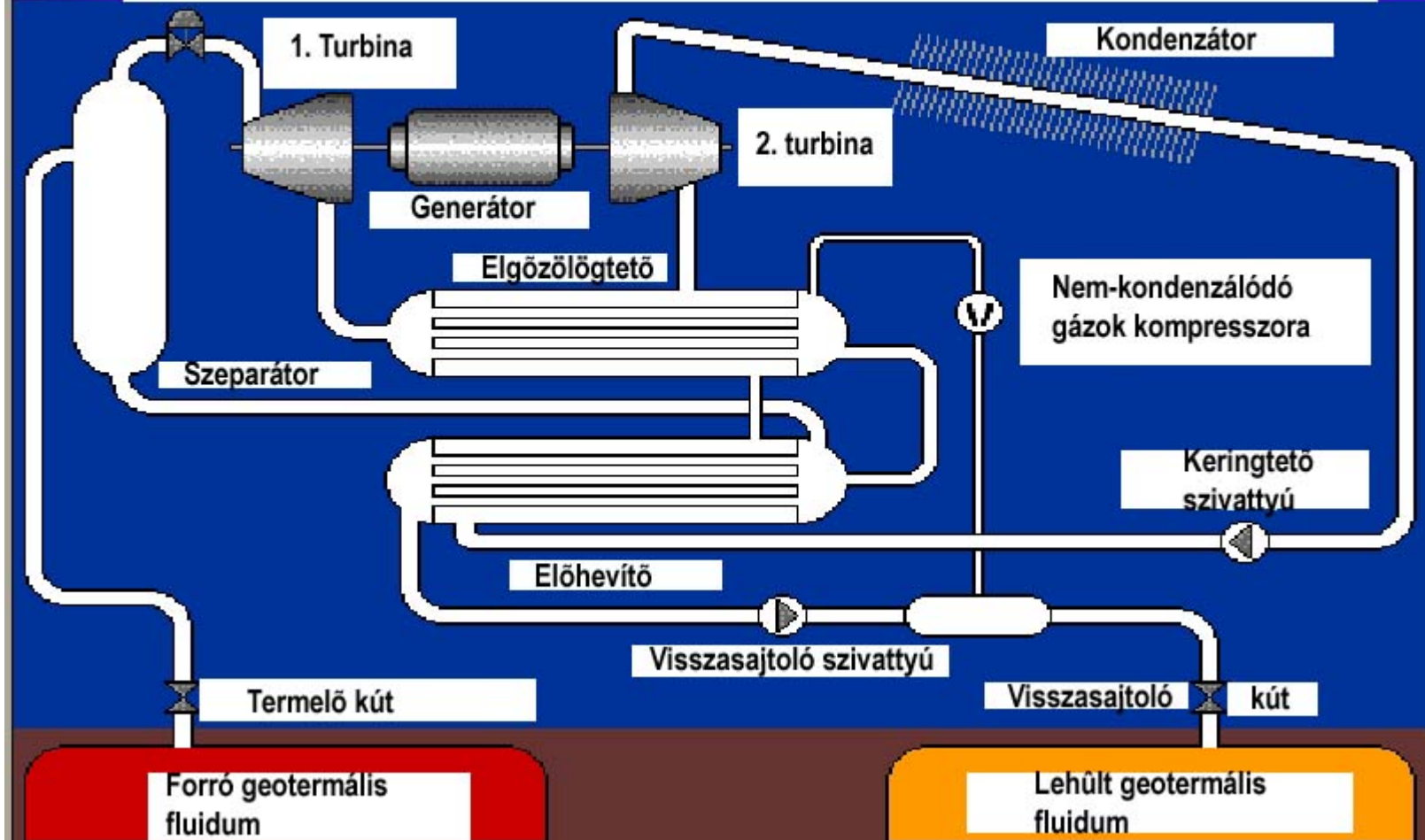


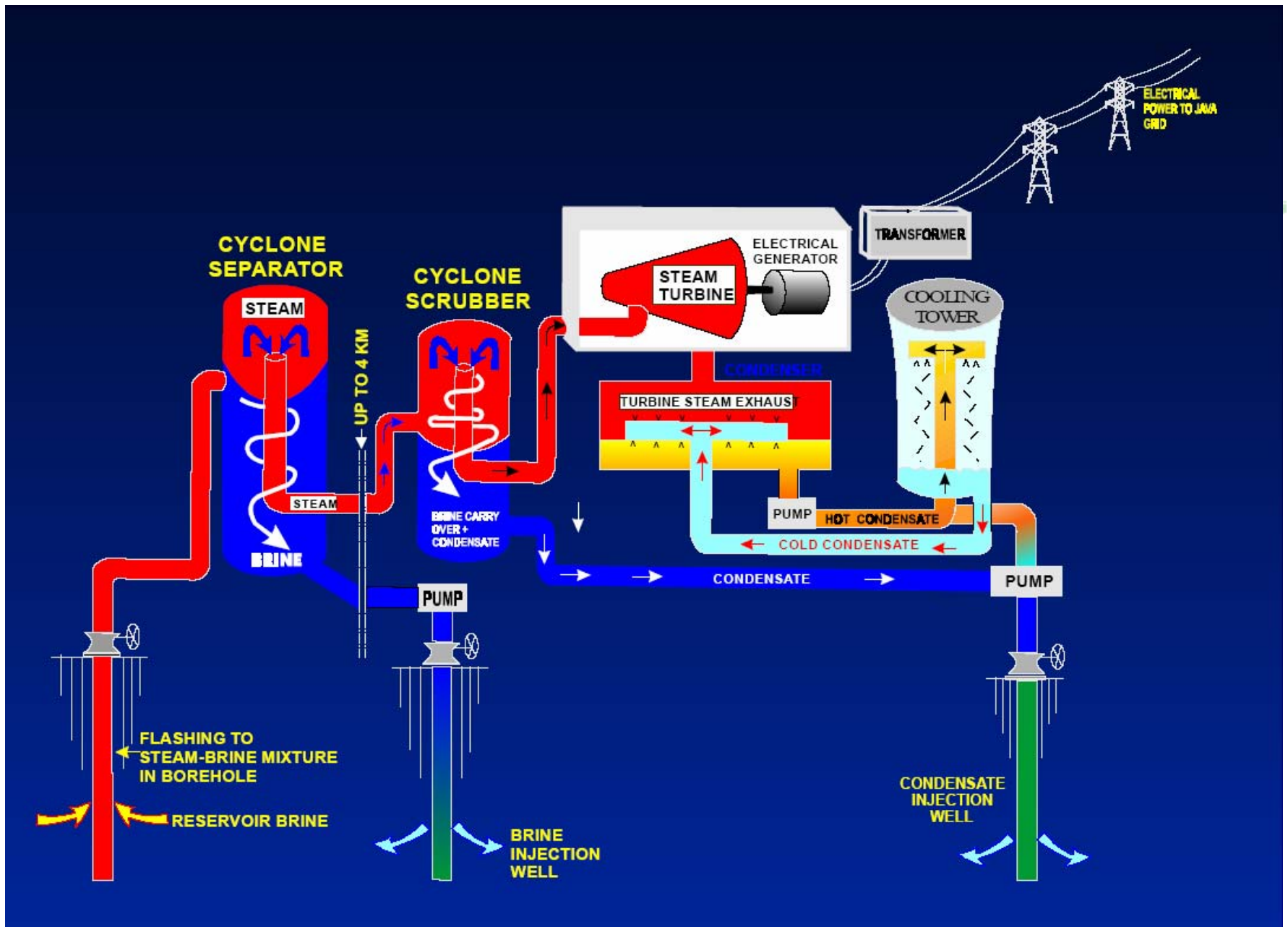
Geotermális erőművek:

