

◀	Tartalom	Fogalmak	Törvények	Képletek	Lexikon	▶
---	--------------------------	--------------------------	---------------------------	--------------------------	-------------------------	---

A villamosenergia-termelés lehetőségei és korlátai

A váltakozó áram ipari előállítása és felhasználása című fejezetben már szó volt róla, hogy a világon mindenütt a (háromfázisú) váltakozó áramú elektromos hálózatok terjedtek el, mert *a váltakozó áram ipari méretű előállítása és szállítása egyszerűbb, gazdaságosabb, mint az egyenáramé.*

Az elektromos energia ipari méretekben történő előállítása *erőművekben* történik. Az erőműveket aszerint csoportosíthatjuk, hogy milyen *energiaforrást* használnak a villamos energia előállításához. Ezeket az energiaforrásokat két csoportba soroljuk: *Megújuló energiaforrásnak* nevezzük azokat, amelyek emberi időléptékben képesek megújulni, azaz nem fogynak el. *Nem megújuló energiaforrásoknak* hívjuk azokat, melyek nem termelődnek újra, vagy újratermelődésükhöz nagyon hosszú időre van szükség.

Megújuló energiaforrásokkal működő erőművek:

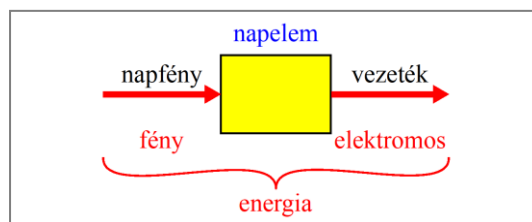
- fotovillamos erőmű
- szélerőmű
- vízerőmű
- árapály erőmű
- naphőerőmű
- geotermikus hőerőmű
- biomasszával (biogáz, biodízel, bioetanol, fa stb.) működő hőerőmű

Nem megújuló energiaforrásokkal működő erőművek:

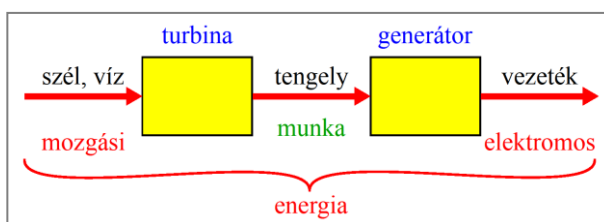
- fosszilis tüzelőanyagokkal (szén, kőolaj, földgáz) működő hőerőmű
- gázturbinás erőmű
- atomerőmű

A következőkben áttekintjük az egyes erőműtípusok működését, valamint fő jellemzőiket (energiaforrás, környezeti hatások, alkalmazásának előnyei–hátrányai).

A **fotovillamos erőművek** a *napsugárzás* (elektromágneses hullámok) *energiáját* napelemekkel közvetlenül *elektromos energiává* alakítják. A napelemekkel előállított egyenáramot ezután egy elektronikus eszközzel (*inverter*) váltakozó árammá alakítják. A fotovillamos erőművek nagy előnye, hogy működés közben nem bocsátanak ki sem szén-dioxidot, sem más környezetkárosító anyagot. További előny, hogy nincs mozgó alkatrészük, így nem kopnak, és nem keltenek zajt. Hátrányuk viszont, hogy viszonylag nagy területet foglalnak el, és működésük a napsütéstől függ. Emiatt télen alig, éjszaka pedig egyáltalán nem működnek.



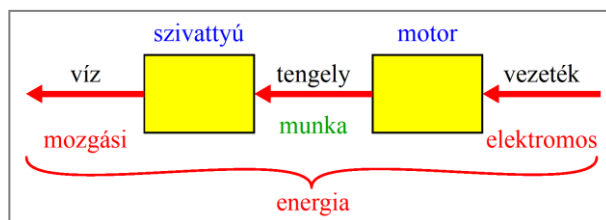
A **szél-erőművek**, a **víz-erőművek** és az **árapály erőművek** *turbinái* az áramló szél, illetve víz hatására jönnek forgásba. A turbinával közös tengelyen elhelyezkedő



generátor a *mozgási indukció* jelenségét felhasználva közvetlenül váltakozó feszültséget állít elő. Ezek az erőművek sem bocsátanak ki szén-dioxidot, és nincs egyéb károsanyag-kibocsátásuk sem. Ezek az erőművek szükség esetén *gyorsan indíthatók* és *gyorsan leállíthatók*. A víz-erőművek azonban megváltoztatják a folyók áramlási viszonyait: a folyók a tározókban és a gátak után a kisebb szintkülönbség miatt lassabban folynak. Ez hordaléklerakódást okoz, továbbá a gátak akadályozzák a vízi élőlények mozgását. A szél-erőművek veszélyesek lehetnek a madarakra, bár ezt a veszélyt néha túlértékelik.

