

9. előadás: Elektromos energia előállító „technológiák” és környezeti hatásai.

Az elektromos energia előállító „technológiák” áttekintését ez a fejezet a kimenő elektromos teljesítmény alapján osztályozza és mutatja be.

A fejezet tartalomjegyzéke

Nagy teljesítményű elektromos energia előállító rendszerek (50-1000 MW)

- 9.1. Elektromos energia előállításának alapvető fizikai ismeretei
- 9.2. Széntüzelésű hőerőművek. Zéró emissziójú erőművek
- 9.3. Gázturbinás kogenerációs erőművek. Kombinált ciklusú gázturbinás erőművek
- 9.4. Atomerőművek. (nyomott vizes, gázos)
- 9.5. Vízerőművek

Közepes teljesítményű elektromos energia előállító rendszerek (0,2-10 MW)

- 9.6. Szélerőművek
- 9.7. Naperőművek
- 9.8. Napelemes erőművek

Kis teljesítményű elektromos energia előállító rendszerek (0,2-10 MW)

- 9.9. ORC erőművek
- 9.10. Stirling motoros erőmű

Hordozható elektromos energia előállító rendszerek (0,01-200 kW)

- 9.11. Elemek, Akkumulátorok
- 9.12. Energia cella (üzemanyagcella)

9.1. Elektromos energia nagyteljesítményű előállításának alapvető fizikai ismeretei

Jelenleg és a jövőben a következő fizikai úton tudunk elektromos energiát előállítani:

- Elektromágneses indukció útján elektromos energiát előállító rendszerek (Generátorok). Fizikai leírás. Faraday-féle indukciós törvény.

$$U_1 = N_1 \frac{d\Phi}{dt}$$

1. ábra. Faraday-féle indukciós törvény



2. ábra Erőmű Pécsen. A gőzturбина és az 50 MW-os generátor

<http://biomassza-pannonpower.dalkia.com/text/a-biomassza-eromu/kazan/>

- Kémiai energia átalakítása elektromos energiává (Elemek, Akkumulátorok, Üzemanyagcella)



3. ábra Lítium alapú akkumulátor felépítése

http://ezermester.hu/cikk-2130/Litium_alapu_akkumulatorok

- Fotóeffektus útján elektromos energiát előállító rendszerek: (Napelemek)



4. ábra. Monokristályos és polikristályos napelemek

http://napelem.net/napelemes_rendszer/monokristalyos_polikristalyos_napelem.php

Nagy teljesítményű elektromos energia előállító rendszerek (50-1000 MW)

9.2. Széntüzelésű hőerőművek. Zéró emissziójú erőművek

Mátrai Erőmű Zrt <http://www.mert.hu/hu>

<http://www.mert.hu/hu/virtualis-seta>

A legrégebbi technológia. Ezek a „hagyományos” erőművek lehetnek *szén-, olaj- és földgáz-bázisú hőerőművek*: Napjainkban a legnagyobb arányban ezek széntüzelésű erőművek (Kína, USA, Oroszország). Ezekben a kémiai energia hővé történő átalakítása a tüzelőberendezéssel ellátott kazánokban történik meg, s a tüzelőanyaggal bevitt energia 70-90 %-a gőzhő formájában lép ki a kazánból. Csak elektromos energiatermelés esetén hatásfoka 25-34 %. Ezek az adatok a kondenzációs turbinában illetve turbógenerátorban fejlesztett villamos energiára vonatkoznak.

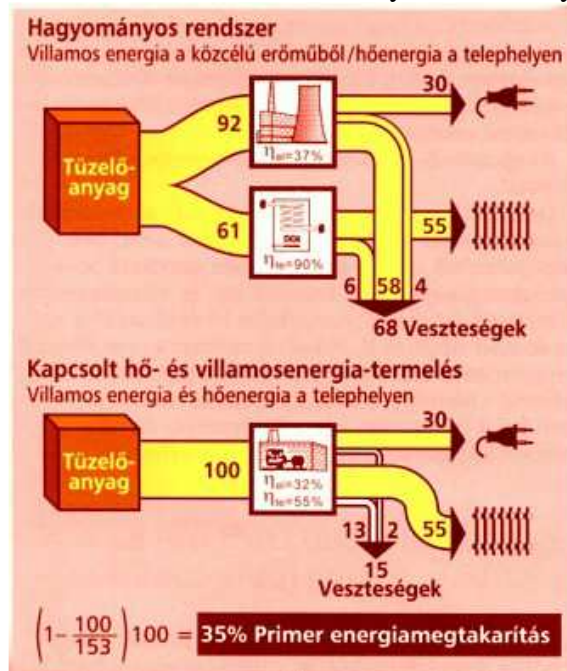
Kapcsolatlan hő és elektromos energiát előállító rendszer esetében az éves energia hatásfok meghaladhatja a 70 %-ot.

Egy erőmű főbb részei a következők:

- Tüzelőanyag (szén,) tároló terület,
- Tüzelőanyag előkészítő rész, tüztérbe juttató rendszer (golyós malom, szállítószalag,),
- Tüztér, szívó ventilátorok,
- Füstgáztisztítók, por, hamu leválasztók kémények,
- Salakeltávolító, salaktároló terület,
- Kazán, gőzfejlesztő csőrendszer, túlhevítő,
- Gőzturbinák,
- Hűtő, kondenzáló tornyok (csak elektromos energiát termelő üzemben),
- Ellennyomást biztosító, hőcserélő egység (kapcsoltan hőt és elektromos energiát előállító egységben),
- Generátorok,
- Transzformátorok,
- Csatlakozás a távvezeték hálózatra



5. ábra. Mátrai Erőmű Zrt. Kazánok, kémények, hűtőtornyok (nem CHP)



6. ábra. A hagyományosan csak elektromos energiát, valamint kapcsoltan villamos energiát és hőt termelő erőművek (CHP) energiatermelésének sémája

http://www.undp.hu/oss_hu/tartalom/kiadvanyh/kiadvanyh_body/csinaljukjol/szam06/szam06_body/06_2fej_elemei/06_2fej_body.htm

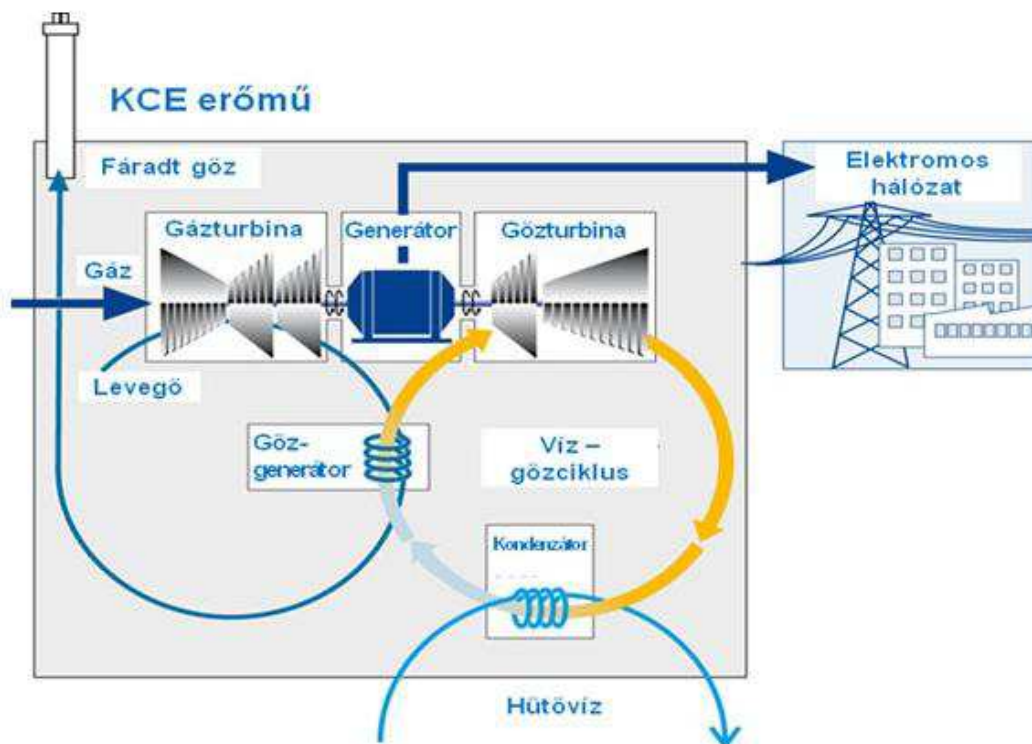
9.3. Gázturbinás kogenerációs erőművek. Kombinált ciklusú gázturbinás erőművek

A **Budapesti Erőmű** az ország legnagyobb kogenerációs erőműve. A Budapesti Erőmű (BERT) az EDF Csoport tagja. 3 CCGT (**kombinált ciklusú gázturbinás**) erőművet és egy fűtőművet üzemeltet, melyek a főváros szívében helyezkednek el. Az erőművek a **budapesti távfűtési energia 60%-át** állítják elő a fővárosi távhőszolgáltató társaság, a FŐTÁV részére. A BERT a főváros villamosenergia-fogyasztásának **10 %-át is előállítja, a magyar villamosenergia-termelésből pedig 3%-kal részesedik.**

BERT erőművek és teljesítményük:

- Kelenföld Erőmű (CCGT) GT 140 MWe + ST 50 MWe + 2*4,9 MW GT (Tornado projekt)
- Újpest Erőmű (CCGT) 110 MWe
- Kispest Erőmű (CCGT) 110 MWe

A **Gönyúi Kombinált (gáz- és gőzturbinás IGCC) Ciklusú Erőmű bruttó teljesítménye 433 MW.** A **kombinált jelző** azt jelenti, hogy ebben az erőműi technológiában az 59 %-ot meghaladó hatásfokot egy gázturbina, egy hőhasznosító kazán és egy gőzturbina kombinált működése biztosítja. A 433 MW-ból a gázturbina 285 MW-ot (kb. 2/3-ad rész), a gőzturbina pedig 148 MW-ot (kb. 1/3-ad részt) ad.



7. ábra. Kombinált ciklusú gázturbinás és gőzturbinás erőmű (KCE) bloksémája

<http://szegedma.hu/hir/szeged/2011/02/a-szegedi-gazeromu-greenpeace-forum-fotok.html>

Több mint ezer fokok földgáz-levegő keverék Az egész erőmű hatásfoka meghaladja az 59 százalékot, ami legjobbak között van a világon. A nagy hatásfokot az erőmű alapvetően a gázturbina égőterében kialakuló 1300-1400 Celsius-fok hőmérsékletű és kb. 30 bar nyomású földgáz-levegő keveréknek köszönheti. Ez a nagyhőmérsékletű gázkeverék meghajtja a gázturbina forgó lapátjait, miközben a hőmérséklete és a nyomása jelentősen lecsökken. A gázturbinát elhagyva kb. 600 Celsius-fok hőmérsékleten lép be a gőzfejlesztő kazánba. A gőz a gőzturbina lapátjait hajtja meg, majd a vákuum-terű kondenzátorba áramlik, ahol a hűtővíz

hatására lecsapódik. A keletkezett vizet szivattyúk nyomják vissza a hőhasznosító gőzkazánba. A hőhasznosító kazánt elhagyó kb. 85 Celsius-fokos füstgáz a kéményen át a szabadba távozik. Gönyűn az áramtermelő generátor tengelyének egyik végét a gázturbina, a másik végét pedig a gőzturbina hajtja meg.

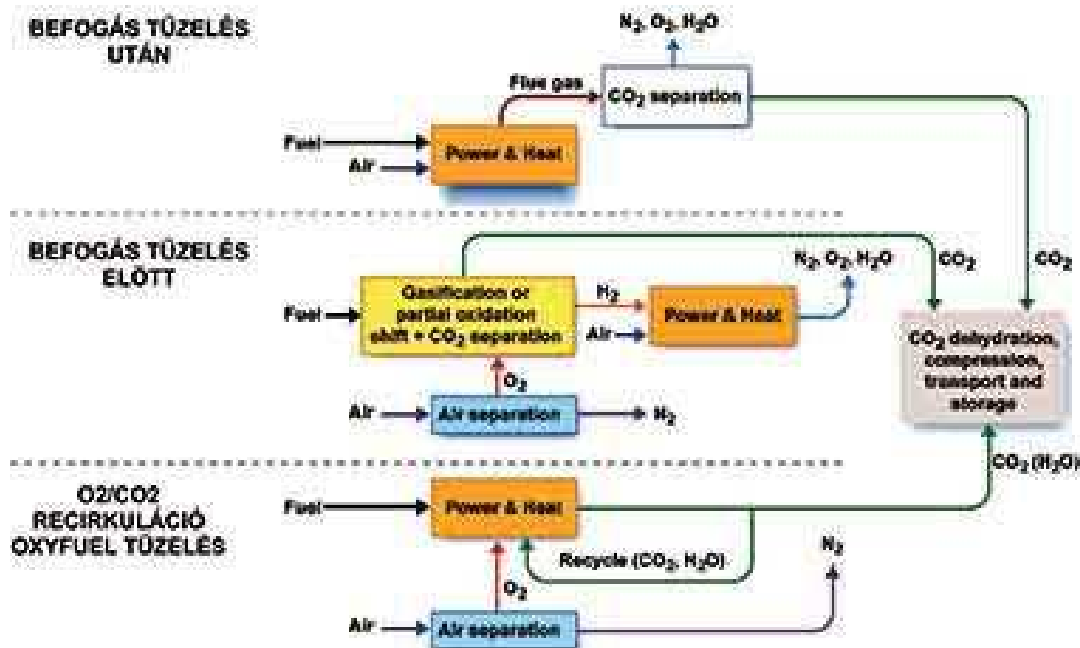
Léghűtéses lapátok Műszaki szempontból az ilyen magas hőmérséklet rendkívüli igénybevételt jelent a turbina fémből készült forgólapátjaira. A lapát felszínén a megengedett maximális hőmérséklet valójában ugyanis csak 950 Celsius-fok. Ezen a hőmérsékleten a felszín már vörösen izzik. Ha a lapát tovább forrósodna, elveszítené a stabilitását, és az anyag oxidálódni kezdene. A lapátok aktív hűtéssel is rendelkeznek, üreges belsejükben levegő áramlik. Legelöl, a legforróbb részben lévő forgólapátokon apró lyukak találhatók, melyekből „csak” 400 Celsius-fokos levegő áramlik a lyukak mögötti lamellákra, hőszigetelő védőréteget képezve a felületen. A rendkívül törésálló lapátok olyan nikkelötvözetből készültek, amelyben nem találhatók különálló kristályokat elválasztó szemcsehatárok, ahol törések képződhetnének. Annak érdekében, hogy a teljes gázmennyiség összes ereje a forgólapátokon fejtsse ki hatását és mozgási energiává alakuljon, a tervezők úgy alakították ki azok külső szélét, hogy a lapát és a turbina fala közti rés minél kisebb maradjon.

