

# A VÍZENERGIA-HASZNOSÍTÁS NEMZETKÖZI HELYZETE, EU-S TERVEK

Fáy Árpád

a műszaki tudományok kandidátusa  
nyugalmazott egyetemei docens, Miskolci Egyetem,  
nyugalmazott főtanácsos, GANZ gépgyár

## Bevezetés

A mechanikai eredetű vízenergia a vízturbina-generátor gépegységekben alakul át villamos energiává. A ma használt három fő vízturbina típus, a Pelton, Francis és Kaplan turbinák teljesítménye az elmúlt évszázadban látványosan növekedett. Ezzel, és az építési technikák egyidejű fejlődésével lehetővé vált nagy vízerőművek létesítése. Így ma a világ villamos energia termelésének mintegy 20 %-át a vízenergia szolgáltatja. Ez a cikk a folyami vízerőművekkel foglalkozik, a szivattyús tározókat más szakcikk tárgyalja.

## A vízturbinák 2012-re elért teljesítőképességei

A Pelton turbinákkal elérték az 1870 m esést, azaz az erőmű előtti tározó vízszintje majdnem 2 km magasságban van az alvíz szintje fölött. Az ezt hasznosító turbinák teljesítménye egységenként 423 MW (Bieudron erőmű, Svájc, 1998, [1]).

A Francis turbinákkal hajtott generátorok elérték a közel 800 MW egység teljesítményt (Guri II, 770 MW, 2010, [2], Three Gorges, 780 MW, 2011, [3], [4]).

A Kaplan turbinák víznyelése eléri az 1000 m<sup>3</sup>/s értéket (a Duna átlagos vízhozama Budapestenél 2300 m<sup>3</sup>/s) és a legnagyobb egység teljesítmény közel 200 MW (Vaskapu, Románia-Szerbia, 194,5 MW, [5]).

## A világ legnagyobb vízerőművei

Az erőmű neve	Gépszám x egység teljesítmény	Összteljesítmény	Elkészült
Három Szurdok (Kína)	32 x 780 MW	25 000 MW	2010
Itaipu (Brazil-Paraguaj)	20 x 720 MW	14 400 MW	1991
Guri (Venezuela)	10 x 770 MW + kicsik	10 700 MW	1986

I. táblázat. A világ 10 GW-nál nagyobb teljesítményű vízerőművei 2012-ben (kerekített teljesítmények)

Az Európai Unió legnagyobb vízerőműve a Vaskapunál (Románia-Szerbia): 18 x 194,5 MW = 3 500 MW (lesz a felújítások után). Összehasonlításként, hazánkban a legnagyobb erőmű a Paksi Atomerőmű: 4 x 500 MW = 2 000 MW. A világ legnagyobb teljesítményű atomerőműve: Kashiwazaki-Kariva (Japan): 8212 MW. Mivel ennél nagyobb teljesítményű hőerőmű sincsen, a felsorolt három vízerőmű egyúttal *a világ legnagyobb teljesítményű villamos erőművei*.

## A Három Szurdok (Three Gorges) vízerőmű

A 25 GW teljesítményű óriási erőmű építési költségét 27,2 milliárd USD értékűre becsülték [4]. Ebből azonnal látható, hogy 1 MW beruházott teljesítmény körülbelül 1 millió USD költséget jelentett, ami a más szempontból nélkülözhetetlen atomerőművekhez képest viszonylag olcsónak mondható. A 2,1 km hosszú völgyzárógát az alvíz fölött 110 m magas (de a szikla-alaptól 181 m). A felvíz-medence hossza, ameddig a duzzasztás hat, 660 km. A felvíz medencében tárolható víz térfogata 33 km<sup>3</sup>.

Az építése idején az erőművet világszerte sokan támadták. Fő hátránynak azt tartották, hogy a felvíz által elöntött területről 1,3 millió embert ki kellett költöztetni. A 13 város, 140 kisváros, és 1350

falu kiköltöztetése, a házak, műemlékek, temetők, régészeti lelőhelyek stb., víz alá kerülése sok emberi nyomorúsággal és nagy értékvesztéssel járhatott.

Az erőmű építésének fő előnye azonban az árvizek mérséklése.