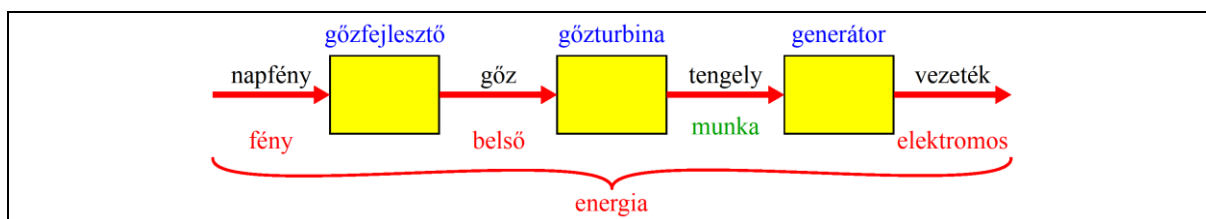


A vízerőművek speciális változatai a **tározós vízerőművek**. Itt a gát után egy újabb víztározó található. Akkor, amikor más erőművek (például naperőművek) a



szükségesebbnél többet termelnek, a felesleges elektromos energiát felhasználva egy villanymotorral meghajtott szivattyúval az alsó tározóból a gát feletti tározóba juttatják a vizet, amelyet csúcsidőszakban az erőmű újra elektromos energia termelésére használhat. (Egy tározós vízerőműről készült, géptermi felvételeket is tartalmazó YouTube videó itt érhető el: <https://www.youtube.com/watch?v=DcOYmcPf-zA>.)

A **naphőerőművek** a *napsugárzás* (elektromágneses hullámok) *energiáját* felhasználva a gőzfejlesztőben nagy nyomású gőzt állítanak elő, amely egy gőzturbinát működtet. A turbinával közös tengelyen elhelyezkedő generátor váltakozó feszültséget állít elő.



A naphőerőművek általában a gőzfejlesztők két típusának egyikét használják. Az egyikben egy hosszú, parabola keresztmetszetű tükör fókuszvonalában egy cső helyezkedik el. A csőre fókuszált napfény felmelegíti a csövet, így a benne áramló víz felforr és gőzzé alakul. Nagyobb naphőerőművekben ezernél is több ilyen egység üzemelhet.

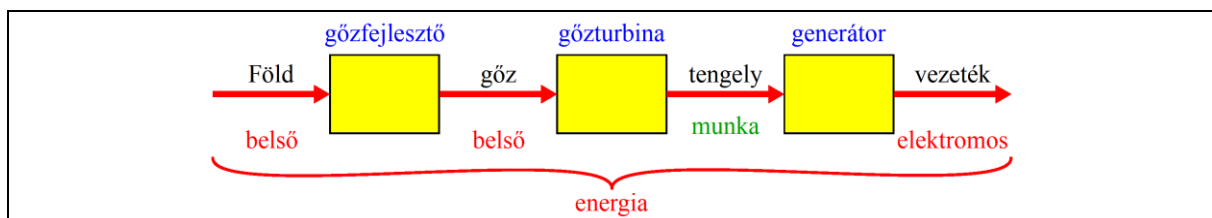


A gőzfejlesztők másik változatában egy torony körül állítható síktükrök helyezkednek el. Ezeket egy (számítógéppel vezérelt) mozgatórendszer úgy állítja be, hogy azok mindegyike a torony tetején elhelyezett egységre tükrözze a napfényt. Ezekkel magasabb hőmérséklet is elérhető. Emiatt az összegyűjtött napsugarakkal gyakran speciális

sókeveréket olvasztanak meg, és az olvadt sókeveréket hőtárolóként használják. Ennek hőjével napfénymentes időben is gőzt fejleszthetnek a turbinák működtetéséhez.

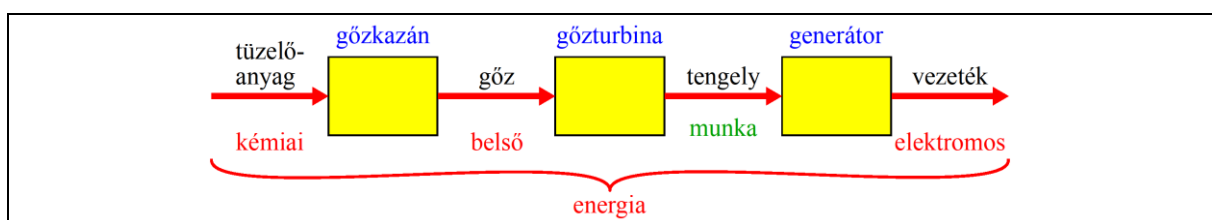
A naphőerőművek sem bocsátanak ki szén-dioxidot, és nincs egyéb károsanyag-kibocsátásuk sem. Hátrányuk viszont, hogy viszonylag nagy területet foglalnak el, és a fotovillamos erőművekhez hasonlóan működésük a napsütéstől függ.

A **geotermikus hőerőművek** a *Föld geotermikus energiáját* (belső energiáját) használják villamos energia termelésére. A nagy mélységbe lefúrt kutak nagy nyomású, és 100 °C-nál lényegesen melegebb termálvizével a gőzfejlesztőben nagy nyomású gőzt állítanak elő, amely egy gőzturbinát működtet. A turbinával közös tengelyen elhelyezkedő generátor váltakozó feszültséget állít elő.