Zéró emisszójú erőművek

Molnár Dávid: A villamos energia előállításának módjai

<http://molnardavid.uw.hu/kombinalt.html>

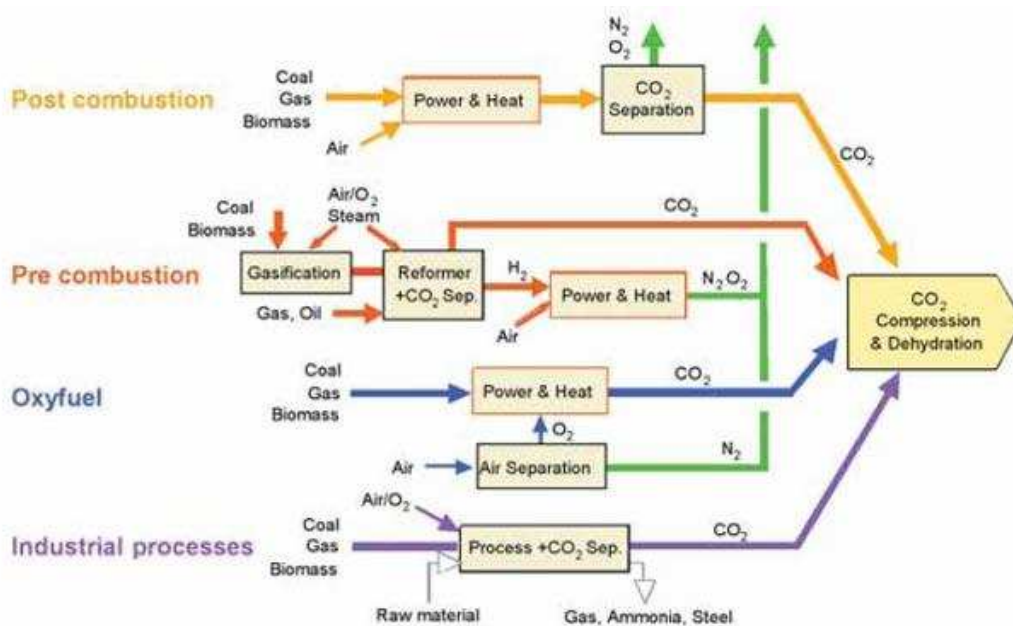
A környezet terhelés csökkentését, a hatásfoknövelésen túl a széndioxid megfogásával lehet elérni. Ennek lehetőségeit mutatja be a következő ábra. A széndioxid befogásának lehetőségeit kidolgozták a tüzelés után, a tüzelés előtt azzal, hogy a tüzelőanyagot elgázosítják, és abból vonják ki a széndioxidot, és amikor csak a levegő oxigén tartalmát vezetik a tüztérbe. Értelem szerűen a hőtermelő folyamat után mindenképpen kell még a maradék széndioxid megfogásáról gondoskodni.



8. ábra. Széndioxid megfogás lehetséges esetei

CO₂ leválasztás

- tüzelés után: füstgáztisztítás
- tüzelés előtt: tüzelőanyag átalakítás
- Oxyfuel technológia (csak oxigén bevezetése a tüztérbe)

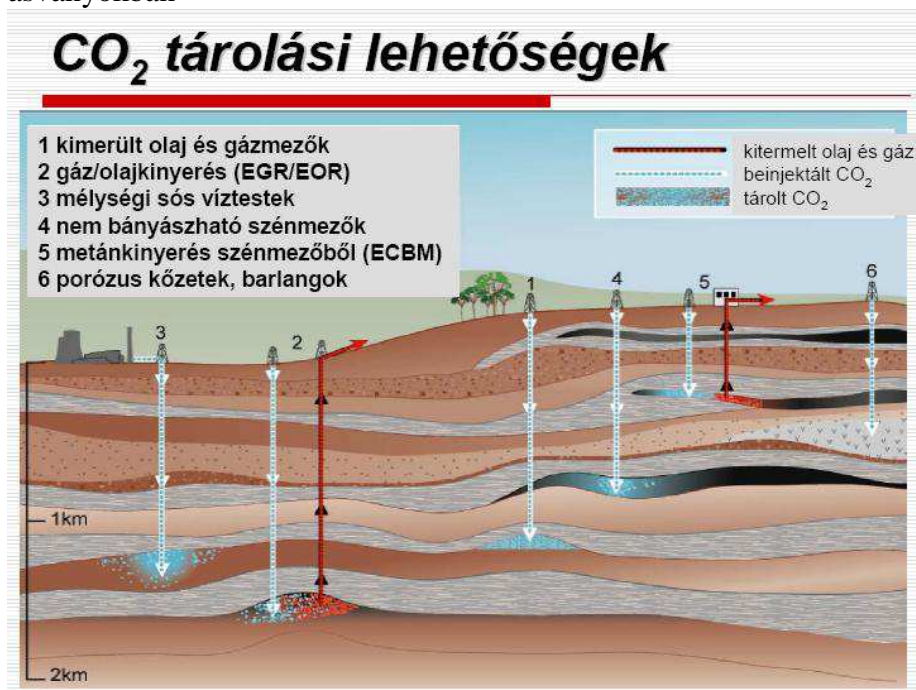


9. ábra. Széndioxid megfogás technológiái széntüzelésű kazánok esetében

http://energia.bme.hu/~kaszas/Energetika%20II/2012_hf/beadott/Miholics_Gabor_javitott.pdf

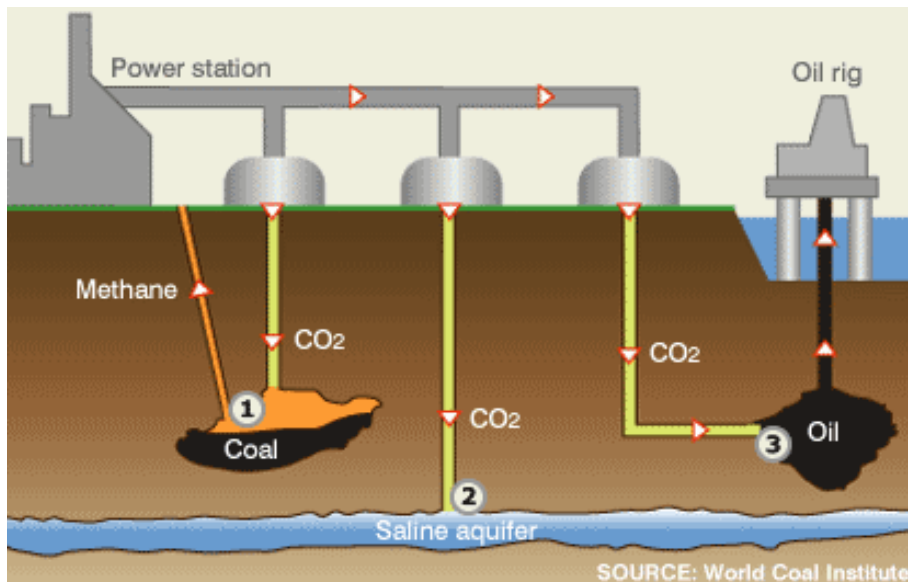
CO₂ tárolás

- óceánokban
- geológiai formációkban
- karbonátos ásványokban



10. ábra. Széndioxid tárolási lehetőségek

<http://www.blog.thesietch.org/2008/07/14/could-carbon-capture-be-the-next-cash-cow/>



11. ábra. Szén elgázosítás, metángáz turbinás erőműben, széndioxid megfogás és felhasználás olajkútnál <http://www.policymeasures.com/measures/detail/carbon-capture-and-storage/>



12. ábra. A norvég Sleipner A-projektnek az ún. sósvizes aquiferben történő tárolására fejlesztett berendezései az Északi-tengeren <http://www.origo.hu/tudomany/20080530-a-britek-es-a-ccstechnologia-a-fold-alatt-tarolhato-a.html>

9.4. Atomerőművek. (nyomott vizes, gázos)

Atomerőművek listája: http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_nuclear_reactors

Atomerőmű

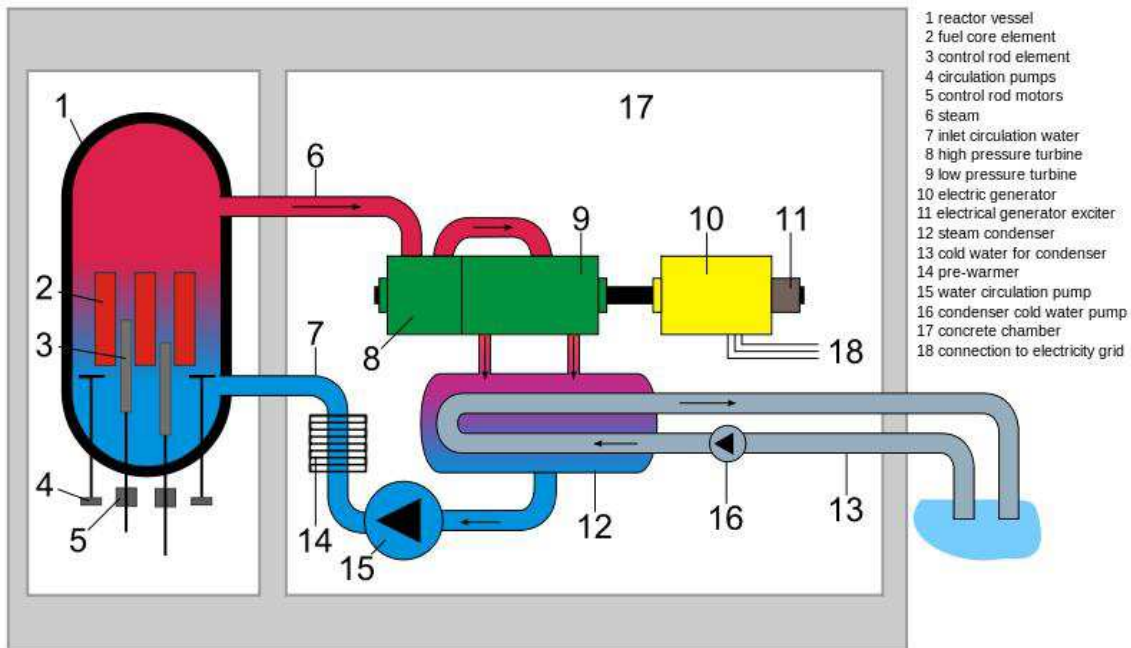
<http://molnardavid.uw.hu/atomeromu.html>

Az atomerőművek technológiai csoportosítása

1. Könnyűvízes (könnyűvíz hűtésű és könnyűvíz moderátoros) atomreaktor (LWR)
 - 1a. Nyomottvizes reaktor (PWR)
 - 1b. Elgőzölögtető reaktor (BWR)
2. Nyomottvizes, nehézvíz (D²O) hűtésű és nehézvíz moderátoros atomreaktor (PHWR)
3. Grafitmoderátoros atomreaktor
 - 3a. Könnyűvízes elgőzölögtető, grafitmoderátoros atomreaktor (LWGR)
 - 3b. Gázhűtésű, grafitmoderátoros atomreaktor (GGR)