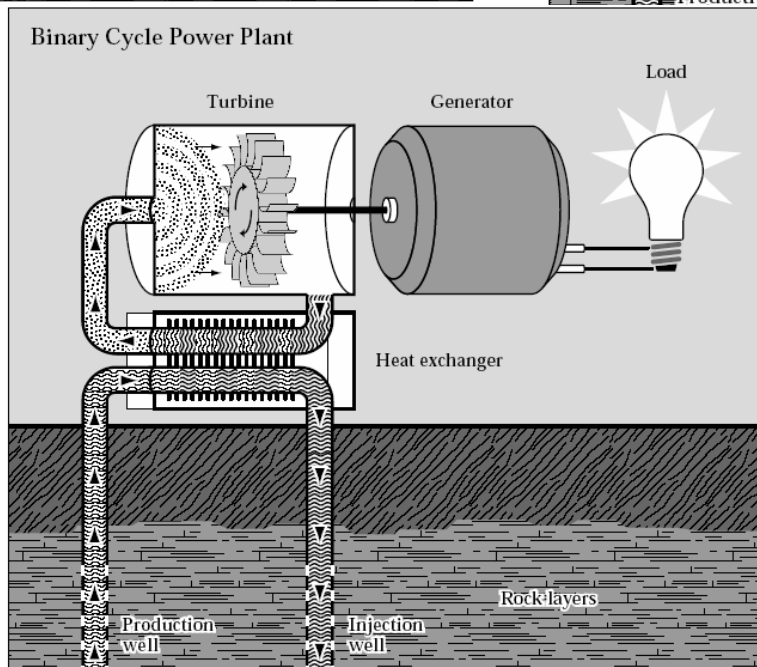
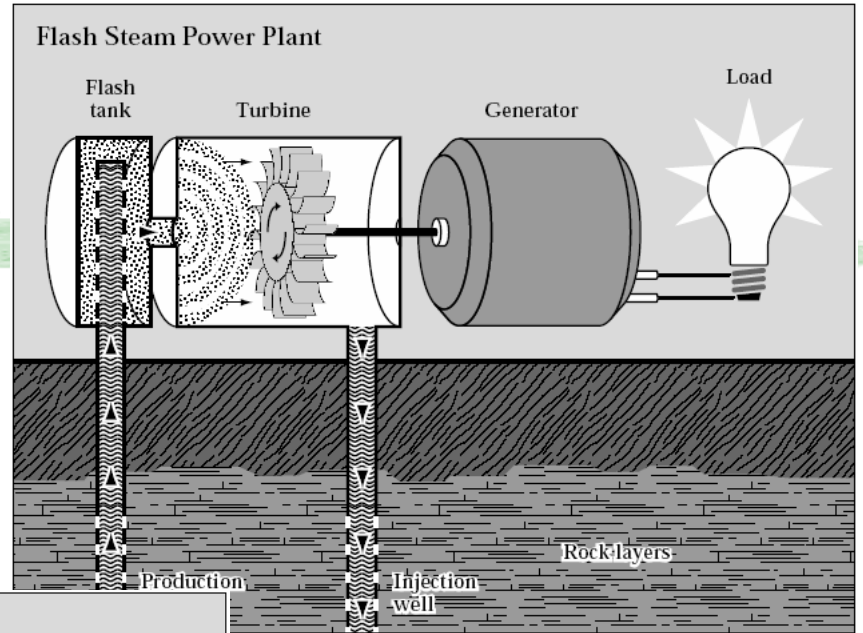
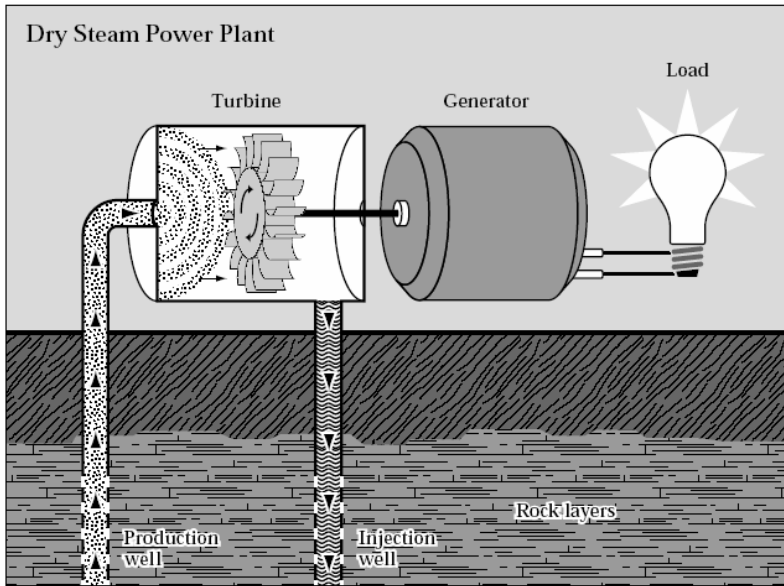
- száraz gőzzel
- nedves gőzzel
- bináris ciklusú