A geotermikus hőerőművek nem bocsátanak ki szén-dioxidot, és kis területet igényelnek. Hátrányuk viszont, hogy a megfelelő hőmérsékletű víz eléréséhez több ezer méter mélyre kell fúrni. Problémát jelenthet, hogy a felhozott forró víz általában jelentős mennyiségű oldott ásványi anyagot (általában különféle sókat) tartalmaz. Ez egyrészt az erőmű alacsonyabb hőmérsékletű részegységeiben (csöveiben) kicsapódva eltömítheti azokat, másrészt a környezetbe (folyókba, tavakba, talajba) kerülve károkat okoz. Emiatt a felhozott vizet sótalanítják, illetve felhasználás után visszasajtolják az eredeti mélységbe. Ezzel biztosítható az is, hogy a föld alatti *vízkezellet* megmaradjon, és a termálvíz nyomása se csökkenjen. A visszasajtoláshoz azonban energiát kell felhasználni.

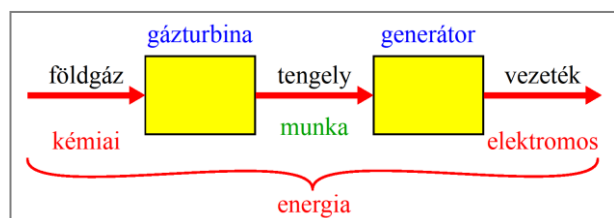
A **biomasszával**, illetve a **fosszilis tüzelőanyaggal működő hőerőművek** a *tüzelőanyag kémiai energiáját* felhasználva működnek. A gőzkazánban a tüzelőanyag elégetésével vizet forralnak és nagy nyomású gőzt állítanak elő, amely egy gőzturbinát működtet. A turbinával közös tengelyen elhelyezkedő generátor váltakozó feszültséget állít elő.



A hőerőművek kazánjában az égés során jelentős mennyiségű szén-dioxid és vízgőz, továbbá nitrogén-oxid, kén-dioxid keletkezik. (Arányukat elsősorban a tüzelőanyag fajtája határozza meg.) Ezek az anyagok egyrészt *üvegházhatású gázok*, másrészt egy részük hozzájárul a savas esők kialakulásához, illetve egyesek a sztratoszférába jutva *károsítják az ózonréteget*. Az égéstermék ezenkívül mikroszkopikus méretű szilárd szemcséket (korom, pernye) is tartalmaz, ezek belélegezve *károsítják a légzőrendszert* (irritáció, asztmás roham, tüdőrák). A hőerőművek a tüzelőanyag elégetéséhez jelentős mennyiségű *oxigént használnak el a légkörből*. Ezen túlmenően a fosszilis tüzelőanyaggal működő erőművek a Föld nem megújuló energiahordozóit is fogyasztják. A szénnel működő hőerőműveknél komoly problémát jelent a képződő salak biztonságos, környezetkímélő elhelyezése is.



A **gázturbinás erőművek** szintén a *tüzelőanyag kémiai energiáját* felhasználva működnek. Az üzemanyagot (földgáz, néha gázolaj) egy gázturbinában égetik el, a forró égéstermék így közvetlenül a turbína lapátkerekét hozza forgásba. A gázturbinával közös tengelyen elhelyezkedő generátor háromfázisú váltakozó feszültséget állít elő.



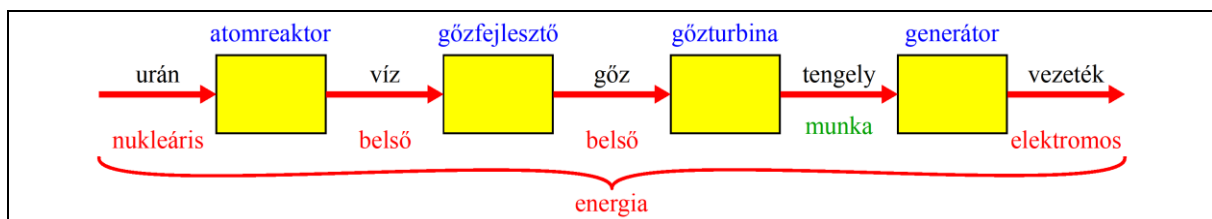
A gázturbinából kilépő égéstermék magas hőmérsékletű, ezt a **kombinált ciklusú gázturbinás erőművekben** egy gőzfejlesztőn vezetik át. Az így előállított gőz egy gőzturbinát hajt meg, amely egy generátort működtetve szintén elektromos áramot termelhet. Emiatt a kombinált ciklusú gázturbinás erőművek jó hatásfokkal üzemelnek.