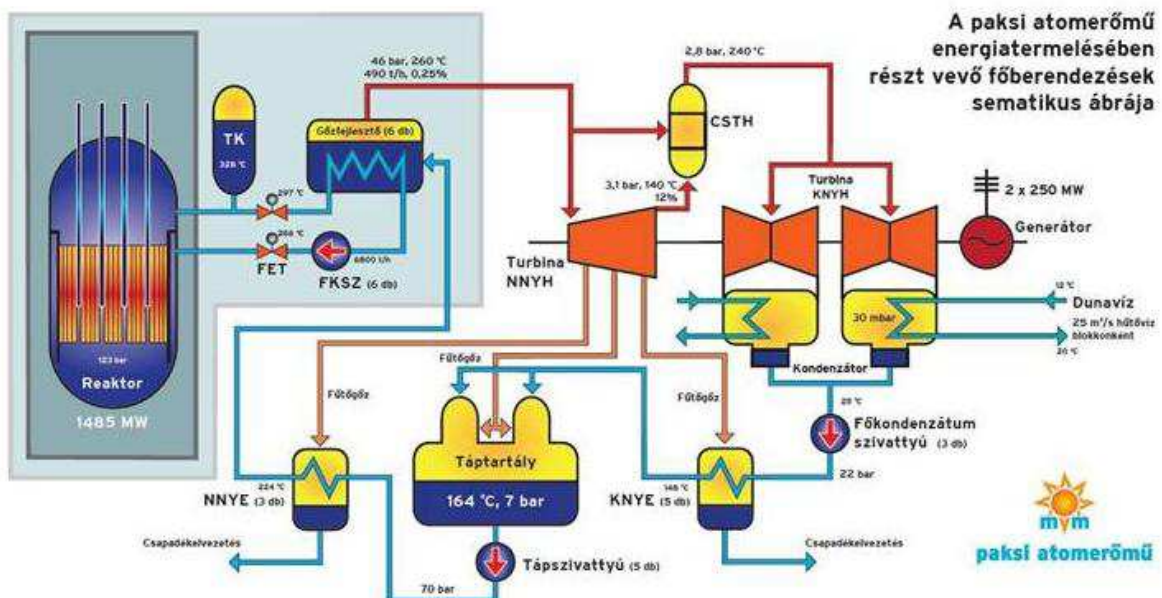
- 3c. Továbbfejlesztett gázhűtésű, grafitmoderátoros atomreaktor
- 3d. Golyóágyas moduláris atomreaktor
- 4. Gyorsreaktorok (FBR)
- 5. Kis és közepes atomreaktorok

A Paksi Atomerőműben lévő 4 darab reaktor a könnyűvizes, nyomottvizes reaktorok (PWR) közé tartozik. Típusuk VVER-440 (V.213), amely utal a 440 MW elérhető névleges teljesítményre. Ezt mind a négy blokk esetében 2009-re 500 MW-ra emelték különböző fejlesztésekkel, így az erőmű összteljesítménye 2000 MW lett. Az egyes reaktorok hőteljesítménye külön-külön 1485 MW. Felépítését a következő két ábra szemlélteti.



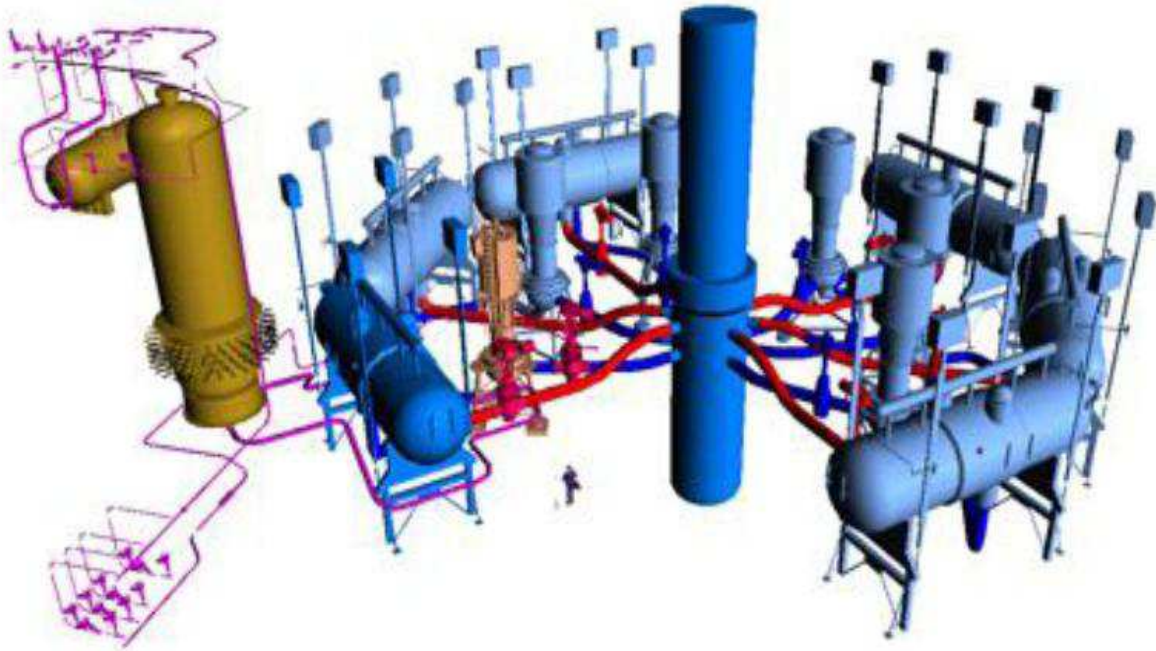
13. ábra. Hagyományos, nyomott vizes rektor atomerőműben

<http://users.atw.hu/limbo/elemek/erttsegi/fizika/fizkozepszobeli/fizkozepszobeli.htm>



14. ábra. Paksi Atomerőmű bloksémája és működése

http://dortje.freeblog.hu/archives/2007/12/02/A_Paksi_atomeromu_mukodese_-_ertheto_flash/

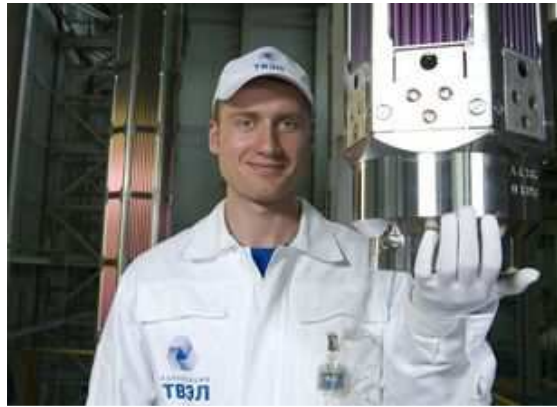


15. ábra. A Paksi Atomerőmű egy reaktora és a hozzá csatlakozó hőcserélők sematikus rajza
<http://users.atw.hu/limbo/elemek/ertsegi/fizika/fizkozepszobeli/fizkozepszobeli.htm>

A Magyar Országgyűlés 2009. március 30-án 330 igen, 6 nem szavazat és 10 tartózkodás mellett elvi jóváhagyását adta Pakson új atomerőművi blokk(ok) létesítésének előkészítését szolgáló tevékenység megkezdéséhez.



16. ábra. Paksi Atomerőmű turbina és generátor terme
http://mta.hu/tudomany_hirei/a-tudomany-a-fenntarthato-atomenergiaert-126851/

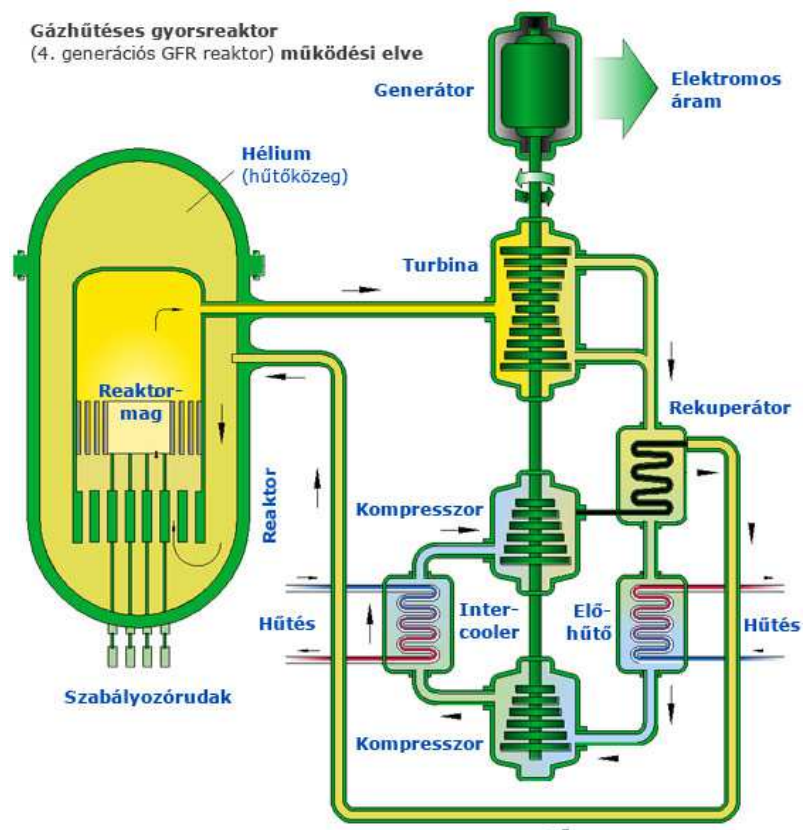


17 ábra. Üzemanyag kazetta reaktorba

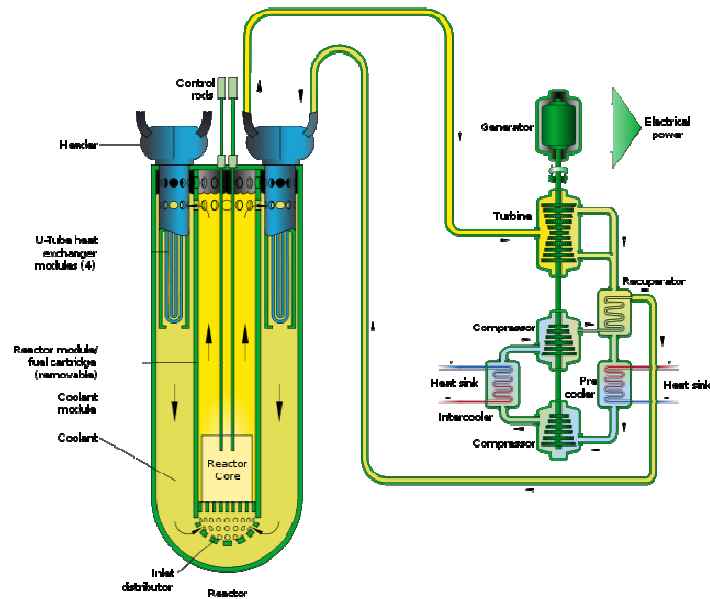
http://infovilag.hu/hir-15362-uj_nemzedeku_nuklearis_uzemanyag_paksnak.html

A következőkben összefoglaljuk a lehetséges további atomerőműi technológiákat. Ezek céljai: nagyobb legyen az elektromos energia előállítás hatásfok, és az alkalmazott üzemanyagot, vagy annak „termékét” minél kevésbé lehessen atomfegyver előállítására használni. (**Generation IV International Forum - GIF** <http://www.gen-4.org/>)

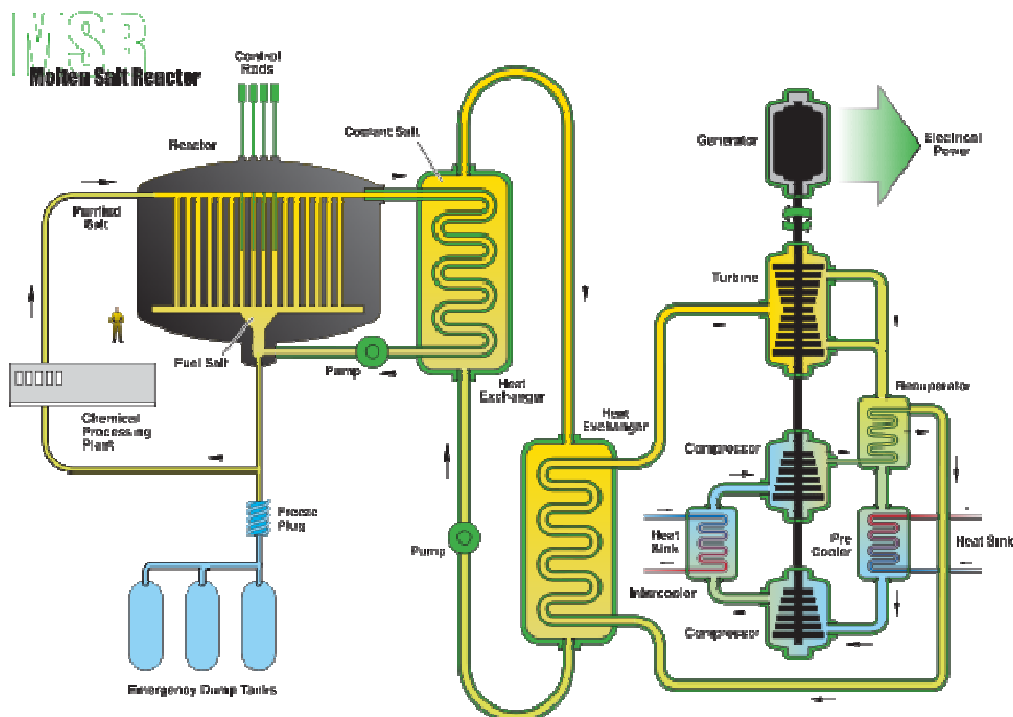
1. Gázhűtésű gyorsreaktorok
2. Ólomhűtésű gyorsreaktorok
3. Olvadt sós reaktorok
4. Nátrium hűtésű gyorsreaktorok
5. Szuperkritikus vízhűtésű reaktor
6. Nagyon magas hőmérsékletű reaktor