	Év	Halottak	Házak
Nagy árvíz	1954	33000	19 millió
Közepes árvíz	1998	1500	2,3 millió
<b>A víztározó üzembehelyezése</b>	<b>2008</b>		
Nagy árvíz	2010	701	0,4 millió

## II. táblázat. A Jangce nagyobb árvizei 1950 után

Az 1954-es nagy árvíz a 8 millió lakosú Wuhan városát is elöntötte és három hónapig víz alatt tartotta. 2010-ben az 1954-eshez hasonló nagy árvizet jeleztek. Ekkorra azonban már megépült a víztározó, amit az árvíz érkezése előtt leürítettek, benne a hatalmas víztömeget felfogták, és így sokkal kisebb kár keletkezett. A maradék károk csökkentése érdekében már épül egy másik vízerőmű a Jangce felsőfolyásán.

A Három Szurdok vízerőmű esetében tehát össze lehet vetni a létesítés fő hátrányát és fő előnyét. Megismerve az árvízkárok adatait, az erőművet kritizáló hangok 2011 után elcsitultak. Érdekes az is, hogy a világ legnagyobb energiatermelő egységét nem az energiatermelés céljára építették, hanem az árvizek elkerülése érdekében. Ez különben tipikus, a Tiszalöki és a Kiskörei vízerőmű létesítésénél is a vízrendezési célok (az Alföld vízellátása) nagyon fontos szerepet játszottak. A vízerőművek építésénél az energiatermelés sok esetben csak másodlagos.

Nyugati számítások szerint a Három Szurdok erőmű hatalmas építési költsége mintegy 8 év alatt térül meg az energiatermelés bevételeiből [4]. Az évekig tartó üzembe helyezés során is volt már termelés, és így 2012-re az erőmű fél költsége már megtérült.

## Kína vezető szerepe

A vízenergia termelés országokénti táblázatában (III. táblázat) Kína az első. Még jobban kiemelkedik Kína vezető szerepe a IV. táblázatban, ahol a csökkenő teljesítmény szerint rendezett sorban az első 10 hely Kínáé! Ebből látható az is, hogy a világ legnagyobb erőművének megépítése után két feleakkora teljesítményű vízerőmű létesítésébe is bele fogtak, és 7 kisebb vízerőmű is megelőzi a világ más tájain épülő nagy vízerőműveket.

A kínai tapasztalat alapján azt mondhatjuk, hogy a kialakult technikával elérkeztünk az emberiségnek abba a korszakába, amikor az igen nagy folyók energiáját is hasznosítani tudja.

	Termelés TWh/év	Beruházott teljesítmény MW
Kína	440	130 000
Kanada	355	70 858
Brazília	351	73 678
USA	270	90 090
Oroszország	168	46 100
<b>VILÁG</b>	<b>3427</b>	<b>790 000</b>

## III. táblázat. A vízenergia termelés országoként (2010)

NÉV	LEGNAGYOBB TELJESÍTMÉNY MW	ORSZÁG	ÉPÍTÉS KEZDETE	BEFE- JEZÉS
Három Szurdok (Three Gorges)	25 000	Kína	1994	2010
Xiluodu	12 600	Kína	2005	2015
Baihetan	12 000	Kína	2009	2015
Wudongde	7 000	Kína	2009	2015
Longtan	6 300	Kína	2001	2009
Xiangjiaba	6 000	Kína	2006	2009
Jinping 2	4 800	Kína	2007	2014
Laxiwa	4 200	Kína	2006	2010
Xiaowan	4 200	Kína	2002	2012
Jinping 1	3 600	Kína	2005	2014
Jirau	3 300	Brazília	2007	2012
Pubugou	3 300	Kína	2004	2010
Santo Antônio	3 150	Brazília	2007	2012
Goupitan	3 000	Kína	2003	2011
Boguchan	3 000	Orosz	1980	2012
Guandi	2 400	Kína	2007	2012
Sonla	2 400	Vietnam	2005	
Tocoma	2 160	Venezuela	2004	2014
Bureya	2 010	Orosz	1978	2009
Subansiri	2 000	India	2005	2009

IV.

2009 - 2015 időszakban elkészült vagy elkészülő vízerőművek

táblázat.

*Európa*

Európában a folyók kisebbek, és bár ma is épülnek jelentős új folyami vízerőművek (V. táblázat), a tevékenység súlypontja áthelyeződött az évtizedekkel ezelőtt létesített erőművek modernizációjára és a folyami vízerőműveken kívül 5 nagy teljesítményű szivattyús tározó erőművet is építenek.