A gázturbinás erőművek fő előnye a hőerőművekhez képest, hogy működésükhöz nem szükséges nagy mennyiségű vizet felforralni, illetve leállításuknál sem kell a forró víz és gőz visszahűtéséről gondoskodni. Emiatt szükség esetén *gyorsan elindíthatók*, és *gyorsan leállíthatók*. A gázturbinás erőművekben is jelentős mennyiségű szén-dioxid és vízgőz, továbbá nitrogén-oxid, kén-dioxid keletkezik. Ezek környezetkárosító hatása hasonló a

hőerőművekéhez (üvegházhatás, ózonréteg károsítás, savas esők). Előny azonban, hogy a földgáz és a gázolaj égetésekor nem keletkezik salak, és a füstgázok portartalma is lényegesen alacsonyabb, mint a hőerőműveknél. A gázturbinás erőművek is a Föld nem megújuló energiahordozóit fogyasztják, ezen túlmenően pedig a hőerőművekhez hasonlóan nagy mennyiségű *oxigént használnak el a légkörből*.



Az **atomerőművek** a nukleáris üzemanyag (leggyakrabban urán) atommagjainak hasadása során felszabaduló *nukleáris energiát használják fel*. A *nyomott vizes atomerőművekben* az atomreaktorban lezajló maghasadások során fejlődő hő felmelegíti a primer körben keringő nagy nyomású vizet. Ezzel a gőzfejlesztőben nagy nyomású gőzt állítanak elő, amely egy gőzturbinát működtet. A turbinával közös tengelyen elhelyezkedő generátor váltakozó feszültséget állít elő. (A működéssel kapcsolatos további részletek [Az atombomba](#). [Az atomerőmű](#) című fejezetben találhatók.)



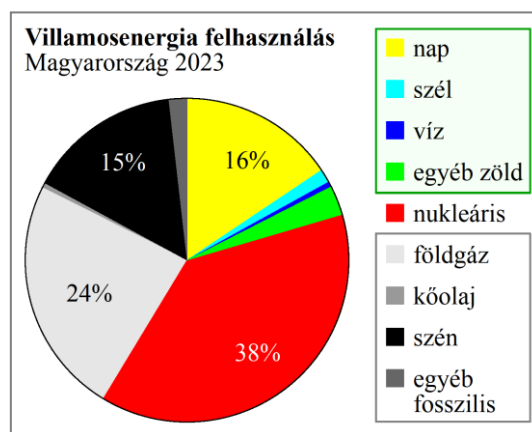
Az atomerőművek előnye, hogy viszonylag olcsón állítanak elő elektromos energiát. Gyakorlatilag *nem bocsátanak ki sem szén-dioxidot, sem más üvegházhatású gázt, továbbá nem szennyezik a környezetet ózonkárosító anyagokkal sem*. Nagy teljesítményük miatt azonban a hulladékhő észrevehető mértékben megterheli a környezetet. (Jellemzően megnöveli a hűtéshez használt víz hőmérsékletét, amely károsan befolyásolhatja az ott található vízi élőlények létfeltételeit.) Jelentős környezeti problémát okoz az atomerőművekben keletkező *radioaktív hulladék* rendkívül hosszú időtartamra történő biztonságos elhelyezése is. Az atomerőművekben bekövetkező esetleges *nukleáris balesetek* súlyos esetben nagy területeket szennyezhetnek be radioaktív anyagokkal.

Az egyes országokban a villamosenergia-termelés jelentősen különbözik egymástól. Ennek egyik oka, hogy az országok természeti adottságai (földrajzi elhelyezkedés, éghajlat, domborzat, ásványkincsek stb.) eltérőek. A másik ok, hogy az országok egymástól eltérő (energia)politikai döntései miatt egyes erőműtípusokat előnyben

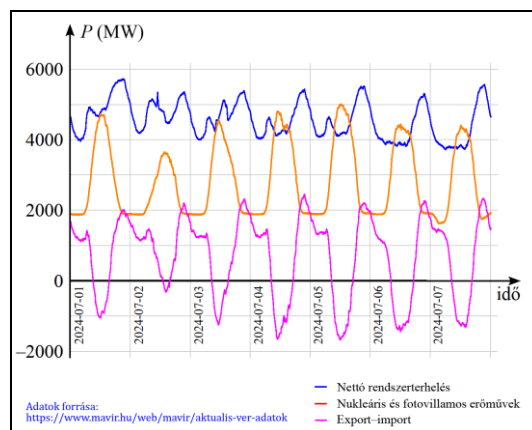
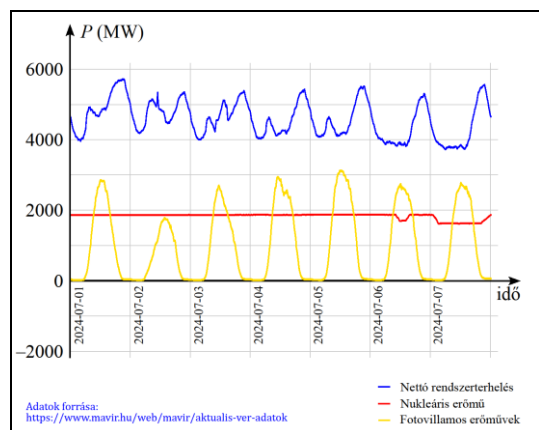
részesítenek, illetve másokat pedig nem támogatnak, vagy építésüket, üzemeltetésüket betiltják.