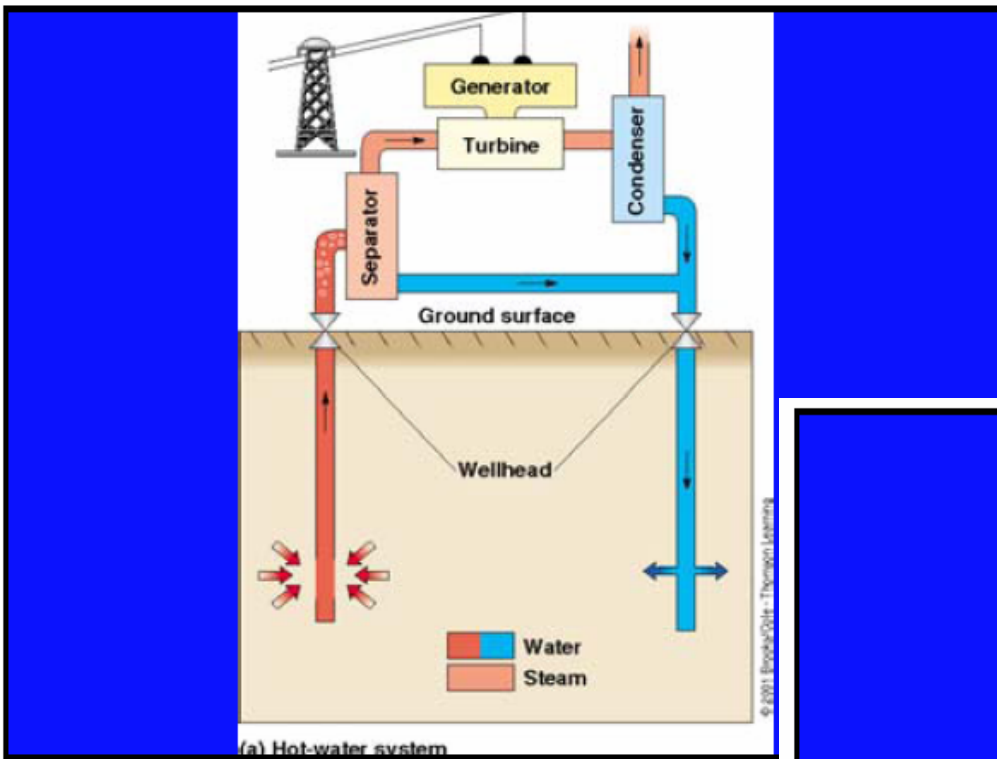


KOMBINÁLT CIKLUSÚ BINÁRIS GEOTERMÁLIS ERŐMŰ

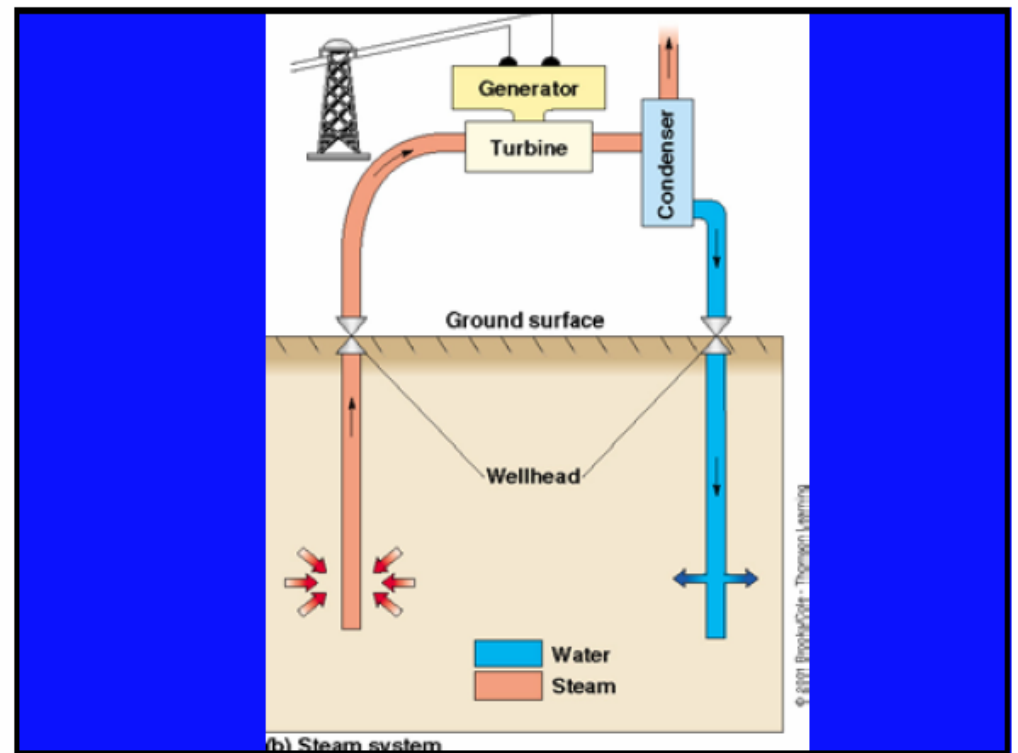








Forróvízes erőmű



Gőzerőmű

- A világon 2000-ben 21 országban 8500 MW erőművi kapacitás mellett 71 TW_e villamos energiát állítottak elő geotermikus erőművekben és 60 millió ember érintett a geotermikus energiatermeléssel és közvetlen hasznosítással kapcsolatban.