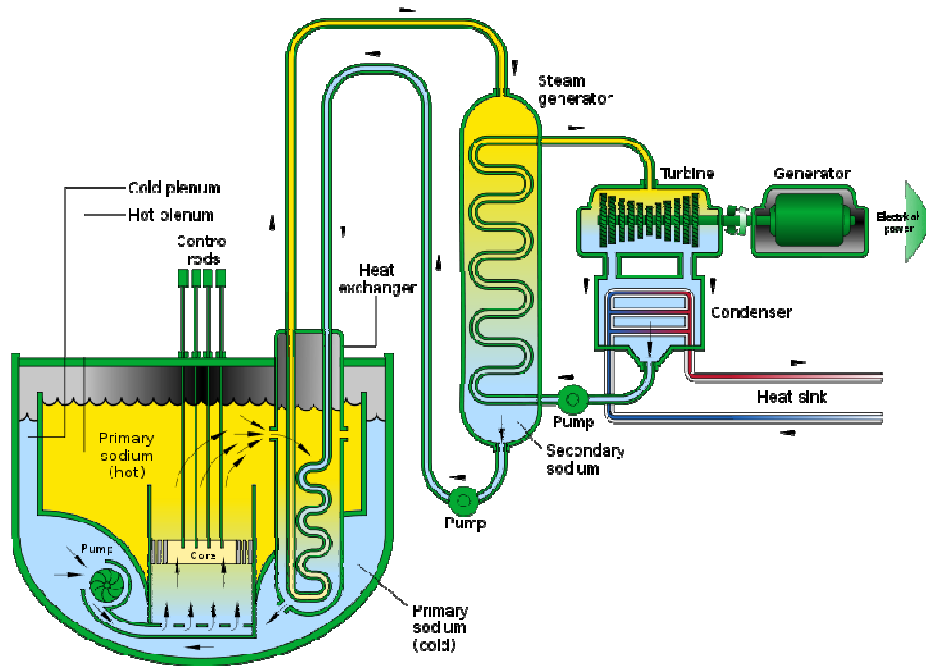
18. ábra. **Gázhűtésű gyorsreaktor Gas-Cooled Fast Reactor-GFR**; Hűtőközeg: He gáz; Üzemanyag: UPuC/SiC zárt üzemanyagciklus; Termikus teljesítmény. 600 MW; Hűtőközeg hőmérséklet: 490-850 C; magas hőmérséklet, jó hatásfokkal elektromos energia, vagy hidrogén gáztermelése, hatásfok 48 %. http://en.wikipedia.org/wiki/Gas-cooled_fast_reactor



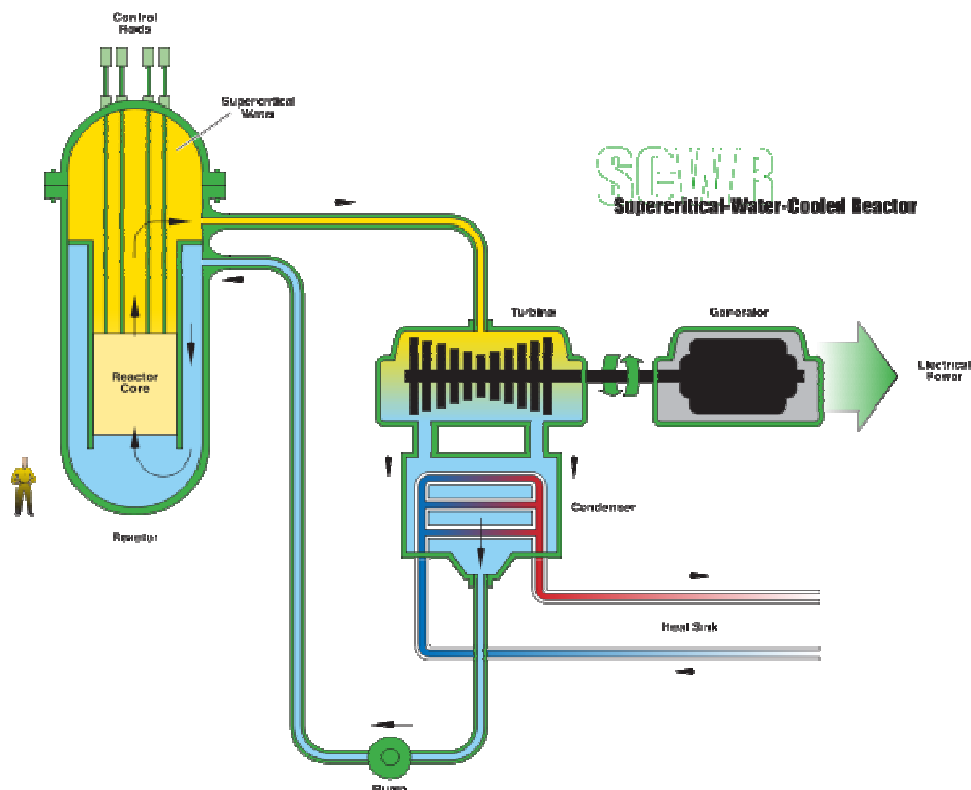
19. ábra. **Ólomhűtésű gyorsreaktor (Lead-cooled fast reactor-LFR)** Hűtőközeg: Pb-Bi, vagy Pb; Üzemanyag: UPu fém, vagy nitrid, zárt üzemanyagciklus; Termikus teljesítmény. 125-3600 MW; Hűtők hőmérséklete: 550-800 °C; Elektromos energia és hidrogén gáztermelése moduláris (15-20 éves kampány) és nagy erőművi formában egyaránt.
http://en.wikipedia.org/wiki/Lead-cooled_fast_reactor



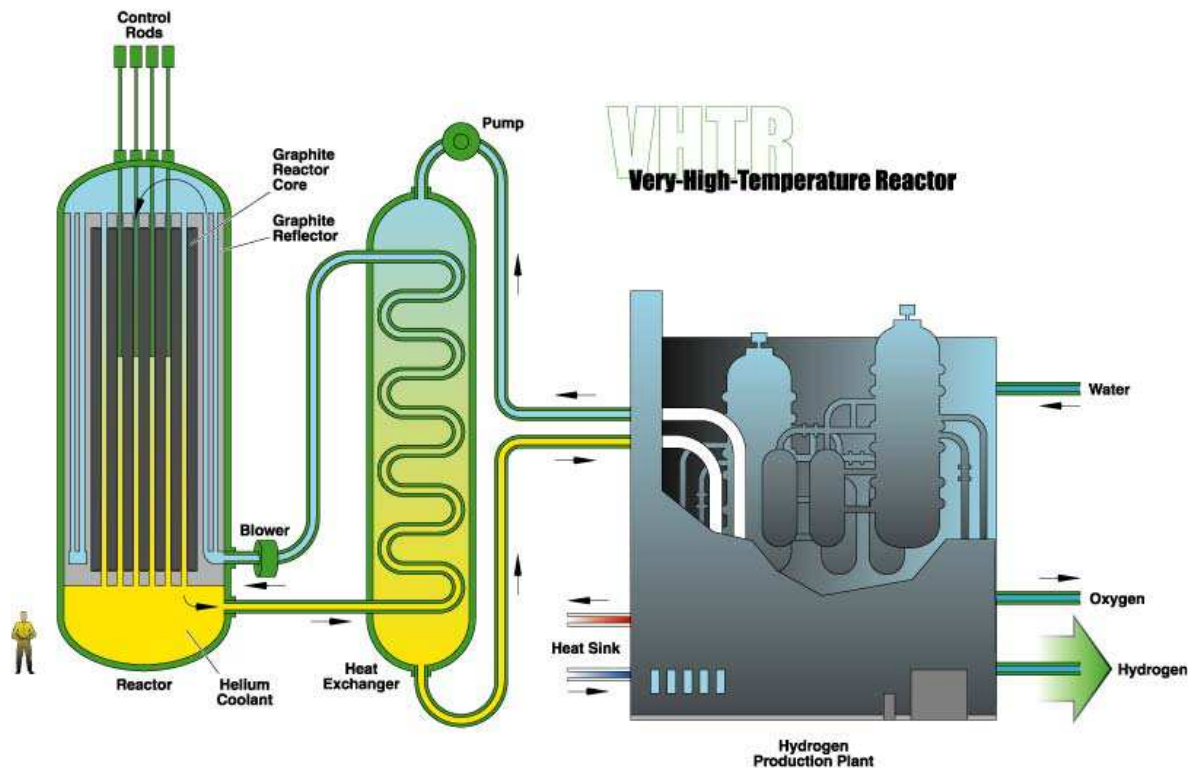
20. ábra. **Sóolvadék közegű reaktor (Molten salt reactor – MSR)** Hűtőközeg és üzemanyag: UPu-fluorid tartalmú sóolvadék, Th fertillis anyaggal, zárt üzemanyagciklus; Elektromos teljesítmény. 1000 MW; Hűtők hőmérséklete: 565-850 °C; Sóolvadék gőze nagyon alacsony nyomású; Elektromos energia és hidrogén gáztermelése egyaránt; Jó konverziós tényező Alkalmos aktinidák átalakítására, transzmutációra.
http://en.wikipedia.org/wiki/Molten_salt_reactor



21. ábra. **Nátrium hűtésű gyorsreaktor (Sodium-Cooled fast Reactor or SFR):** Üzemanyag: U/Pu fém, vagy oxid tartalmú só, zárt üzemanyagciklus; Termikus teljesítmény. 1000-5000 MW; Hűtőközeg hőmérséklete: 530-550 °C; Nyomás alacsony 1 bar körüli; Jó konverziós tényező, akár 1,3. http://en.wikipedia.org/wiki/Sodium-cooled_fast_reactor



22. ábra. **Szuperkritikus vízhűtésű reaktor (Supercritical-Water-Cooled Reactor - SWCR)** Hűtőközeg: könnyűvíz; Üzemanyag: Hasonló a PWR üzemanyaghoz; Hőmérséklet és nyomás a kritikus pont felett: >374 C, > 22 MPa, ha nincs forráskrisz; gőzleválasztók, gőzfejlesztők feleslegesek; Termikus és gyors reaktor; Jó hatásfok 44 %; Jó konverziós tényező, akár 1,3. [http://en.wikipedia.org/wiki/File:Supercritical-Water-Cooled Reactor.svg](http://en.wikipedia.org/wiki/File:Supercritical-Water-Cooled_Reactor.svg)



02-GA50807-01

23. ábra. **Nagyon magas hőmérsékletű reaktor** (Very High Temperature Reactor - VHTR) A HTGR továbbfejlesztése. Gázhűtésű reaktor, akár 1000 C hőmérsékletű közeggel. Elektromos energia és hidrogén gáztermelésére. Hatásfok 50 % felett.

http://blogs.princeton.edu/chm333/f2006/nuclear/2007/01/the_very_high_temperature_reactor_vhtr.html; <http://www.gen-4.org/Technology/systems/vhtr.htm>

9.5. Vízerőművek

<http://hu.wikipedia.org/wiki/Vízerőmű>

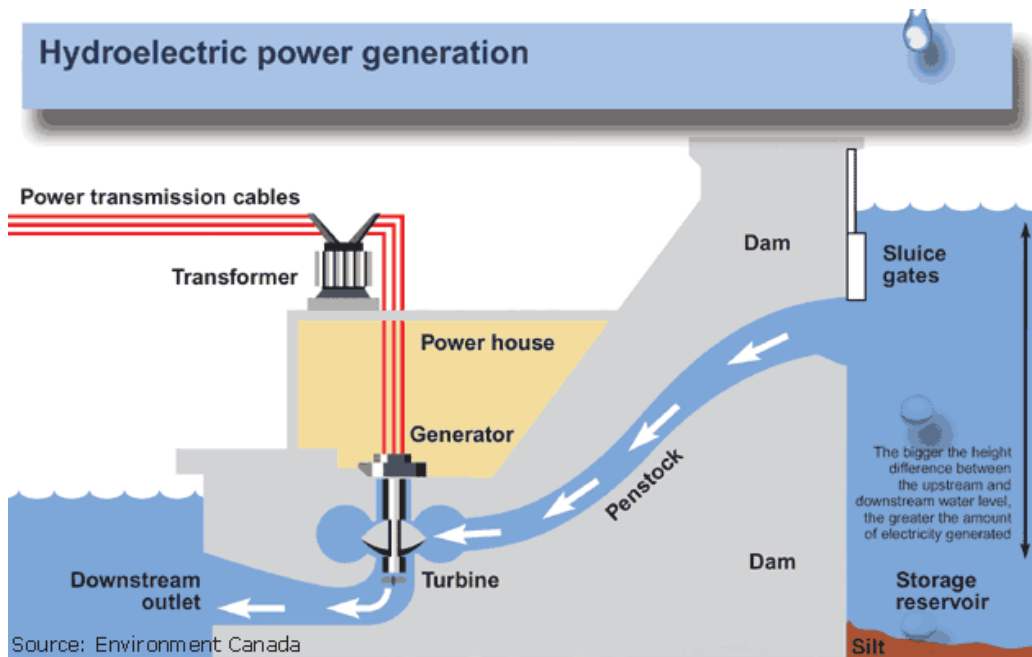
<http://hu.wikipedia.org/wiki/Vízenergia>