A 2023-ban Magyarországon felhasznált villamos energiának az elsődleges energiahordozók szerinti megoszlását az itt látható táblázat és grafikon szemlélteti.

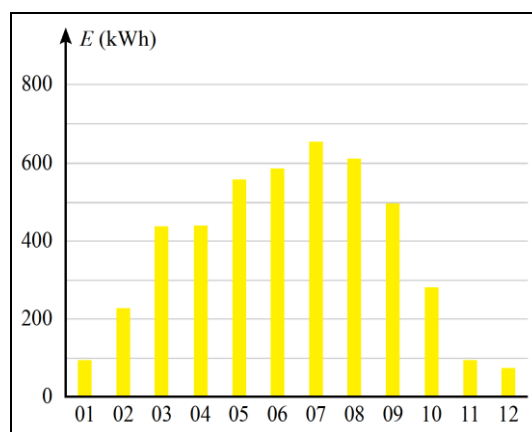
Energiafajta	Felhasználás	
	(MWh)	(%)
nap	1 061 890	15,62
szél	92 457	1,36
víz	34 671	0,51
geotermikus	1 360	0,02
egyéb megújuló	199 189	2,93
nukleáris	2 598 300	38,22
földgáz	1 613 910	23,74
olaj	35 351	0,52
szén	1 037 416	15,26
egyéb fosszilis	123 729	1,82
Összesen	6 798 273	100



Az adatok alapján megállapítható, hogy a magyar villamosenergia-felhasználás legnagyobb része nukleáris erőműből (*Paksi Atomerőmű*) származik. Mellette jelentős részt képviselnek a földgázzal és a szénnel működő, valamint a fotovillamos erőművek. Ez utóbbiak beépített maximális teljesítménye ma (2024) már meghaladja a Paksi Atomerőmű teljesítményét. Emiatt nyári napsütéses napokon az így termelt többlet exportálható. Ugyanakkor éjszakánként villamosenergia-behozatalra (importra) van szükség. Ezt szemléltetik a lenti grafikonok is, amelyek adatai a *Mavir Zrt.* (a magyar

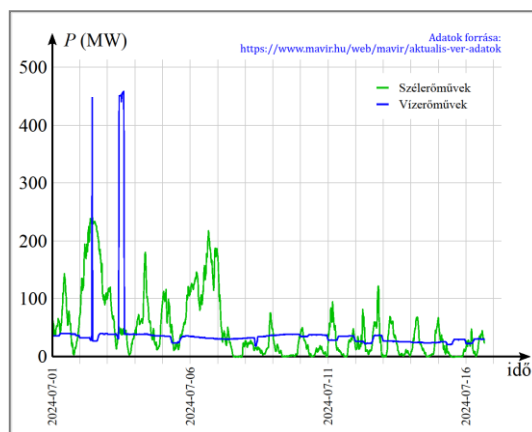


villamosenergia-rendszert működtető cég) nyilvánosan elérhető adatbázisából származnak (<https://www.mavir.hu/web/mavir/aktualis-ver-adatok>). Ugyancsak importra van szükség télen, mert a rövidebb nappalok, a borúsabb időjárás és az alacsonyabb napjárás miatt a fotovillamos erőművek termelése télen számottevően kisebb, mint nyáron. Ezt szemlélteti a képen látható napelemek 2023. évi villamosenergia-termelési adatait bemutató grafikon is. (A ház átlagos havi fogyasztása 310 kWh.)



Az előző oldalon szereplő kördiagramm alapján is látható, hogy a magyar villamosenergia-felhasználás egy részét még szénrel és földgázzal működő erőművek biztosítják. Ezek részben hazai erőművek, részben az importot biztosító külföldi erőművek. A változó fogyasztáshoz elsősorban a gyorsan indítható (és leállítható) gázturbinás erőművek használhatók gazdaságosan.

Mivel hazánkban kevés olyan hely van, ahol állandóan fúj a szél, a szélerőművek létesítése nem gazdaságos. A megépített szélerőművek néha napokig nem termelnek. Magyarországon a nagyobb folyók esése is kicsi, ezért a vízerőművek termelése sem számottevő. (A jobb oldali grafikon a szél- és vízerőművek 2024. július 1–15. közti termelését ábrázolja.)



Az egyetlen nagyobb, már épülőben lévő vízerőművet (*Nagymarosnál*, a Dunán, 160 MW teljesítménnyel) a környezetvédő szervezetek tiltakozása miatt nem építették meg. (A döntés meghozatalakor a szakmai érvek és ellenérvek mellett politikai szempontok is erőteljesen érvényesültek.) Az 1984–1989 között felépített részeket később visszabontották.