• Minimális hőmérséklet, °C):

- épületek fűtése (50°)
- melegházi fűtés (35°)
- mezőgazdasági-erdészeti kezelés (100°)
- Haltenyésztés (35°)
- Gyógyfürdők és barlangfürdők (35°)
- Ásványvizek (nincs előírás)
- Ásványi és vegyi termékek kezelése (120°)

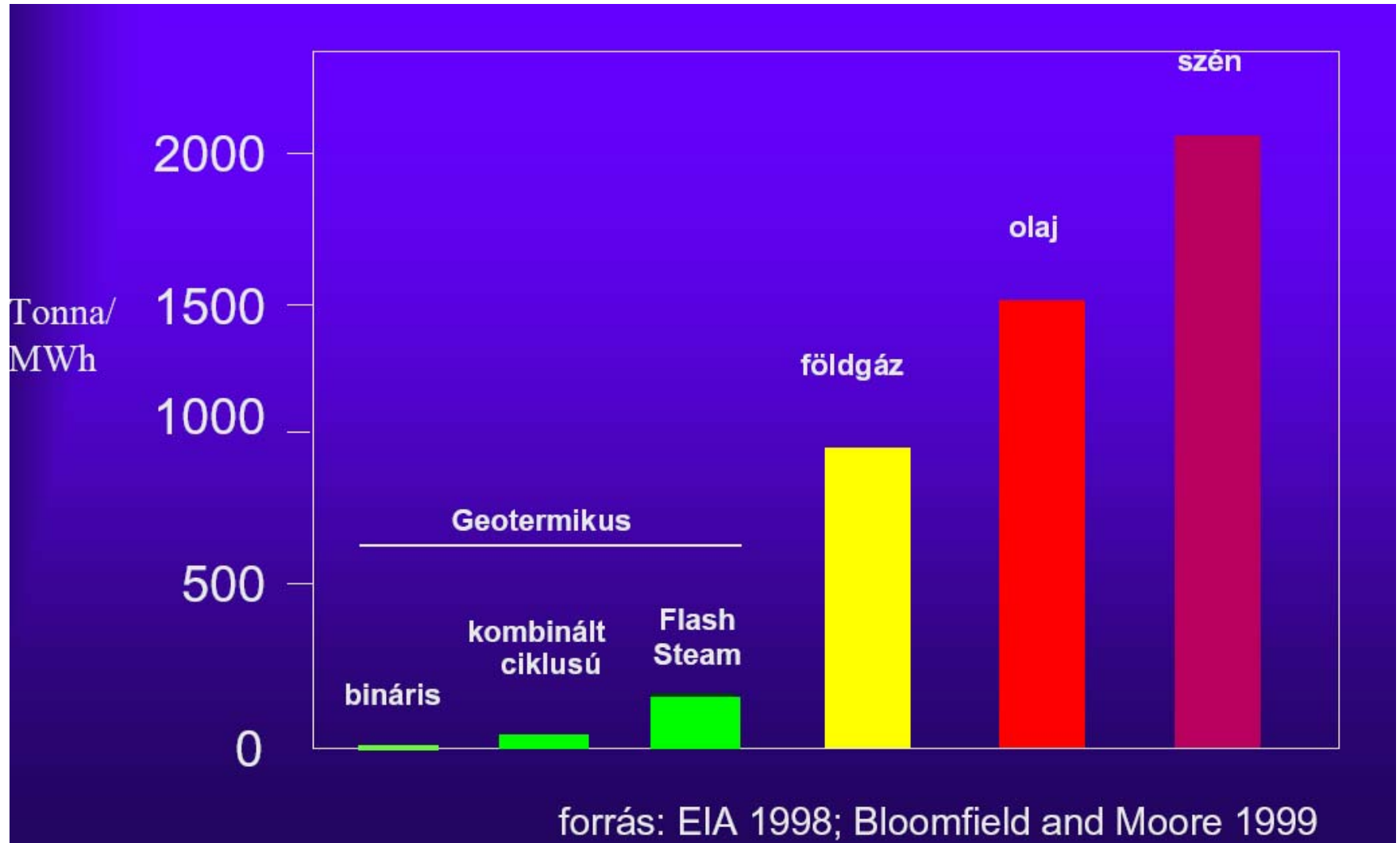
Kisentalpiás geotermikus erőművek az EU-ban

Ország	Kapacitás (MWth)	Termelt energia (GWh)
Franciaország	326,0	1360,0
Olaszország	324,6	1046,2
A többi ország	200,5	554,8
Összesen	851,1	2961

Low temperature geothermal (except geothermal heat pump) in the EU in 2000 (in m²) (Euroserv'ER)

Hőszivattyúk : 3,1 TWh 2000-ben 1,569 TW kapacitás (2,03 TWh Portugáliában)