Előnyei

- Rugalmasság
- Alacsony költségek
- Csökkentett CO₂-kibocsátás

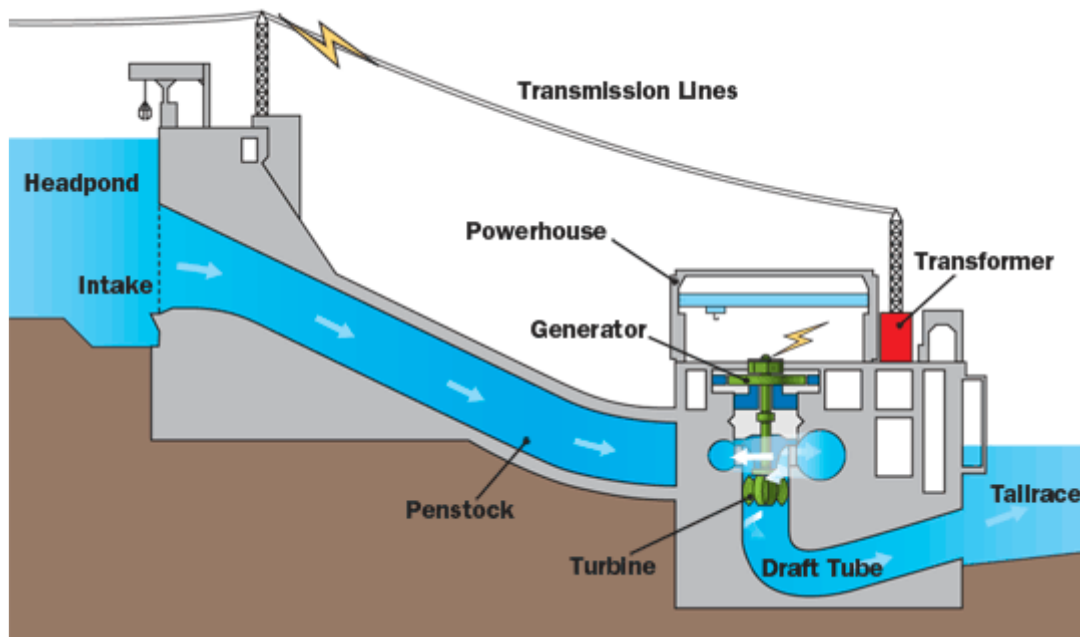
Hátrányai

- Az esetleges ökoszisztéma károsodás
- Esetleges eliszaposodás
- Nagy, főleg erdős területek elárastása



24. ábra. Dúzzasztómű, vízerőmű bloksémája

http://www.daviddarling.info/encyclopedia/H/AE_hydroelectric_power.html



25. ábra. Vízerőmű vázlatja

http://www.nbpower.com/html/en/safety_learning/learning/electricity_generated/hydro/hydro.html; <http://hu.wikipedia.org/wiki/Vízerőmű>

Három-szurdok gát Kína

másfél kilométeres szélességével és 185 méter magas gátjával a világ legnagyobb vízerőműve, amely 632 km² területű tavat duzzaszt a folyón felfelé, egészen Chongqing (*Csungking*) városáig. 18 GW az elektromos teljesítménye, ami a kínai elektromos energiatermelés kilencede. Az építkezés során rengeteg probléma merült fel, környezetvédelmi és társadalmi szempontból pedig az egész erőmű létjogosultsága megkérdőjelezhető.



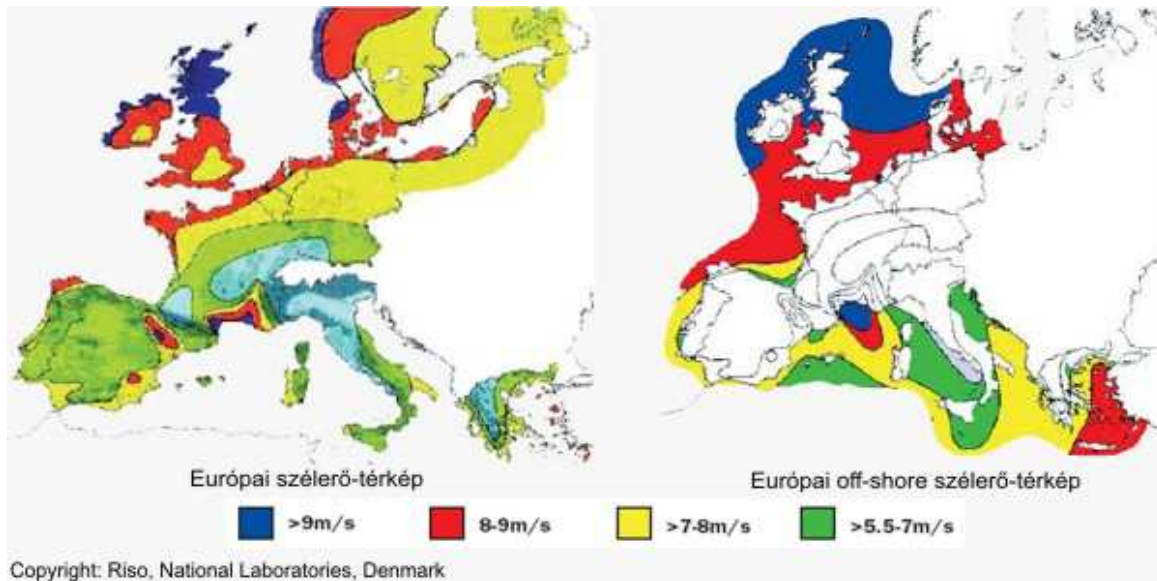
26. ábra. Három-szurdok Erőmű (Kína) duzzasztója (Three Gorges Dam)
http://en.wikipedia.org/wiki/Three_Gorges_Dam

1. Táblázat. Épülőfélben lévő nagy vízerőművek <http://hu.wikipedia.org/wiki/Vízerőmű>

Név	Telj max.	Ország	Kezdés	befejezés
Alsó Subansiri gát	2000 MW	India	2005.	2009.
Bureya gát	2010 MW	Oroszország	1978.	2009.
Boguchan gát	3000 MW	Oroszország	1980.	2012.
Tocoma Manuel Piar	2160 MW	Venezuela	2004.	2014.
Xiluodu gát	12 600 MW	Kína	2005. december	2015.
Baihetan gát	12 000 MW	Kína	2009.	2015.
Wudongde gát	7000 MW	Kína	2009.	2015.
Longtan gát	6300 MW	Kína	2001. július 1.	2009. december
Jinping 2 vízerőmű	4800 MW	Kína	2007. január 30.	2014.
Laxiwa gát	4200 MW	Kína	2006. április 18.	2010.
Xiaowan gát	4200 MW	Kína	2002. január 1.	2012. december
Jinping 1 vízerőmű	3600 MW	Kína	2005. november 11.	2014.
Pubugou gát	3300 MW	Kína	2004. március 30.	2010.
Goupitan gát	3000 MW	Kína	2003. november 8.	2011.
Guandi gát	2400 MW	Kína	2007.	2012.
Santo Antônio gát	3150 MW	Brazília	2007.	2012.

Közepes teljesítményű elektromos energia előállító rendszerek (0,2-10 MW)

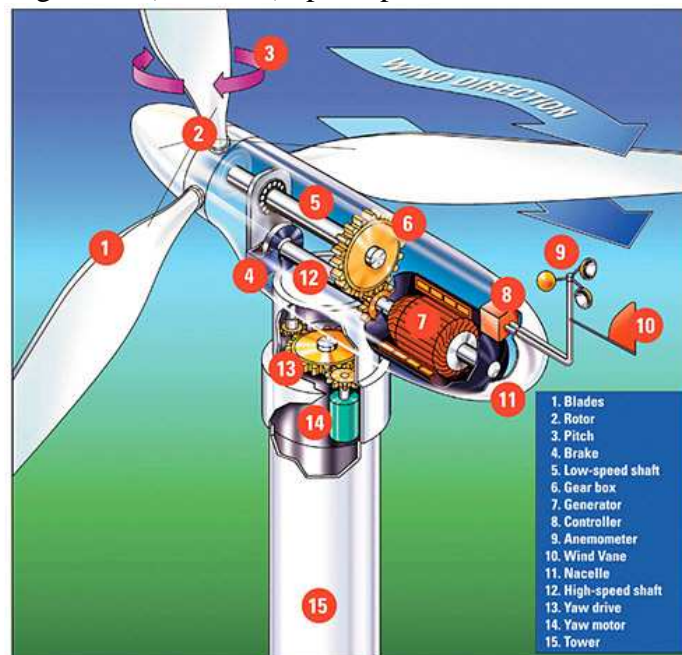
9.6. Szélerőművek



27. ábra. Európa kontinentális és tengeri szélerő térképe

<http://www.alternative-energy-news.info/technology/wind-power/wind-turbines/>

Szélerőmű parkról (Wind farm) akkor beszélünk, amikor sok egyedi szélerőmű helyezkedik el megfelelő közelségben egymáshoz képest. Ilyet azért célszerű csinálni, mivel a távvezeték, amelyen a termelt elektromos energiát csatolják a hálózatra, viszonylagosan annál „olcsóbb lesz, minél több egység tartozik egy blokkba. Ma már sok ezer szélerőmű park van Kaliforniában, Dániában, Németországban, Spanyolországban, Skóciában, stb. Különösen jelentős éves kihasználtsága van a tengerekbe (off-shore) épített parkoknak.



28. ábra. Egy szél generátor szerkezeti elemei 1 – generátor, 2 – szélkerék, 3 – állítható rotor szárnyak, 4 – kuplung, 5 – főtengely, 6 – áttétel, 7 – generátor, 8 – ellenőrző elektronika, 9 – 10 szélerősség, szélirány mérő, 11 – generátor ház, 12-13-14 – szélirányba állítás motorikus része, 15 – torony. http://www.wwindea.org/technology/ch01/en/1_2.html

2. Táblázat. Vízszintes tengelyű szélérőművek gyártói és legnagyobb teljesítményű rendszerei (http://en.wikipedia.org/wiki/Wind_turbine)

P (MW)	Típus	Gyártó cég	Piacra jutás éve	Tengeri telepítés	Rotor felület (m ²)	Rotor átmérő (m)	Generátor magasság (méter)
7.6	E-126	Enercon	2011		12 668	127	135
8.0	V164-8.0 MW	Vestas	2015	igen	21 124	164	105
6.0	SWT-6.0-154	Siemens Wind Power	2012	Mindkettő	18 600	154	Helyfüggő
6.0	SL6000	Sinovel	2011		12 868	128	
4.5	G128-4.5 MW	Gamesa	2012		12 868	128	81, 120, 140
3.0	V90-3.0 MW Offshore	Vestas	2003	igen	6 362	90	Helyfüggő
3.0	SL3000	Sinovel	2010		10 038	113.3	90
2.0	G97-2.0 MW	Gamesa	2010		7 390	97	78, 90
1.6	1.6-82.5	GE Energy	2008		5 346	82.5	65, 80, 100
1.5	MY 1.5s	Ming Yang			5 320	82.6	65, 70, 75, 80

9.7. Naperőművek

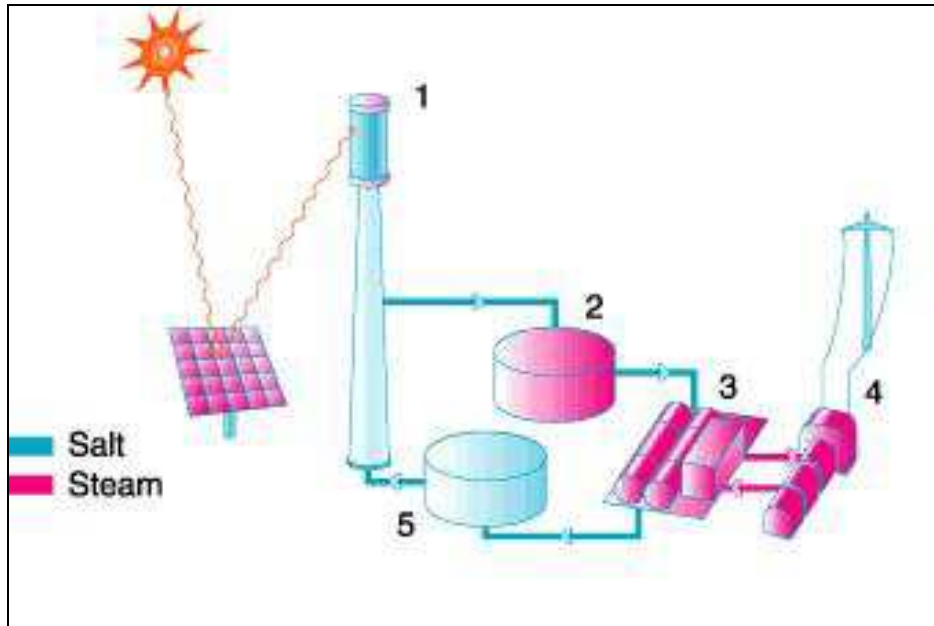
A **naperőművek**, a nevüknek megfelelően **hőerőművek**, amelyek elektromos energiát állítanak elő. A kazános fűtés helyett a Nap látható és infravörös tartományába eső sugárzás energiáját koncentrálnak, amit hőtranszporter folyadék (pl. glikolok) nyel el. Jó, ha a felmelegített folyadék hőmérséklete minél magasabb (200-350 C). Ez a hő folyadék-folyadék hőcserélőn keresztül (többnyire) vízből (ORC esetében butanolt, izopentánt alkalmaznak) állítja elő a turbinákon munkát végző gőzt. Ezért ez tulajdonképpen egy hagyományos gőzturbinás erőmű.