Kiegészítések

1. A *Generátorok* című fejezetben láttuk, hogy ezek az eszközök a *mozgási indukció* jelenségét felhasználva működnek.
2. A *turbina* olyan gép, amely a mozgó közeg (víz, levegő, gőz stb.) energiáját hasznos mechanikai munkává alakítja. A turbinák őseinek az egyszerű vízikerek és szélkerék tekinthető. Különböző célokra ma már számos típust használnak (*Kaplan-turbina, Francis-turbina, Pelton-turbina, Bánki-turbina, szélturbina*). Működésük részben a hatás–ellenhatás törvényén, részben az aerodinamikai felhajtóerőn alapul.



3. Az Egyesült Államokban, a Mojave-sivatagban található *Ivanpah Solar Electric Generating System* egy 386 megawatt összteljesítményű létesítmény, amely három napenergia-koncentráló hőerőműből áll. Az első blokk névleges teljesítménye 120 MW, a másik két blokké egyenként 133 MW. Jelenleg (2024) ezek a blokkok a *világ legnagyobb teljesítményű napenergia-koncentráló hőerőművei*. A létesítmény a *GoogleTérkép* műholdas nézetében itt nézhető meg: <https://www.google.com/maps/@35.5570004,-115.4706846,500m/data=!3m1!1e3?hl=hu&entry=ttu>.



4. Az egyes országok lakossága (és politikusai) eltérő módon értékeli a villamosenergia-termeléssel kapcsolatos kérdéseket, és ez alapvetően meghatározza az adott országokban a villamosenergia előállítását és felhasználását. Például *Franciaország* előnyben részesíti az atomerőműveket, 2022-ben a bruttó villamosenergia-termelés 62 százalékát az atomerőművekben állították elő. Ugyanakkor 1978-ban *Ausztriában* népszavazás döntött arról, hogy a már megépült *zwentendorfi atomerőművet* ne helyezték üzembe. *Magyarországon* a környezetvédők tiltakozásának hatására a *Bős–Nagymaros* vízlépcsőrendszerhez tartozó nagymarosi vízerőművet nem építették meg.

Szlovákiában viszont felépült a bősi vízerőmű, és az eredeti tervekkel ellentétben a Duna vízmegosztását biztosító létesítményt sem magyar, hanem szlovák területen alakították ki. Magyarországot emiatt jelentős anyagi és környezeti kár érte. (További részletek a vízlépcsőről a magyar Wikipédián: https://hu.wikipedia.org/wiki/Bős-nagymarosi_vízlépcső.)

Példa

A Kiegészítések 2. pontjában látható turbinák lent olvasható adattáblái alapján határozzuk meg a turbinák hatásfokát!

Kaplan-Turbine	
Hersteller:	Voith, St. Pölten
Baujahr:	1948
Leistung:	5.478 kW
Fallhöhe:	17,36 m
Schluckvermögen:	45 m³/s
Drehzahl:	214 U/min
Durchmesser:	2.600 mm
Gewicht:	5.900 kg
Betriebsstunden:	140.000 h
Erzeugte Energie:	1.400.000.000 kWh
Einsatzort:	Kraftwerk Dömsen

Francis-Turbine	
Hersteller:	J. M. Voith GmbH
Baujahr:	1957
Leistung:	31.000 kW / 42.000 PS
Füllhöhe:	142 m
Schluckvermögen:	27 m³/s
Drehzahl:	375 U/min
Durchmesser:	2.265 mm
Gewicht:	5.850 kg
Betriebsstunden:	150.378 h
Erzeugte Energie:	3.200.000.000 kWh
Einsatzort:	Kraftwerk Schwarzach

Pelton-Turbine	
Hersteller:	Escher Wyss, Ravensburg
Baujahr:	1950
Leistung:	31.000 kW / 41.600 PS
Fallhöhe:	845 m
Schluckvermögen:	4 m³/s
Drehzahl:	500 U/min
Durchmesser:	2.760 mm
Gewicht:	6.880 kg
Betriebsstunden:	110.000 h
Erzeugte Energie:	2.480.000.000 kWh
Einsatzort:	Kraftwerk Kaprun-Hauptstufe

Megoldás:

$$P_1 = 5478 \text{ kW}$$

$$h_1 = 17,36 \text{ m}$$

$$Q_1 = 45 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\eta_1 = ?$$

$$P_2 = 31\,000 \text{ kW}$$

$$h_2 = 142 \text{ m}$$

$$Q_2 = 27 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\eta_2 = ?$$

$$P_3 = 31\,000 \text{ kW}$$

$$h_3 = 845 \text{ m}$$

$$Q_3 = 4 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\eta_3 = ?$$

A hatásfok definíciója alapján:

$$\eta = \frac{P_h}{P_{\text{ö}}} = \frac{P_h}{\frac{W}{\Delta t}} = \frac{P_h}{\frac{m \cdot g \cdot h}{\Delta t}} = \frac{P_h}{\frac{\rho \cdot V \cdot g \cdot h}{\Delta t}}$$

A képletben szereplő

$$\frac{V}{\Delta t} = Q$$

menyiség a térfogatáram („Schluckvermögen”), jele Q . Ennek alapján a hatásfok:

$$\eta = \frac{P_h}{\frac{\rho \cdot V \cdot g \cdot h}{\Delta t}} = \frac{P_h}{\rho \cdot Q \cdot g \cdot h}$$