Sonna	270 MW	Norvégia
Rheinfelden	114 MW	Német-Svájc
Glendoe	100 MW	Anglia
Blanca	42,5 MW	Szlovénia

V. táblázat. Európában

vízerőművek

épülő folyami

*Modern technológiák*

A vízturbinák tervezése, gyártása és üzem közbeni vezérlése manapság természetesen számítógéppel történik. A vízturbina járókerekek megmunkálása 7 tengelyes CNC marógépen olyan sima felületet ad, amit utólag nem kell polírozni, és tizedmilliméteres pontossággal követi a számítógéppel tervezett felületet. A nagy járókerekeknél az öntés helyett áttértek a hegesztésre, a nagy Francis járókerekek egyedileg megmunkált lapátjait pontos beállítás után hegesztik a koronához és a gyűrűhöz, míg a nagy Pelton kerekek kanalait szintén egyedi megmunkálás után több részletben hegesztik a járókerék társcsájához. A vegyészeti új kenőanyagokat és új bevonatokat eredményezett. Ezek a technológiai fejlesztések, valamint a 3-dimenziós számítógépes tervezési módszerek oda vezettek, hogy a 800 MW teljesítményű Francis turbinák hatásfoka elérje a 98,0 % értéket, azaz 1 %-on belül megközelítik a villamos generátorok 98,5 % körüli hatásfokát. Így az energiaátalakítás (turbina + generátor) összhatásfoka 96,5 % körüli. Ez kiugróan jó eredmény más energiatermelő módokhoz képest.

### A vízturbina gyárok koncentrációja

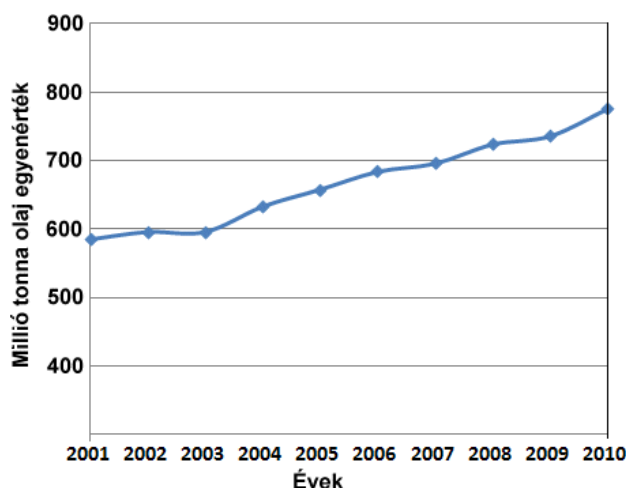
Az utóbbi évtizedek egyik lényeges fejleménye a vízturbina gyárok koncentrációja volt. Ezt a projektek hitel igénye és a nagy gépek gyártásának kockázat-megosztása indokolta. Például az ANDRITZ Hydro vállalat a következő 30 nagy nevű céget olvasztotta össze:

Escher Wyss, KMW, Dominion Engineering, Finnshyttan, KAMEWA, English Electric, Boving, Sorumstand Verksted, Tampella, Pichlerwerke, Sulzer Hydro, C.E.G.B., KVAERNER, Moller, ANDRITZ, GE HYDRO, Bell, ELIN, GE Hydro Inepar, Atelier de Construction (Vevey), SAT, VA TECH HYDRO, Waplans, Bouvier, J.P. Morris, VOEST MCE, Hydro Vevey, Baldwin-Lima-Hamilton, Pelton Water Wheel, Charmilles.

A ma is létező többi nagy vízturbina gyártó cég is sok kisebb gyártót foglal egybe. Az európai gyökerű nagy vízturbina gyártó vállalatok: VOITH, ANDRITZ és ALSTHOM. Ezeket azért is érdemes név szerint említeni, mert mind a háromnak van Magyarországi leányvállalata. A jelenlegi helyzet az, hogy 100 MW-nál nagyobb teljesítményű vízturbinák gyártására az előbbi három vállalaton kívül Japánban 3, Indiában 1, Oroszországban 1, Kanadában 1, Argentínában 1 és Kínában 2 cég vállalkozik, de a gyártás a leányvállalatok révén általában a világ sok országára szétosztva történik.

### A világ vízenergia termelése

A vízenergiából termelt villamos energia összértéke elég egyenletesen emelkedik évről évre (1. ábra).