Azt, hogy ez a rendszer nappal és éjjel a szükségleteknek megfelelően biztosítsa az elektromos energiát, a nappal „begyűjtött” hőenergia egy részét éjszakára tárolni kell. A hő tárolására kellően magas hőmérsékletű „folyadékot” (megolvasztott kősó, nátrium) alkalmaznak. Éjszaka ennek a hőjével történik a vízből a gőzfejlesztés és a szükséges elektromos energia előállítása.

A napsugárzás koncentrációját többféle formában is megoldották már. Ezekkel a két dimenzióban mozgatható mechanikus szerkezetekkel „követik a Napot”. Ezek a reflektor rendszerek, méretük és az egy (parabola vályú), vagy két dimenzióban (naptorony, paraboloid tükör) történő mozgathatóság szerint alkalmazhatók a Föld adott szélességi körén. Ezek a következők:

- Síktükrök összegyűjtik a fényt egy tartályra (naptornyos rendszer, Solar Tower)
- parabola „vályú” egy csőre koncentrálnak a sugárzást (Solar Trough Systems)
- Paraboloid tükrös rendszer egy „pontba” koncentrálnak a sugárzást (Stirling motort „hajt meg”)

Síktükörös kollektor rendszer



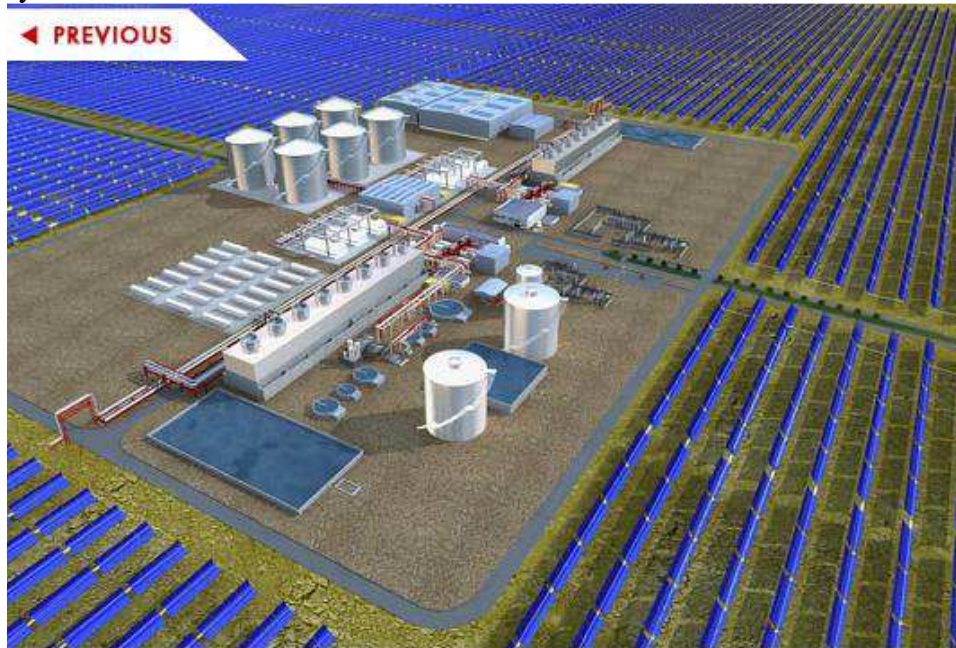
29. ábra. **Solar Power Tower.** Olvadt kősót alkalmazó, hőtárolós (2, 5), mozgatható síktükörös, tornyos (1) naperőmű. Gőzturbinák (3), generátorok (4)
<http://www.alternativeenergyprimer.com/Solar-Power-Tower.html>

Parabola vályús kollektor rendszer



30. ábra. Napvályús naperőmű NextEra Energy Resource's Bakersfield power plant
<http://www.heatingoil.com/blog/water-hindering-renewable-energy-projects106/>

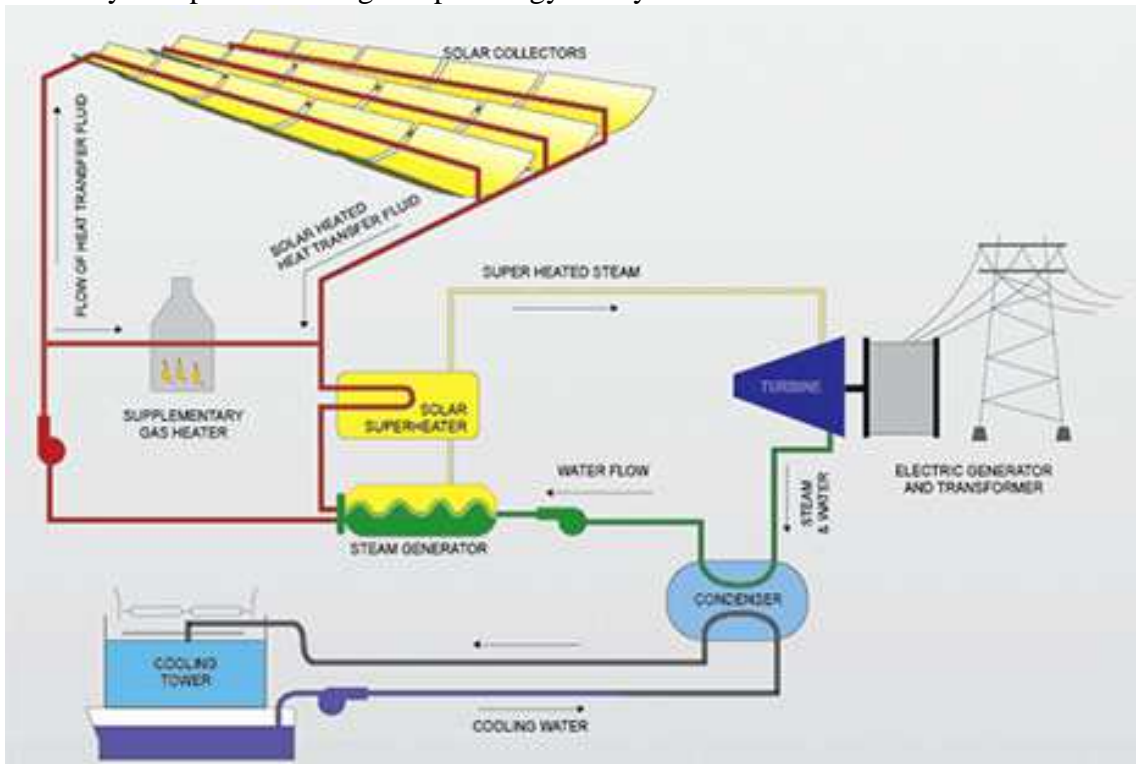
Parabola vályús kollektoros hőtárolóval kombinált erőmű



31. ábra. Napvályús gőzturbinás erőmű hőtároló tankokkal. World's Largest Parabolic Trough Solar Plant

<http://inhabitat.com/worlds-largest-parabolic-trough-solar-plant-gets-1-5-billion-doe-loan/>

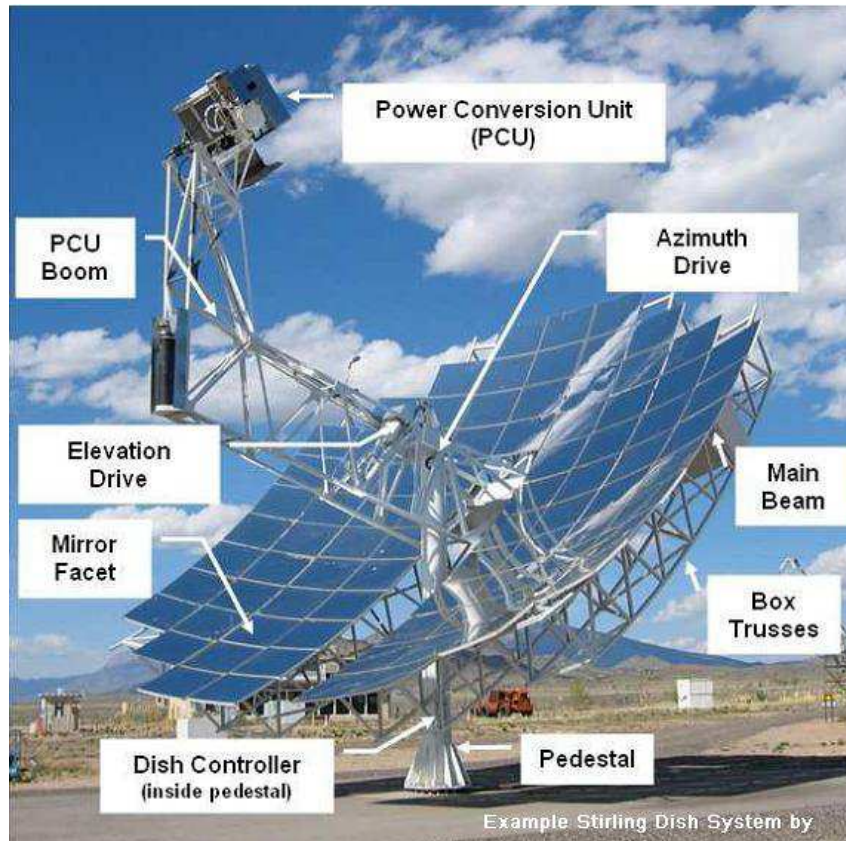
Parabola vályús napkollektoros gőzképzés hagyományos forrással kombináltan



32. ábra. Napvályús gőzturbinás erőmű gázfűtés rásegítéssel. 50 MW.

<http://www.treehugger.com/renewable-energy/acciona-energia-to-build-two-50-megawatt-solar-thermal-power-plants-in-spain.html>

Két Naperómű épült fel 2011-re Palma del Río-ban, Cordobában, Dél-Spanyolországban. Mindegyik 50 MW csúcsteljesítményű, éves elektromos energiatermelésük együtt 250 GWh.



33. ábra. Naptányéros naperómű Stirling motorral

<http://nenmore.blogspot.hu/2010/01/1st-stirling-solar-power-plant-go.html>



34. ábra. Több tükrös naptányéros naperómű (solar dish power plant) Stirling motorral

<http://www.thestar.com/business/sciencetech/article/250043--sun-set-to-shine-on-solar>

9.8. Napelemes erőművek

A napelemek a napsugárzás elnyelését követően, fotofizikai folyamatok útján a panelben közvetlenül egyen feszültséget eredményeznek. A napelemeket három fő csoportra oszthatjuk.

- a legjobb hatásfokúak a monokristályos napelemek, ezeket követik
- a többkristályos (polikristályos, multikristályos) cellából készített napelemek és végül
- a vékonyrétegű napelemek, amelyek már más technológiát képviselnek.