A keresett hatásfokok tehát:

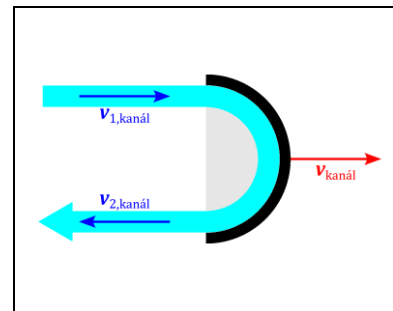
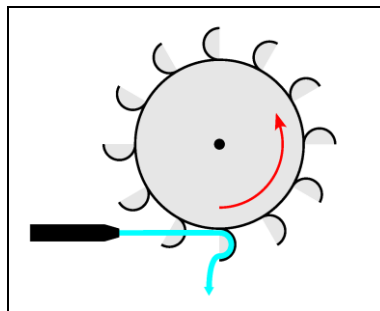
$$\eta_1 = \frac{P_1}{\rho \cdot Q_1 \cdot g \cdot h_1} = \frac{5\,478\,000 \text{ W}}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 45 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 17,36 \text{ m}} \approx 70\%.$$

$$\eta_2 = \frac{P_2}{\rho \cdot Q_2 \cdot g \cdot h_2} = \frac{31\,000\,000 \text{ W}}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 27 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 142 \text{ m}} \approx 81\%.$$

$$\eta_3 = \frac{P_1}{\rho \cdot Q_3 \cdot g \cdot h_3} = \frac{31\,000\,000 \text{ W}}{1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 4 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \cdot 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \cdot 845 \text{ m}} \approx 92\%.$$

Megjegyzés:

A Pelton-turbina jó hatásfoka elsősorban a turbinalapátok speciális kialakításának köszönhető. A fűvókából kiáramló vízszugár *kanálhoz viszonyított sebessége* a kettős, kanál alakú lapátoknak ütközve az eredetivel ellentétes irányúvá válik, miközben a sebesség nagysága alig csökken.



A víz akkor adja át a teljes mozgási energiáját a lapátnak, ha a kanálból történő kilépéskor a *talajhoz viszonyított v_2 sebessége nulla*. Ekkor a rajz jelöléseinek megfelelően:

$$0 = v_2 = v_{\text{kanál}} + v_{2,\text{kanál}} = v_{\text{kanál}} - v_{1,\text{kanál}},$$

$$0 = v_{\text{kanál}} - v_{1,\text{kanál}},$$

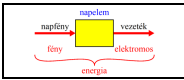
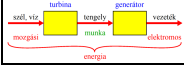
$$v_{1,\text{kanál}} = v_{\text{kanál}}.$$

Ezt felhasználva ilyenkor a fűvókából kilépő víz talajhoz viszonyított v_1 sebessége:

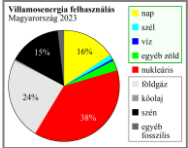
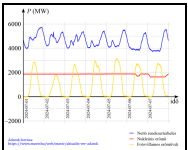
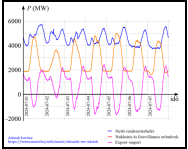
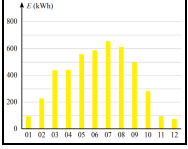
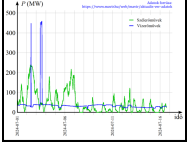
$$v_1 = v_{\text{kanál}} + v_{1,\text{kanál}} = v_{\text{kanál}} + v_{\text{kanál}} = 2 \cdot v_{\text{kanál}}.$$

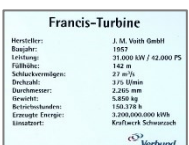
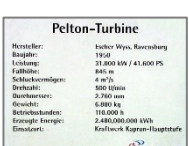
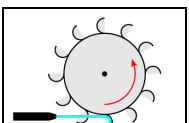
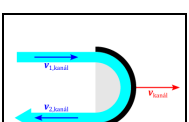
Ilyen vízsebességnél tehát a víz teljes mozgási energiája átadódik a lapátoknak, így a Pelton-turbina hatásfoka emiatt közel 100%. (Valójában a víz belső súrlódása, és a turbina tengelyének súrlódása miatt a hatásfok ennél kicsit kisebb.) Ha a fűvókából kilépő víz sebessége ettől az értéktől eltér, akkor a kanálból kilépő víznek lesz valamekkora sebessége a kanálhoz képest, és ez veszteséget okoz, amely a hatásfok csökkenését eredményezi.