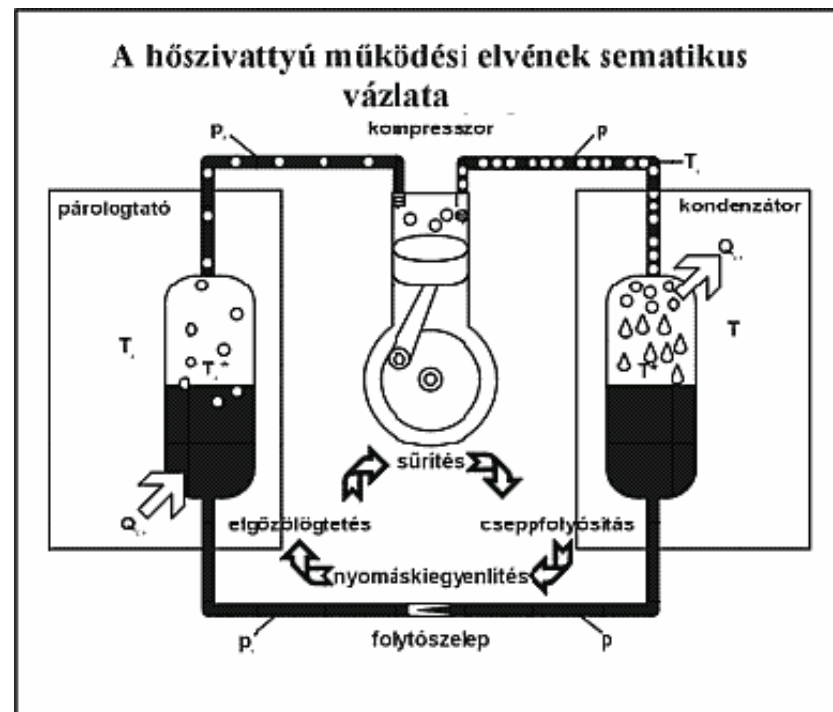
Geotermikus erőművek CO₂ emissziója



Speciális lehetőségek (hőszivattyúk, hőcsövek)

A hőszivattyú sok szakértő szerint reneszánszát éli. Működési elve lényegében azonos a hűtőszekrényével, hasznosítási módja azonban annak éppen a fordítottja. Mivel e két berendezés felépítésében és alkatrészeit tekintve csak méreteiben tér el egymástól, a hőszivattyút meleg nyári napokon adott esetben hűtésre is fel lehet használni. Meleg éghajlatú fejlett régiókban gyakran használják is erre a célra.

A kompressziós hőszivattyú (lásd. ábra) úgy működik, hogy egy megfelelő összetételű alacsony nyomású és alacsony hőmérsékletű hűtőközeget a párologtató egységben valamely hőforrásból származó hő (pl. a talajvízé, a talajé, a levegőé, a napenergiával működő berendezések hulladékhője) közlése révén elpárologtatnak, a kondenzátorban pedig a gázt mechanikus energia közlésével komprimálják, ezáltal nő a hűtőanyag gőzének nyomása és hőmérséklete. A magasabb nyomáson a hűtőanyag forráspontja is magasabb. Ez a hő vonható fűtésre. A második hőcserélőben, amelyben az anyag újra folyékony halmazállapotúvá válik, az alacsony hőmérsékleten felvett párologási hő átadódik a fogyasztó körbe (fűtési kör). Az újra folyékony halmazállapotú hűtőanyag egy szabályozószelepen áthaladva visszajut a kisnyomású párologtatóba, és ott újból elpárolog.



Annak eldöntésére, hogy alkalmas-e fűtésre a hőszivattyú vagy nem, egy-egy esetben a munkaszám ad támpontot. A munkaszám azt jelenti, hogy a hőszivattyú által leadott energiamennyiség hányszorosa a működtetéshez felhasznált elektromos energiának. Az elérhető munkaszám elsősorban a hőforrás és az előremenő hőmérséklet különbségétől függ. A hőfokkülönbség 1 °C-os csökkentésével 2,5% elektromos energiamegtakarítás jár együtt.

A talajvíz a hőszivattyúk működtetésének ideális eleme, mivel egész évben rendelkezésre áll, hőmérséklete pedig viszonylag állandó. Olyan házakban, amelyeknek minden helyiségében padlófűtés működik, csak 35 °C-os előremenő víz hőmérsékletre van szükség. Ebben az esetben az éves munkaszám 4, szélsőséges esetben akár 6 is lehet. Még 55 °C-os előremenő hőmérséklet mellett is megvalósítható a hőszivattyú monoenergikus alkalmazása.

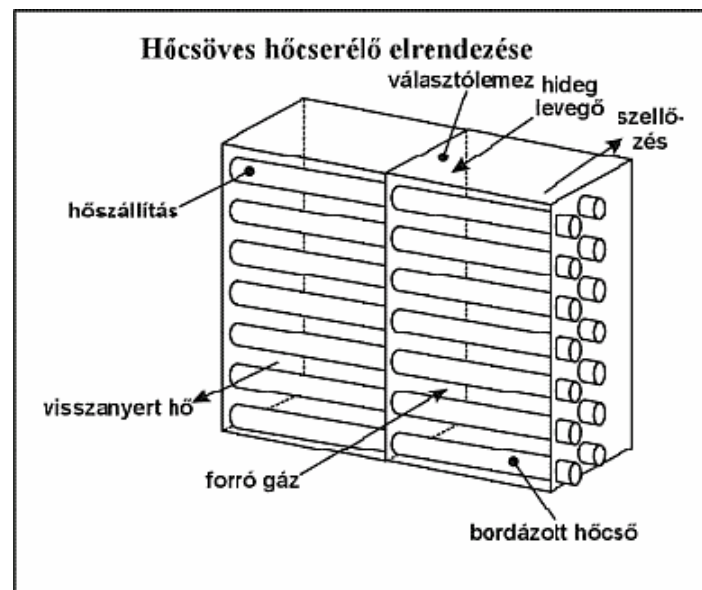
Levegős hőszivattyúk (lásd ábra) nagyon könnyen telepíthetők, azonban az alacsony forráshőmérséklet miatt a legnagyobb energiaigényű évszakban (tél) is nagyon alacsony a munkaszámuk. Alkalmazásuk olyan épületek esetében is meggondolandó, amelyek fűtésére elegendő a 35 °C-os előremenő víz hőmérséklet. Ha ennél magasabb hőmérsékletű fűtővíz is kell, alternatív fűtést célszerű készíteni.