35. ábra. Amorf napelem tábla

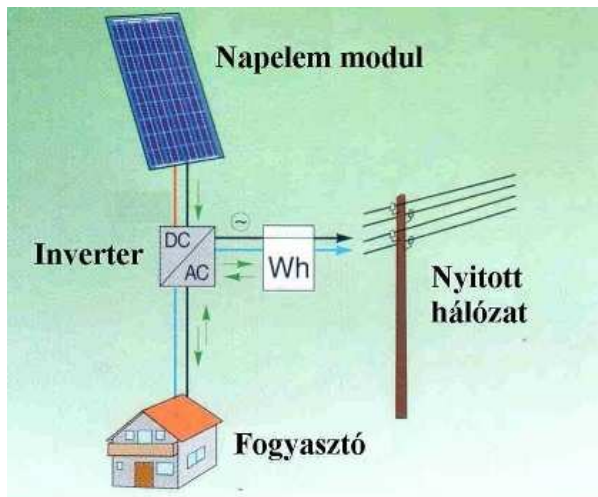


36. ábra. Monokristályos tábla

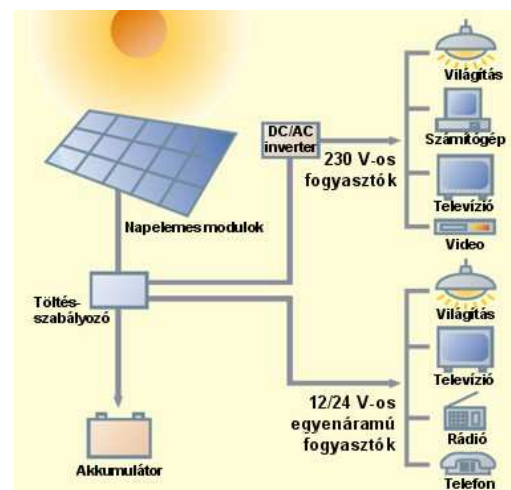


37. ábra. Polikristályos tábla

A gyakorlatban a napelemes elektromos energia termelő rendszereket mindkét üzemmódban lehet alkalmazni: **Hálózati betáplálásra, vagy Szigetüzemi ellátásra**



38. ábra. Hálózati betáplálás kapcsolása



39. ábra. Szigetüzemi kapcsolás

A **napelemes erőművekben** (solar photovoltaic power plant) a napelemeket ideális esetben déli tájolással, kb. 35-45 fokos dőlésszöggel kell elhelyezni az optimális energiatermelés érdekében. A földre telepített napelemes rendszer tartószerkezete nagyon egyszerű és rendkívül időtálló fém szerkezetet jelent. Napelemes erőműbe leginkább a monokristályos és a polikristályos napelemeket célszerű beépíteni, ugyanis ezeknek a legnagyobb a hatásfoka. Egy 1 MW csúcsteljesítményű naperőmű megépítéséhez kb. 4100 darab 240 W-os napelem panelre (egy terület igénye ~5 m²) van szükség, így 1 hektár területű naperőmű 500 kW elektromos csúcsteljesítményt képes biztosítani.

A napelemek összekapcsolását nagyon sok variációban ki lehet alakítani, attól függ, hogy milyen invertereket alkalmazunk. Meg lehet oldani az egyenáram váltóárammá történő átalakítást sok kisebb teljesítményű inverterrel, vagy néhány nagyobb teljesítményű inverterrel is. A váltakozó árammal már minden szokványos villamos berendezés működtethető.

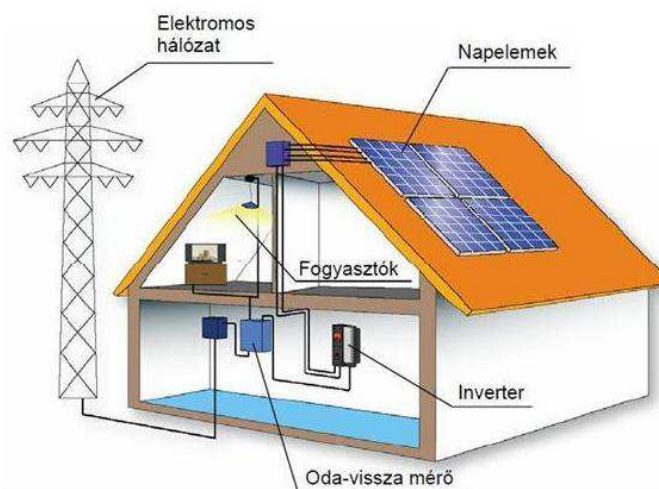
A napelemeket mezőkre osztva helyezik el a területen és ezeket a napelem mezőket kapcsolják rá az inverterekre, és ezek állítják elő a váltakozó áramot ~ 98 százalékos hatásfokkal. Az „erőmű” transzformátor állomáson keresztül csatlakozik a már meglévő nagyfeszültségű hálózatra. Ekkor nem kell foglalkozni a nappal „megtermelt” elektromos energia éjszakára történő tárolásával. Napenergia a hegyekbe a tiszta levegő és a napsütés miatt:



40. ábra. 2011-ben a Siemens Napelemekből álló „erőművet” telepített a La Colle des Mées fennsíkon a Francia Alpok közelében 112,000 napelem 70-hektáron. Csúcsteljesítmény 31 MW.

<http://www.siemens.com/press/en/presspicture/?press=/en/presspicture/pictures-photonews/2011/pn201105.php>

Sziget üzem esetében azonban az elektromos energia tárolását, „családi házas szinten” akkumulátorokkal oldják meg. Ezek kapacitása 200-300 Ah (6-8 személyautó akkumulátor) is kell, hogy legyen a teljesítmény felhasználás miatt. Megvalósítható oda-vissza üzem mód is.

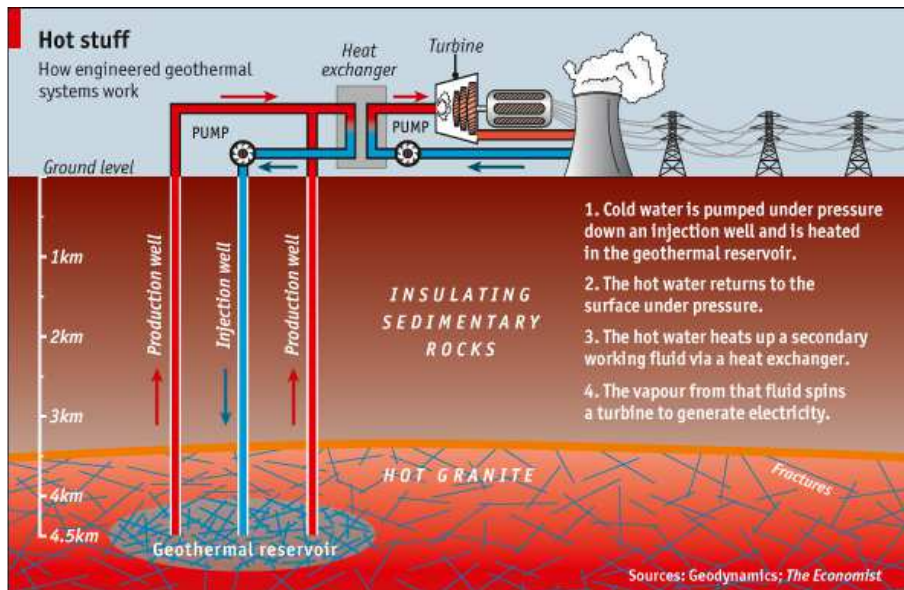


41. ábra. Kis teljesítményű napelemes rendszerek ad-vesz üzem módban. „Felépítésük”: napelem panelek, inverterek, oda-vissza mérő, transzformátor.

<http://www.acrux.hu/sun/napelem2.html>

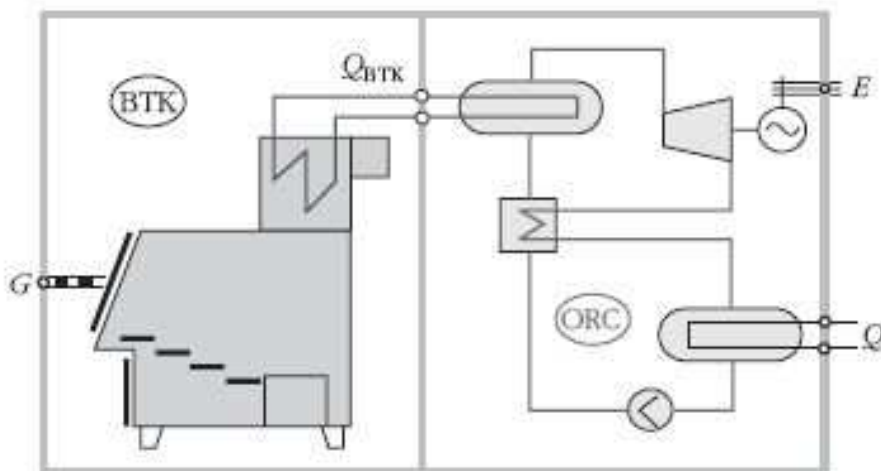
9.9. ORC erőművek

A magas hőmérsékletű (600 °C túlhevített gőzzel működő hőerőmű, 1100 C hőmérsékletű égő gázzal működő gázturbinás erőmű, elektromos teljesítményük: 200-400 MWe) erőműi rendszerekhez képest, az **alacsonyabb hőmérsékletű** (160-300 °C, alacsony entalpiájú) **hőforrásokkal** sokkal kisebb elektromos teljesítményű (200 kW-2 MWe) **ORC kiserőműveket** lehet működtetni. Az üzemméret miatt viszont, „helyben” megvalósítható a nagyon magas, 80 % feletti éves energetikai hatásfok kapcsolt hő, hűtés és elektromos energia előállító rendszerként. A következő két ábra **közethő és növényi tüzelő kazán** esetében mutatja ennek a megvalósulását.



42. ábra. Forró kőzetbe (hot rock) sajtolt vízből gőzfejlesztés, ORC erőmű számára
<http://www.economist.com/node/1690987>

Az alacsony hőmérsékletszintű, kis teljesítményű biomassza- erőművek számára kedvezőbb munkaközeget és hőkörfolyamatot nyújtanak a szerves Rankine-körfolyamatok. Az ORC lehet a kis teljesítményű biomassza- tüzelésű fűtőerőművek tömegesen alkalmazható típusmegoldása, amely egyszerű, és a biomassza alapú kapcsolt energiatermelést széles körben lehetővé teheti.



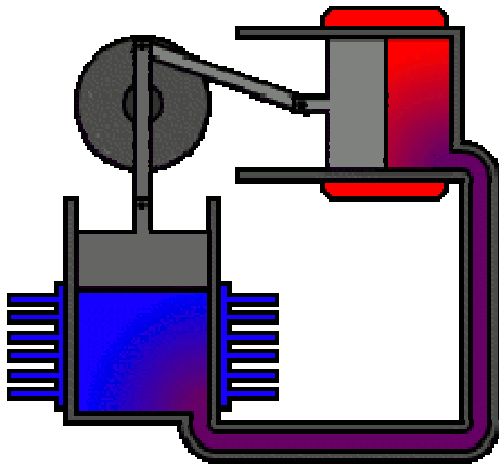
8. ábra. Biomassza termoolajkazán és ORC fűtőerőmű-blokk rendszerstruktúrája.

43. ábra. Növényi tüzelésű termoolaj kazán adja a hőt az ORC erőmű és fűtőmű számára
<http://www.kfki.hu/fszemle/archivum/fsz1006/buki1006.html>

9.10. Stirling motoros erőmű

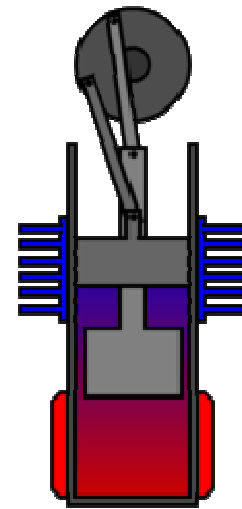
A **Stirling-motor** vagy más néven **hőlégmotor**, külső hőbevezetésű hőerőgép, általában dugattyús-forgattyús mechanizmussal készül. A hőátadási folyamat lehetővé teszi, hogy az összes hőerőgép közül a legjobb hatásfokot nyújtsa. Ellentétben a gőz-, és gázturbinás rendszerekhez képest (ezek elsősorban elektromos energiát termelnek és „melléktermékük lehet a fűtésre a „hulladék hő” és a „hűtés”), ebben a megoldásban elsősorban hő van, az elektromos energiatermelést pedig csak akkor „kapcsoljuk be”, amikor arra szükség van. A Nap sütés koncentrált hőenergiájából közvetlenül váltakozó elektromos energia előállítására képes.

Többféle mechanikus megoldása létezik a Stirling motornak. Az következő két ábra az un. Alfa és béta változatot mutatja be.



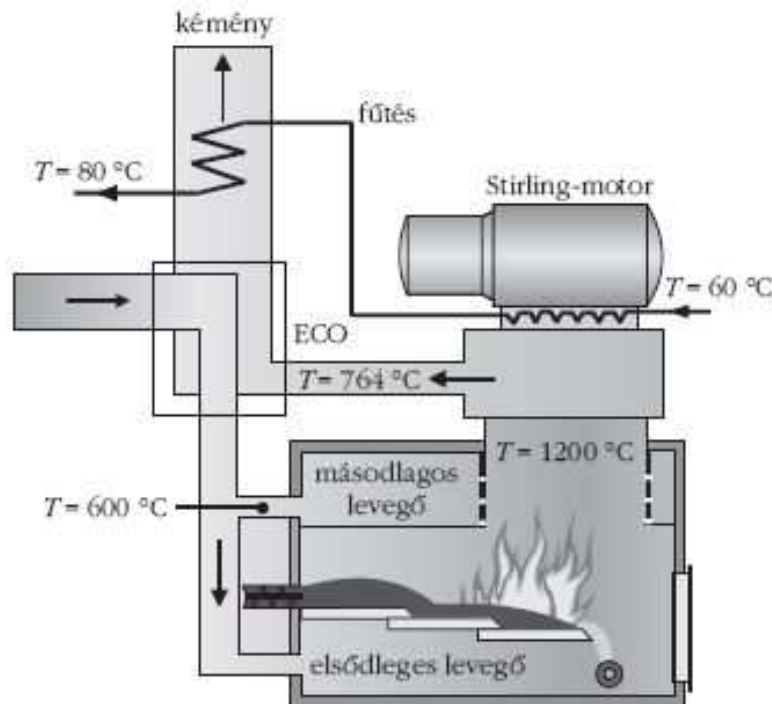
44. ábra. Alfa Stirling motor

<http://www.ohio.edu/mechanical/stirling/engines/engines.html>;



45. ábra Béta Stirling motor

<http://diystirlingengine.com/>



6. ábra. Biomassza-tüzelésű, kapcsolt energiatermelő Stirling-motor.