Képek jegyzéke

 The diagram shows a yellow box labeled 'napcella' (solar cell). Above it, 'napfény' (sunlight) points to the box. Below it, 'fény' (light) points to the box. To the right, 'vezeték' (wire) points away from the box. Below the box, 'elektronos' (electronic) points to the box. A red arrow labeled 'energia' (energy) points from the box to the right.	Fotovillamos erőmű vázlata © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0778.svg
	Fotovillamos erőmű (Wörrstadt, Németország) W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Solarpark-Wörrstadt.jpg
 The diagram shows a yellow box labeled 'turbina' (turbine). Above it, 'szél, víz' (wind, water) points to the box. Below it, 'mozgás' (movement) points to the box. To the right, 'vezeték' (wire) points away from the box. Below the box, 'elektronos' (electronic) points to the box. A red arrow labeled 'energia' (energy) points from the box to the right.	Szélerőmű/vízerőmű vázlata © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0779.svg
	Szélerőmű (Mosonszolnok) © http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0456.jpg
	Vízerőmű a Dunán (Bős/Gabcikovo, Szlovákia) © http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0411.jpg
	Vízerőmű gépterme (Kaprun, Ausztria) © http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf1011.jpg
 The diagram shows a yellow box labeled 'turbina' (turbine). Above it, 'víz' (water) points to the box. Below it, 'mozgás' (movement) points to the box. To the right, 'vezeték' (wire) points away from the box. Below the box, 'elektronos' (electronic) points to the box. A red arrow labeled 'energia' (energy) points from the box to the right.	Tározós vízerőmű vázlata (szivattúzáskor) © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0780.svg
 The diagram shows a yellow box labeled 'reaktor' (reactor). Above it, 'hő' (heat) points to the box. Below it, 'mozgás' (movement) points to the box. To the right, 'vezeték' (wire) points away from the box. Below the box, 'elektronos' (electronic) points to the box. A red arrow labeled 'energia' (energy) points from the box to the right.	Naphőerőmű vázlata © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0781.svg

	Naphőerőmű parabolatükrös gőzfejlesztői (SEGS naphőerőmű, USA) W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Solar_Plant_kl.jpg
	A Planta Solar 10 naphőerőmű (Sanlúcar la Mayor, Spanyolország) W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:PS10_desde_PS20.jpg
	Geotermikus erőmű vázlata © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0782.svg
	Fosszilis tüzelőanyaggal, biomasszával működő hőerőmű vázlata © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0783.svg
	Mátrai Erőmű W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Abasár,_Mátrai_Erőmű_látképe_2021_01.jpg
	Hőerőmű gőzturbinája és generátora (Boxberg, Németország) W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Turbogenerator01.jpg
	Hőerőmű generátora (Tiszaújváros) W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:A_tiszaújvárosi_AES_Tisza_II_hőerőmű_ORV220_típusú,_Ganz_Villamosági_Művek_gyártmányú,_háromfázisú,_szinkronfordulatú_generátorja.jpg
	Gázturbinás erőmű vázlata © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0784.svg
	Gázturbinás hőerőmű (Ajka) W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:MVM_Gter_Gasturbinenkraftwerk,_2019_Ajka.jpg

	Nukleáris erőmű (nyomottvizes atomerőmű) vázlata © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0785.svg
	A 2023-ban Magyarországon felhasznált villamos energia megoszlása © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0786.svg
	A magyar nukleáris és fotovillamos erőművek termelése és a rendszerterhelés 2023. július 1–7. között © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0787.svg
	A magyar nukleáris és fotovillamos erőművek együttes termelése, az export/import és a rendszerterhelés 2023. július 1–7. között © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0788.svg
	Napelemek háztetőn ($P_{\max} = 4000 \text{ W}$) © http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf1031.jpg
	Az előző képen látható napelemek havi termelése 2023-ban © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0789.svg
	A magyar szél- és vízerőművek termelése 2023. július 1–15. között © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0790.svg
	Kaplan-turbina forgórésze a kapruni vízerőmű előtt (Ausztria) © http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf1010.jpg
	Francis-turbina forgórésze a kapruni vízerőmű előtt (Ausztria) © http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0447.jpg

	Pelton-turbina forgórésze a kapruni vízerőmű előtt (Ausztria) © http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0444.jpg
	Az Ivanpah Solar Electric Generating System naphőerőművei (USA) W https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ho_000159_170597_515219_4578_(36643884261).jpg
	Kaplan-turbina adattáblája (fizf1010.jpg képhez) © http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf1009.jpg
	Francis-turbina adattáblája (fizf0447.jpg képhez) © http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0446.jpg
	Pelton-turbina adattáblája (fizf0443.jpg képhez) © http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0443.jpg
	Pelton-turbina lapátjai © http://www.fizkapu.hu/fizfoto/fotok/fizf0445.jpg
	A Pelton-turbina működési elve © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0791.svg
	A víz sebessége a Pelton-turbina kanalában © http://www.fizikakonyv.hu/rajzok/0792.svg

Jelmagyarázat:

© **Jogvéde**tt anyag, felhasználása csak a szerző (és az egyéb jogtulajdonosok) írásos engedélyével.

W A **Wikimedia Commons**-ból származó kép, felhasználása az eredeti kép leírásának megfelelően.

◀	<i>Tartalom</i>	<i>Fogalmak</i>	<i>Törvények</i>	<i>Képletek</i>	<i>Lexikon</i>	▶
---	-----------------	-----------------	------------------	-----------------	----------------	---