A hőszivattyú teljesítményére ezenkívül a talaj minősége, fajtája is jelentős hatással van. A nagy talajvíztartalmú, agyagos talaj az eddigi tapasztalatok szerint például kiválóan alkalmas hőforrás, ezzel szemben a homokos talaj nem.

A hőszivattyúk telepítése drága, ugyanakkor működtetésük gazdaságos, környezetbarát.

A **hőcsöves hőcserélő** egy köteg, kívülről bordázott csőből áll, amelyeket egyedileg hőcsővé alakítottak. A hőcsőn végbemenő, párolgásból és kondenzálódásból álló körfolyamat biztosítja a hőszállítást a hőcsövek elpárologtatóiból a csövek kondenzáló szakaszába. Az előbbieket abba a gázcsatornába nyúlnak, amelyben a hulladékhőt hordozó közeg áramlik, az utóbbiak pedig az előmelegítendő levegőt szállító csatornában helyezkednek el. A csatornában a két közeg ellenáramban halad. Ezt szemlélteti a mellékelt ábra.



A hőcsöves hőcserélők előnyei a hulladékhő hasznosításának szempontjából a következők:

- Nincs mozgó alkatrész és nincs szükség külső energiára, ezáltal nagy a megbízhatóságuk.
- A primer és szekunder közeg keveredése, vagyis egyiknek a másikkal való szennyeződése teljesen kizárt, mivel szilárd fal van a meleg és a hideg áram között.
- Széles méretválaszték áll rendelkezésre, az egység általában önhordó, és alkalmas bármilyen hőmérsékleten való alkalmazásra, kivéve a legmagasabb hőmérsékleteket.
- A hőcsöves hőcserélő teljesen reverzibilis, azaz bármelyik irányban működhet.
- A kondenzátum összegyűjtése is megvalósítható a távozó gázból és a megfelelő bordasűrűségű csövek használata szükség esetén lehetőséget ad a könnyű tisztításra.

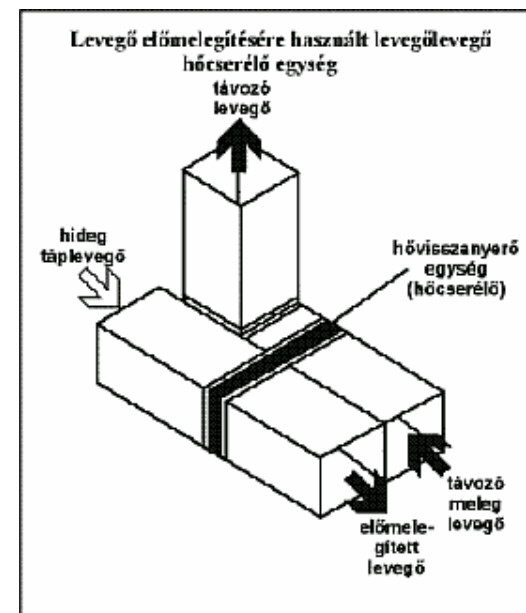
Ezeknek a hőcserélőknek az alkalmazása három fő csoportba sorolható:

- hőhasznosító és légkondicionáló rendszerek alkalmazása általában viszonylag alacsony hőmérséklettel és egyszerű üzemviszonyokkal,
- valamely folyamat távozó gázáramából a hő hasznosítása helyiségek fűtőlevegőjének előmelegítésére,
- egy technológiai folyamat hulladékhőjének visszanyerése és újrafelhasználása pl. az égéshez szükséges levegő előmelegítésére.

A hőcsöves hőhasznosító berendezésekben használt anyagok és folyadékok fajtája nagymértékben függ a működési hőmérséklet-tartomány, és ami a külső csőfelületet és bordákat illeti, a környezet szennyezettségétől is. A légkondicionáláshoz és más esetekben, amikor az üzemviszonyok olyanok, hogy a hőmérséklet nem haladja meg a csövekben a $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ -ot, freonokat és acetont használnak. Ha a hőmérséklet-tartomány feljebb van, legjobb vizet használni. Kemencék és közvetlen gázfűtésű levegőrendszerek forró füstgáza esetén magasabb hőmérsékletű szerves folyadékok használhatók.

Az első hőcsöves hőcserélő berendezést hővisszanyerésre használták (elvi vázlatát lásd az ábrán).

A hőcsöveket nemcsak a hővisszanyerés területén használják. Vizsgálják a közvetlen fűtés lehetőségét pl. gázégővel. Fűtési célokra meleg levegőt, vagy meleg vizet szolgáltató berendezést használnak. Ebben a megoldásban az elpárologtató szakasz a hőcső közepén, míg a kondenzáló szakaszok a végeken vannak. A berendezést gázégő fűti, amelyet termosztáttal oly módon szabályoznak, hogy a víz hőmérséklet $55\text{-}80\text{ }^{\circ}\text{C}$ között legyen. A másik kondenzáló szakasz alá ventilátort helyeztek el, amely a meleg levegőt a helyiségbe fújja.



Energia átvitel (szállítás)



- ⌘ Az energiaszállítás elektromos energia vagy hidrogén formában történik, melyek nem természetes energiahordozók
- ⌘ Az elektromos távvezetékekben az energiaátvitel hővesztesége (~2-5%)
- ⌘ A hidrogént a víz elektrolízisével, földgáz krakkolásával, vagy bakteriális úton állítják elő
- ⌘ A hidrogén csővezetékekben jelentős energiaveszteség nélkül szállítható

Villamos hálózatok

A hálózatok feladata a villamos energia *szállítása és elosztása*.

A villamos energiát továbbító vezetők elhelyezésétől függően megkülönböztetünk szabadvezeték- és kábelhálózatot.

Szabadvezeték hálózat távvezetékei oszlopokra erősített szigetelőkön elhelyezett csupasz vezetékek (sodronyok).

Kábelhálózat vezetői megfelelően szigetelt kábelek, rendszerint a föld alatt vagy zárt csatornában elhelyezve.