46. ábra. Növényi tüzelésű kazán és Stirling motoros fűtőerőmű struktúrája

<http://www.kfki.hu/fszemle/archivum/fsz1006/buki1006.html>

9.11. Elemek, Akkumulátorok

Az **elemek** olyan kémiai áramforrások azon csoportja, amelyekben az áram termelésekor a két különböző, elektrolitba merülő fém között nem megfordítható átalakulás jön létre, vegyi reakció útján szolgáltat elektromos áramot. Energia sűrűség (egységek: Ah/kg=C/kg)

3. Táblázat. Különböző anyagi felépítésű elemek közül a „legerősebbek” adatait foglalja össze.

Elemek (Primer telepek)	U (V)	Kapacitás (Ah)	Súly (kg)	Méret átmérő-magasság (mm)	Ah/kg
Cink klorid/szén cink elem	1,5	7,3	0,095	34-61	76,8
Ezüstoxid gombelem	1,55	0,165	0,030	11-5	5,5
Higany gombelem	1,35	2,8	0,030	14-48	93,3
Lítium (LiMnO ₂)	3	1,3	0,017	17-34	76,5
Lítium mangándioxid (LiMnO ₂)	1,5	2,5	0,014	17-54	178,6
Lítium kéndioxid (LiSO ₂)	2,9	34	0,300	41-140	113,3
Lítium tionil klorid (LiSOCl ₂)	3,6	7,2	0,050	26-50	144,0

Az **akkumulátorok** a kémiai áramforrások (segítségükkel a villamos energia termelése kémiai anyagok átalakulása révén történik) azon csoportja, amelyekben az átalakulás megfordítható, azaz villamos áram bevezetésével a kémiai anyagok visszaalakíthatók eredeti állapotukba, az áram termelésekor átalakult anyagok ellentétes irányú áram átadásával regenerálhatók. („töltés”, „kisütés”). Energia sűrűség (egységek: Ah/kg=C/kg).

4. Táblázat. Különböző anyagi felépítésű akkumulátorok műszaki adatai.

	Akkumulátorok	U (V)	Kapacitás (Ah)	Súly (kg)	(Ah/kg)
4.1	Ólom, vagy savas akkumulátor	2,0	9,0	2,0	4,5
4.2	Oxigénrekombinációs, zárt ólomakkumulátor	2,0	9,0	1,5	6,0
4.3	Nikkel-kadmium akkumulátor (NiCd)	1,2	----	-----	
4.4	Nikkel metál-hidrid akkumulátorok (NiMH)	1,2	14	0,275	50,9
4.5	Lítium-ion akkumulátor (Li-ion)	3,7	10	0,380	26,3
4.6	Lítium-polimer akkumulátor (Li-polymer)	3,7	2,5	0,1	25,0

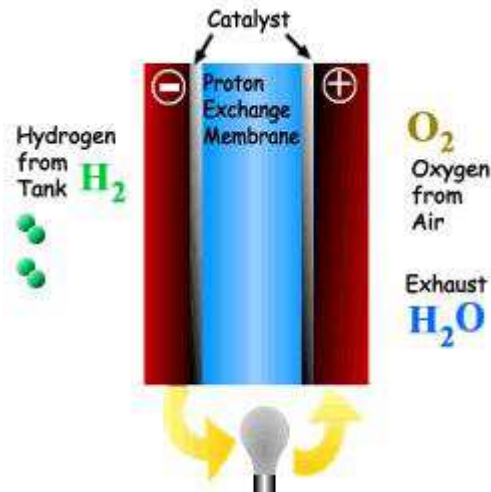
9.12. Energia cella (üzemanyagcella)

Az **üzemanyagcellák** az elemekhez hasonlóan vegyi reakciókkal közvetlenül elektromosságot állítanak elő, és **mindaddig üzemelnek**, amíg az „üzemanyagot” (**hidrogén, metán, metanol**) beletöltjük. Hidrogénből a reakció során **víz** lesz, a szénhidrogén vegyületekből emellett **széndioxid** is képződik. Az üzemanyagcellának az előnye az akkumulátorokhoz képest, hogy pillanatok alatt utántölthető, és hogy várhatóan lehetséges lesz a jelenlegi akkumulátoroknál sokkal nagyobb kapacitását előállítani. Ezért gyakorlatilag **korlátlan a cella élettartama**, ami környezetvédelmi szempontból fontos.

Az üzemanyag cella a következő részekből áll:

- Két elektródából (anódból és katódból)
- Katalizátorból, mely a két elektróda egymás felé néző oldalán található
- Elektrolitból (membránból), mely lehet szilárd vagy folyékony halmazállapotú

A következő ábrán az egyik legelterjedtebb, úgynevezett **protoncserélő membrános üzemanyag cella** elvi rajza látható.



47. ábra. A protoncserélő membrános üzemanyag cella elvi rajza






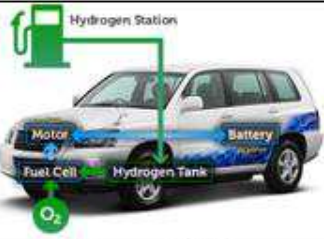
Az alkalmazás terén két fő irány látszik, az egyik a **közlekedés**, a másik a **hordozható elektronikus eszközök áramforrással** történő ellátása.

Táblázat. Különböző üzemanyag cellák összehasonlítása

Típusa	Elektrolit	Működési hőmérséklet	Elektromos hatásfok	Üzemanyag
AFC (alkáli)	30 % KOH oldat, gél	80 °C	elméleti: 70% gyakorlati: 62%	- tiszta H ₂ - O ₂
PEMFC	protonáteresztő membrán	80 °C	elméleti: 68%, gyakorlati: 50%	- tiszta H ₂ - O ₂ , - levegő
DMFC (direkt metanol)	protonáteresztő membrán	80 - 130 °C	elméleti: 30%, gyakorlati: 26%	- metanol,
PAFC (foszfor-savas)	tömény foszforsav	200 °C	elméleti: 65%, gyakorlati: 60%	- tiszta H ₂ - O ₂ , - levegő
MCFC (alkáli-karbonátsó)	lítium-karbonát, kálium-karbonát	650 °C	elméleti: 65% gyakorlati: 62%	- H ₂ , - földgáz - széngáz, - biogáz, - levegő, - O ₂
SOFC (oxid-kerámia)	yttrium-cirkon oxidkerámia	800 - 1000 °C	elméleti: 65% gyakorlati: 62%	- H ₂ - földgáz - széngáz, - biogáz, - levegő, - O ₂

Üzemanyagcellás gépkocsik (FCEV) (TOYOTA, Nissan Motor Co.,) létrehozása egyszerre tette szükségessé a következő fejlesztéseket:

- nagy teljesítményű, kis tömegű, térfogatú üzemanyagcella létrehozása
- nagy motor teljesítményű (90 kW) és nyomatékú (260 Nm) villanymotor és generátor létrehozása. A motor egyben generátorként is működik, és fékezéskor elektromos energiát termel, amit a nagy töltés tárolással bíró akkumulátor tartalékol.
- nagy töltés tárolással, magas kisütő és töltő árammal bíró akkumulátor,
- egy Elektromos vezérlő egységet, amely a DC/AC konvertálást végzi a villanymotor számára és DC/DC átalakítást és AC/DC átalakítást a generátor által termelt elektromos energia tárolásához az akkumulátorban az akkumulátor töltésére.
- nagy 70 MPa nyomást bíró tartályt a hidrogén tárolására.

	
Membrános üzemanyag cella	Akkumulátor
	
Motor, generátor, Teljesítmény: 90 kW, Nyomaték: 260 Nm	Elektronikus vezérlő, DC/AC, AC/DC, átalakító, AC/AC illesztő
	
27 MPa nyomású hidrogén tartály	Toyota FCHV

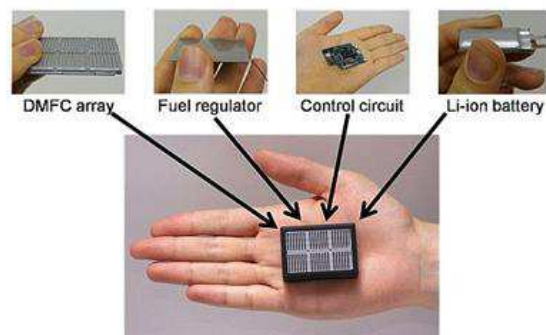
48. ábra A Toyota üzemanyagcellás változatához szükséges főbb elem

http://www.toyota-global.com/innovation/environmental_technology/fuelcell_vehicle/

Hordozható elektronikus eszközök áramforrással történő ellátása céljából metanolos üzemanyagcellákat hoztak létre:



49. ábra Üzemanyagcella „feltöltése” metilalkohollal”



50. ábra. Kisméretű üzemanyagcella

Kérdések:

- 9.1. Fogalmazza meg a Faraday-féle indukciós törvényt!
- 9.2. Ismertesse egy generátor felépítését!
- 9.3. Ismertesse egy akkumulátor cella felépítését!
- 9.4. Ismertesse egy akkumulátor felépítését, „működését”!
- 9.5. Ismertesse egy széntüzelésű erőmű főbb blokkjait, adja meg az elektromos energiatermelés hatásfokát!
- 9.6. Hasonlítsa össze a hagyományosan csak elektromos energiát, valamint kapcsoltan villamos energiát és hőt termelő (CHP) erőműveket éves energetikai hatásfok szempontjából!
- 9.7. Ismertesse egy kombinált ciklusú gázturbinás erőmű főbb blokkjait, adja meg az elektromos energiatermelés hatásfokát!
- 9.8. Mit jelent ez a kifejezés: „Zéró emisszójú erőművek”?
- 9.9. Sorolja fel a széndioxid megfogás lehetséges eseteit!
- 9.10. Sorolja fel a széndioxid leválasztás lehetséges eseteit!
- 9.11. Sorolja fel a széndioxid tárolás lehetséges eseteit!
- 9.12. Adja meg az atomerőművek technológiai csoportosítását!
- 9.13. ismertesse a Paksi Atomerőmű egy reaktor blokkjának felépítését!
- 9.14. Sorolja fel az a hat rendszert, amelyek a IV. generációs atomerőművek fejlesztendő csoportjába tartoznak!
- 9.15. Ismertesse a gázhűtésű gyorsreaktor legfontosabb paramétereit!
- 9.16. Ismertesse a ólomhűtésű gyorsreaktor legfontosabb paramétereit!
- 9.17. Ismertesse a sóolvadék közegű reaktor legfontosabb paramétereit!
- 9.18. Ismertesse a nátrium hűtésű gyorsreaktor legfontosabb paramétereit!
- 9.19. Ismertesse a szuperkritikus vízhűtésű reaktor legfontosabb paramétereit!
- 9.20. Ismertesse a nagyon magas hőmérsékletű reaktor legfontosabb paramétereit!
- 9.21. Sorolja fel a vízerőmű előnyeit, hátrányait!
- 9.22. Ismertesse a világon az elmúlt évtizedben felépült nagy vízerőművek mekkora elektromos teljesítményűek!
- 9.23. Ismertesse a világon az elmúlt évtizedben felépült nagy szélenergia erőművek mekkora elektromos teljesítményűek!
- 9.24. Ismertesse az olvadt kősót alkalmazó, hőtárolós, mozgatható síktükrös, tornyos naperőmű felépítését és elektromos energia termelését!
- 9.25. Ismertesse a parabola vályús kollektor rendszerű naperőmű felépítését és elektromos energia termelését!
- 9.26. Ismertesse a parabola vályús kollektoros hőtárolóval kombinált naperőmű felépítését és elektromos energia termelését!
- 9.27. Ismertesse a parabola vályús napkollektoros gőzképzés gáztüzeléssel kombinált felépítését és elektromos energia termelését!
- 9.28. ismertesse a naptányéros Stirling motoros naperőmű felépítését és elektromos energia termelését!
- 9.29. Ismertesse a napelemek felépítésének három fő csoportját!
- 9.30. Milyen műszaki elemeket kell tartalmaznia egy napelemes rendszernek, ha hálózati betáplálásra, vagy szigetüzemi ellátásra tervezték?
- 9.31. Hogyan valósítható meg alacsony hőmérsékletű hőforrásokkal nagyon jó elektromos hatásfok, ha ORC erőművet működtetünk?
- 9.32. Mit értünk az alatt, hogy a Stirling-motor külső hőbevezetésű hőerőgép?
- 9.33. Jellemezze az elemeket, mint kémiai áramforrásokat!
- 9.34. Jellemezze az akkumulátorokat, mint kémiai áramforrásokat!
- 9.34. Jellemezze az üzemanyagcellákat, mint kémiai áramforrásokat!
- 9.35. Adja meg, hogy milyen főbb blokkokból épül fel egy üzemanyagcellás gépkocsi?