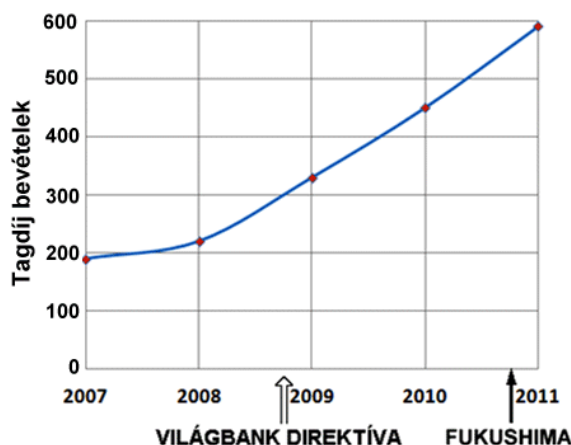


1. ábra. A világ évenkénti vízenergia termelése

A növekedés éves átlagértéke: 5,3 %. Ezt az energia többletet az évente újonnan belépő vízerőművek termelik meg, mert a régebbi erőművek termelése az időjárás változásaitól eltekintve állandó. Az utóbbi években azonban történtek olyan változások, amiket az 1. ábra nem jelez, mert a ma üzembe kerülő nagy vízerőműveket évtizedekkel ezelőtt kezdték építeni, és ezért az 1. ábra görbéjének a vége az évtizedekkel korábbi építési hajlandóságot tükrözi.

### Megnövekedett érdeklődés

A vízerőművek iránti érdeklődés az utóbbi években megélénkült. Ezt jelzi az IHA (International Hydropower Association: Nemzetközi Vízenergia Társaság) tagdíj bevételeinek az emelkedése (2. ábra).



2. ábra. Az IHA (Nemzetközi Vízenergia Társaság) tagdíj bevételei

Az IHA taglétszáma 2007-ről 2011-re lényegében megháromszorozódott! Ezt többen a Fukusimai atomerőmű-baleset hatásának tulajdonították, de nincs igazuk, mert az utóbbi 2011. március 11-én történt, tehát 2009-ben erre még senki sem gondolhatott. A fokozott érdeklődés oka inkább az, hogy a megnövekedett energiaárak és a lecsökkent építési költségek következtében a vízerőművek jövedelmezősége nyilvánvalóvá vált, és ezért a hitel is egyre jobban rendelkezésre állt. Ez látható a Világbank 2009 márciusában kibocsátott direktívájából is.

#### *Vízerőművek Direktívái 2009*

A Világbank 2003-ban összeállított egy elemző csoportot hat nemzetközi szervezet részvételével, a Világbank, az IHA (Nemzetközi Vízenergia Társaság), az Egyenlítői Bank, a WWF (World Wide Fund, környezetvédelmi pénzalap), a Gátak Világbizottsága, és az ENSZ környezetvédelmi programja.

A két bankból, két szakmai és két környezetvédő nemzetközi társaságból összeállított csoport tanulmányozta a világ helyzetét, és a végeredményt a Vízerőművek Direktívái 2009 kiadványban [6] jelentették meg. Az elvek szintjén a fenntartható fejlődés mellé egyenlő súllyal beemelték a szegénység elleni küzdelmet (aminek keretében nagy afrikai és dél-amerikai vízerőművek építését irányozták elő) és a klímaváltozás káros hatásainak mérséklésére irányuló erőfeszítéseket (víztározók létesítése az öntözés, a talajvíz szintjének biztosítása, és így a sivatagosodás csökkentése érdekében).

Elemezték a vízerőművek létesítésének előnyeit: Energiabiztonság, importcsökkentés, stabil ár, árvíz és aszálykár csökkentése, a villamos hálózat stabilitásának biztosítása, a széndioxid kibocsátás elkerülése, segíti és kiegészíti a szél és a napenergia hasznosítását, továbbá a klímaváltozás hatásait csökkenti. A környezetvédő WWF éppen a klímaváltozás miatt javasolja 400 GW új vízerőmű kapacitás építését.

Elemezték a vízerőművek létesítésének kockázatait is: Finanziális, geológiai, műszaki, piaci, környezeti, áttelepítési, szociális, és a részvényesek érdekeinek esetleges sérülése.

Az előnyök és a kockázatok mérlegelése alapján a vízerőművek javára döntöttek. Megállapították, hogy a világ 260 folyójánál jobb vízgazdálkodás érhető el, és a folyók országhatároktól független kezelése csökkenti a konfliktusokat. Ezért a Világbank jelentős kölcsönöket biztosít a vízerőművek és a szivattyús tározók építésére. (Az IHA taglétszám-növekedését is ez magyarázza.)