Alállomás: a hálózat csomópontjában az áram útját jelöli ki, vagy a különböző feszültségű hálózatokat kapcsolják össze (kapcsolóállomások, transzformátorállomások).

A hálózatok a *feszültség-szinttől* függően lehetnek:

nagyfeszültségű (35 kV, 750 kV)

középfeszültségű (3-35 kV)

kisfeszültségű (220V, 380 V) hálózatok.

A villamos energiát az erőművekből Magyarországon az *országos alaphálózat*on keresztül juttatják el a különböző elosztási pontokra. A 750, 400 és 220 kV-os alaphálózat üzemeltetője a Magyar Villamosművek Részvénytársaság. Ezután a 120 és 35 kV feszültségű *főelosztóhálózat*on keresztül jut a villamos áram a 20 és 10 kV középfeszültségű elosztóhálózat szabadvezetékeibe vagy kábeljaiba. A kisfeszültségű hálózat 3x380/220 V feszültség-szintű szabadvezeték, szigetelt vezeték vagy kábel.

Energia tárolás

- ⌘ A megújuló energiák termelése (átalakítása) gyakran szakaszos és a folyamatos használathoz tárolás szükséges.
- ⌘ Energia tárolható levegő komprimálása, lendkerekek forgatása, víz potenciális energiájának növelése (szivattyúzás) révén.
- ⌘ Az akkumulátorokat hagyományosan kisebb energiaigények kielégítésére és elektromos járművek hajtására alkalmazzák.



Energia a szállításban



- ⌘ A légi és földi szállítás nagy energiasűrűségű üzemanyagokat (folyadékokat) igényel
- ⌘ A személy- és teherautóknál a szilárd földgáz szolgáltatás verseng a komprimált földgáz szolgáltatással
- ⌘ Kísérleteznek nagynyomású hidrogénnel hajtott sugárhajtóműves járművekkel is, mely kétséges vállalkozás.



Komprimált földgázzal üzemelő gépjármű

Megosztott energiatermelés



- ⌘ Megosztott energiatermelésnél az energiát helyben termelik (alakítják át) és egy része megosztásra, vagy a közeli fogyasztókhoz kerül.
- ⌘ A megosztott energiatermelés kiküszöböli a nagy távolságokra történő szállításnál föllépő veszteségeket.
- ⌘ Példa erre a szél- és napenergia közös hasznosítása néhány ház, vagy lakótelep között.
- ⌘ A rendszer stabil, de veszélyes lehet a hálózati szerelőkre áramszünet esetén, amikor a lokális megosztott rendszer áramot táplálhat vissza a fő hálózatba.

Energia kereskedelem

- ⌘ Racionális döntéseket igényel
- ⌘ A PV drága (\$5/watt a berendezés+ \$5/watt a szállítás és beüzemelés = \$10/watt), míg a szélenergia olcsóbb (\$1.5/watt a berendezés+ \$5/watt a beüzemelés = \$6/watt total)



A megújuló energiaforrások általános jellemzése

Források

	Nap	Szél	Geotermikus	Biomassza	Óceán	Vizierőmű (kicsi)
Nagyság	nagyon nagy	nagy	nagyon nagy	nagyon nagy	nagyon nagy	nagy
Eloszlás	világszerte	parti, hegyi, síksági	tektonikus határokon	világszerte	parti, trópusi	világszerte, hegyi
Állandóság	naponta, évszakonként, időjárás függő	erősen változó	állandó	évszakonként, időjárás függő	évszakonként, árapályban	évszakonként
Intenzitás	kicsi (1 kW/m ² max.)	kicsi-közepes (0,8 MW/km ²)	kicsi-közepes (up to 600°C)	közepes-alacsony	kicsi	közepes-alacsony

Technológia

	Nap	Szél	Geotermikus	Biomassza	Óceán	Vizierőmű(kicsi)
Megoldások	alacsony-magas hőmérsékletű termikus rendszerek, fotoelektromos berendezések, passzív rendszerek, biokonverzió	Vízszintes és függőleges tengelyű szélturbinák, szélenergiás szivattyúk, szélenergiaerőművek	Gőz-és bináris termodinamikai ciklusú erőművek, teljesáramú turbinák, HDR	Tüzelés, fermentáció, kezelés, elgázosítás, csppfolyósítás	kis-hőmérsékletű termodinamikai ciklusok, mechanikai hullám oszcillátorok, árapály gátak	kis és nagynyomású turbinák és gátak
Státusz	fejlesztés alatt, kevés üzemben	számos üzemben, több fejlesztés alatt	számos üzemben, több fejlesztés alatt	számos üzemben, több fejlesztés alatt	fejlesztés alatt	zömében üzemben
Kapacitási tényező	<25% w/o tárolás, köztes	változó, legtöbbször 15-30%	magas, alapterhelés	igény szerint, rövid idejű tárolás	az alapterheléssel szakaszos	az alapterheléssel szakaszos
fejlesztendő paraméter	anyagok, költségek, határfokok	anyagok, kialakítás, elhelyezés	feltárás, kinyerés, HDR alkalmazás	technológia, mezőgazdasági és erdőszeti alkalmazás	technológia, anyagok és költségek	turbinák, költségek, kialakítás

Költségek (2000)