Ehhez még hozzá tehetjük, hogy Paul Chefurka kanadai jövőkutató a világ energia-ellátottságának alakulásáról egy pesszimisztikus jövőképet vázolt fel [7,8]. Feltételezi, hogy nagyobb olaj és gáz mezőket már nem fedeznek fel, a fúziós energia kísérletek nem sikerülnek, és jelentős energiát eredményező innováció sem jelenik meg századunkban. Reméljük, hogy ezek nem következnek be, mégis, ezzel az alternatívával is számolni kell. Chefurka modellje szerint a század vége felé a világ energiatermeléséhez a legnagyobb hozzájárulást a vízerőművek fogják nyújtani. Ha a jövőben lesznek is lényeges eltérések ehhez a modellhez képest, a vízenergia-hasznosítás távlataira és fontosságára ráirányítja a figyelmet.

### EU-s tervek

Az Európai Unió kötelezettséget vállalt arra, hogy 2020-ra az energiafelhasználásában 20 %-ra emeli a megújuló energiaforrások arányát. Mivel a vízenergia-hasznosítás megújulónak számít, ezt a kötelezettségünket vízerőművek építésével teljesíthetnénk.

Az Európai Unió bevezette a víz-keretirányelvet, aminek a lényege az, hogy 2015-ig jó állapotba kívánják hozni az összes felszíni és felszín alatti vizet az Európai Unió egész területén. Kérdéses, hogy ezt az országok hogyan fogják teljesíteni. Mindenesetre, a célok elérését jogszabállyal tették kötelezővé, és mivel Magyarország az Európai Unió tagja, valamilyen formában végre kell hajtania.

Hazánk Unió elnökségének egyik sikere, hogy kidolgozta az Európai Duna Régió Stratégiát, amit el is fogadtak. Megszületett az Unió Megújuló Energia Útiterv 2020-ig, és ehhez kapcsolódva Magyarország Megújuló Energia Hasznosítási cselekvési terve is. A Nemzeti Energiastratégia pedig 2030-ig vázolta a lehetőségeket. Ezekben a fontos dokumentumokban Magyarország nagyobb folyami vízerőmű építését nem tervezte.

A Duna Régió Stratégiát követően megjelent a stratégiát megvalósító akcióterv, amit a Regionális Főigazgatóság állított össze. Egyeztetette a nemzeti hozzájárulásokkal, és a konferenciák tapasztalatai alapján az akciótervet 2010 végén lezárták. Az A1 pont a VIb osztályú (2,5 m merülésű) hajók közlekedésének biztosítását igényli a Dunán, lényegében az egész évben. Ez munkálatokat (duzzasztást, mederkotrást) igényel Németországban, Ausztriában, Szlovákiában, Magyarországon, Bulgáriában és Romániában. Az A2 pont pedig többek között akciótervek kidolgozását irányozza elő a Duna, a Száva és a Tisza vízenergia készletének hasznosítására. Nincs tudomásunk arról, hogy e célok megvalósítására akciótervek készültek volna.

### Összefoglalás

Az erőteljes kínai indítás után a világ a vízenergia-hasznosítás fokozása felé halad. Támogatja ezt a Világbank és az Európai Unió is. Magyarország egyelőre ellentételes irányt követ, de remélhető, hogy a jövőben ésszerű megoldásokra fog jutni.

- [1] Keck, H., Vullioud, G., Joye, P. (2000): *Commissioning and Operation Experience with the World's largest Pelton turbines Bieudron*. VATECH Hydro Reports
- [2] ANDRITZ (2009): *Annual Report 2009*
- [3] Yuanfang, H., Guangning, L., Shiyang, F. (2012): *Research on the Prototype Hydro-Turbine Operation*, Foreign Language Press, China
- [4] Wikipedia (2012): *Three Gorges Hydropower Station*, hozzáférhető a világhálón
- [5] Renewable Energy Solutions (2010): *Report 3 Romania.pdf*, hozzáférhető a világhálón
- [6] The World Bank Group (2009): *Directions in Hydropower 2009*, No. 54727
- [7] Chefurka, P. (2007): *World Energy And Population, Trends to 2100*, WEAP 2007, hozzáférhető a világhálón
- [8] Fáy Á. (2012): *Chefurka jövő modellje*, Gazdaság és Társadalom II. A jövő 2012. Aristoteles kiadó