Energiatermelési fajlagos költségek ECU/MWh

Geotermikus energia

Biomassza energia

Napenergia

Tüzelőolaj

Földgáz

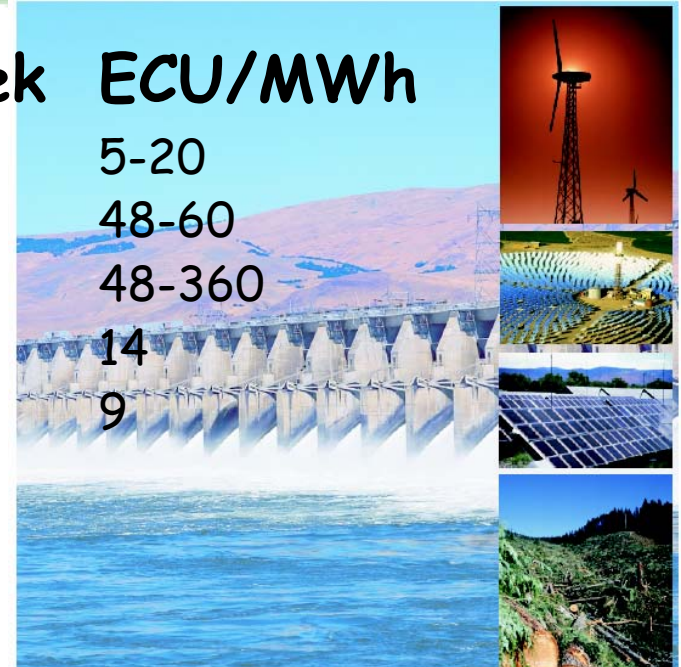
5-20

48-60

48-360

14

9



1993 Costs of Electricity at Power Plant (cents/kWh)

	Fuel	Operating	Maintenance	Total
Coal	1.531	0.172	0.262	1.967
Gas	2.833	0.236	0.332	3.402
Oil	2.609	0.347	0.451	3.408
Nuclear	0.602	0.962	0.587	2.152

	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2000-2025
Coal (\$/ton)	17.18	16.56	15.14	14.77	14.57	14.59	-15.08%
Oil (\$/barrel)	28.35	28.65	32.51	32.95	33.02	33.05	16.58%
Natural Gas (\$/Mcf)	3.83	2.91	3.34	3.51	3.67	3.92	2.35%

Az EU megújuló energiaforrással üzemelő erőműveinek összehasonlítása 1997

	Geotermikus erőmű	Kis vízi erőmű	Szél erőmű (parti)	Városi szilárd hulladék égető	Hull. lerakó biogáz	Anaerob kezelés (mezőgazd. hulladék)	Napenergiás fényelem (PV)	Árapály erőmű	Hullám erőmű (partmenti)
tipikus kapacitás (MW _e)	10-55	0.001-10	0.41	10-27	1	1	1-100 kW	240	2
rendelkezésre állás %	95	>95	98	90	90	90	70-99	90	94
teljesítmény tényező (%) (az erőmű éves termelési ideje %-ban)	65-85	15-95	18%-35% (24%)	90	80	27	3-15	26	25
építési idő (év)	1-3	1-2	0.25	2-3	1	1	10-180 days	7	< 1
gazdaságos élettartam (év)	25	40	15	20	15	20	15-25	>40	30
Fajlagos beruházási költség (ECU/MW)	2,300-1,400	970-3,600	850-1,100	5,000-6,400	1,200	7,260-8,470	24,200-5,500	2,100-2,800	-
Fajlagos fix üzemelési és karbantartási költség (ECU/MW)	49-46	18-30	24-36	379-429	67-202	600-726	jelentéktelen	109-145	-
Fajlagos termelési költség (ECU/MWh)	55 – 30	22 - 140	36 – 84	24 – 160	42	120 – 160	1,250-620	120 – 160	110
EU beépített kapacitás (MW _e)	834*	9,000	3,500	1,437	298	150	60	240	0
Világ beépített kapacitás (MW _e)	7,679	27,900	4,821	3,069	1,385	5,300-6,300	376	261	0

Következtetések



- ⌘ A megújuló energiaforrások használata a világ energiaellátási problémáira egy hosszú távú segítséget jelentenek
- ⌘ A gazdaságosság megítélésénél egyre inkább a hosszú távú és összes költségek válnak döntővé
- ⌘ A fosszilis energiahordozók árainak növekedése elősegíti a megújuló energiaforrásokra való áttérést

Irodalom: könyvek

- ⌘ Brower, Michael. *Cool Energy*. Cambridge MA: The MIT Press, 1992. 0-262-02349-0, TJ807.9.U6B76, 333.79'4'0973.
- ⌘ Duffie, John and William A. Beckman. *Solar Engineering of Thermal Processes*. NY: John Wiley & Sons, Inc., 920 pp., 1991
- ⌘ Gipe, Paul. *Wind Energy for Home & Business*. White River Junction, VT: Chelsea Green Pub. Co., 1993. 0-930031-64-4, TJ820.G57, 621.4'5
- ⌘ Patel, Mukund R. *Wind and Solar Power Systems*. Boca Raton: CRC Press, 1999, 351 pp. ISBN 0-8493-1605-7, TK1541.P38 1999, 621.31'2136
- ⌘ Sørensen, Bent. *Renewable Energy, Second Edition*. San Diego: Academic Press, 2000, 911 pp. ISBN 0-12-656152-4.

Irodalom: Internet



- ⌘ <http://awea-windnet@yahoogroups.com>. Wind Energy elist
- ⌘ <http://awea-wind-home@yahoogroups.com>. Wind energy home powersite elist
- ⌘ <http://geothermal.marin.org/> on geothermal energy
- ⌘ <http://mailto:energyresources@egroups.com>
- ⌘ <http://rredc.nrel.gov/wind/pubs/atlas/maps/chap2/2-01m.html> PNNL wind energy map of CONUS <http://windenergyexperimenter@yahoogroups.com>. Elist for wind energy experimenters
- ⌘ <http://www.dieoff.org>. Site devoted to the decline of energy and effects upon population
- ⌘ <http://www.ferc.gov/> Federal Energy Regulatory Commission
- ⌘ http://www.hawaii.gov/dbedt/ert/otec_hi.html#anchor349152 on OTEC systems
- ⌘ <http://telosnet.com/wind/20th.html>
- ⌘ <http://www.google.com/search?q=%22renewable+energy+course%22>
- ⌘ <http://solstice.crest.org/>
- ⌘ http://dataweb.usbr.gov/html/powerplant_selection.html