

# A VÍZENERGIA HASZNOSÍTÁSÁNAK NEMZETKÖZI HELYZETE, EU-S TERVEK

Fáy Árpád

ny. egyetemi docens,  
Miskolci Egyetem Áramlás- és Hőtechnikai Gépek Tanszéke  
arpad.fay@t-online.hu

## Bevezetés

Az emberiség energiagondjainak enyhítésére a vízenergia hasznosítása megfontolandó alternatíva. Ezt a feladatát természetesen csak akkor tudja teljesíteni, ha nagyobb energiamentiségeket tud szolgáltatni. Ezért ebben a cikkben a nagyobb teljesítményű vízerőművek világába nyújtunk bepillantást. A múltban az ilyen erőműveket sok kritika érte, ám a nemzetközi megítélésük az utóbbi évtizedben kedvezőbbé vált, ahogy alább bemutatjuk.

## A legnagyobb erőmű

A vízenergia-hasznosítás legfontosabb eseménye a Jangce folyón épült Három-szurdok-gát (*Three Gorges Dam*) vízlépcső üzembe helyezése volt a 2003–2012 időszakban (Yuanfang et al., 2012; Fáy, 2013; URL1). (Vízlépcsőnek nevezik az egész létesítményt: duzzasztómű, vízerőmű, hajószilip, hallépcső.) A Három-

szurdok-vízlépcső erőművének beruházott teljesítménye 22,5 GW (22 500 MW). Ez a vízerőművek között a legnagyobb (*i. táblázat*), s mivel valamennyi atom- és hőerőmű 9 GW-nál kisebb teljesítményű, a világ összes erőműve között is a legnagyobb. (Összehasonlításként: Paks 2 GW). Érdemes ezt az óriási erőművet részletesen megismerni, mert irányt mutat a jövőnek is.

A Három-szurdok-vízlépcső (*i. ábra*) 2310 méter hosszú duzzasztóműve közepén van az árvízi bukó, tőle jobbra és balra az erőmű



*i. ábra* • A Három-szurdok-vízlépcső fényképe az alvív felől nézve (Yuanfang et al., 2012)

erőmű neve	gépszám × egységtejesítmény	össztesítmény	elkészült
Három-szurdok (Kína)	30 × 700 MW + 2 × 50 MW	22 500 MW	2012
Itaipú (Brazília-Paraguay)	20 × 720 MW	14 400 MW	1991
Guti (Venezuela)	10 × 770 MW + kicsik	10 235 MW	1986

*i. táblázat* • 10 GW-nál nagyobb teljesítményű vízerőművek (2013)

gépházai (Yuanfang et al., 2012; Fáy, 2013; URL1). Árvízmentes időszakban a felvizet 100 méter magasra duzzasztják az alvíz fölé. A duzzasztás hatása a folyó mentén 660 km hosszúig terjed. Árvíz idején a minimális szintig leürített folyó medre 22 km<sup>3</sup> többlet vízfogatot tud befogadni.

Építése idején a vízlépcsőt világszerte sokan támadták. A fő ellenérv az volt, hogy a felvíz oldalon elöntött területről 1,3 milliő embert ki kellett telepíteni. Tizenhárom város, száznegyven kisváros és 1350 falu kiköltöztetése (URL1) sok emberi nyomorúsággal járhatott. A házak, műemlékek, temetők, termőföldek, erdők, régészeti lelőhelyek stb. víz alá kerülése nagy értékvesztést jelenthetett.

Ezzel szemben áll az, hogy a vízlépcső csökkenti az árvízkárokat (2. táblázat).

Az 1954-es nagy árvíz a nyolcmillió lakosú Vuhan várost is három hónapig víz alatt tartotta. 2010-ben az 1954-eshez hasonló nagy árvíz jelentkezett. Ekkorra azonban már megépült a duzzasztómű. A felvízmedencét az árvíz érkezése előtt leürítették, benne a hatalmas víztömeget felfogták, majd szabályozott módon engedték tovább. Sokkal kisebb károk keletkeztek (2. táblázat), és a maradék károk csökkentése céljából már újabb vízerőművek épülnek a Jangce vízgyűjtő területén.

Megismerve az árvízkárok adatait, a vízlépcsőt kritizáló hangok 2011 után elcsitulak. A kínai kormány a kitelepítettek részére mo-

dern városokat épített (talán nem eleget; URL1), valamint az elöntött és más okokból is vészesen fogyó erdők helyett erdősítettek. Sokan felismerték, hogy a vízlépcsők építésének vannak lényeges környezetvédelmi előnyei is. Az árvíz pusztítja az élővilágot (a veszélyeztetett fajokat is), ezért az árvizek elkerülése ebből a szempontból is hasznos. Az időszakosan kiszáradó folyók élővilágát is egy duzzasztás mentheti meg. Az előnyöket és hátrányokat részletesen elemzi Szeredi István és szerzőtársai (2010), de alább erről nemzetközi véleményt is idézünk.

Az előnyök és hátrányok mérlegelése mindig kompromisszumokat igényel. A kínai helyzetet jól jellemzi a következő. Kína egyre növekvő ipara óriási energiát emészt fel, amit főleg szénéroművek elégítenek ki. Jelenleg Kínában a szénéroművek összteljesítménye mintegy kétszerese az USA-beli szénéroművekének. Pekingben a szmog fojtogató. (Az olimpia idején leállították a környék szénéroműveit a sportoláshoz szükséges tiszta levegő biztosítása érdekében.) Kína azért is szorgalmazza a vízerőművek építését, hogy ezekkel kiváltsa a szénéroművek egy részét. A kínai környezetvédők dilemmája tehát, hogy vagy eltűrik a vízerőművek környezeti hatásait, vagy hozzájárulnak a szénéroművek légszennyezéséhez és szén-dioxid-kibocsátásához!

Hasonló dilemmákkal küszködünk, ha az atom- vagy vízerőmű közötti választást mérlegeljük. Kína mindkettőt preferálja (Yia-

	év	halottak	összedőlt házak
nagy árvíz	1954	33 000	19 milliő
közepes árvíz	1998	1500	2,3 milliő
<i>a víztározó feltöltése, 2008</i>			
nagy árvíz	2010	710	0,4 milliő

2. táblázat • A Jangce-folyó nagyobb árvizei 1950 után

bao, 2012), mindkettőnek eltűri a hátrányait. (Ilyen döntés más országoknak is ajánlható.)

Első pillantásra meglepő, hogy a világ legnagyobb erőművét nem energiatermelés céljából, hanem árvízkarok miatt építették. Ez különben tipikus. Nálunk a tiszalöki és a kiskörei duzzasztás építésénél is a fő cél egy vízügyi szempont volt: az Alföld vízellátásának biztosítása. A vízerőművek létesítésénél fontos vízügyi célok lehetnek például: a víz tárolása aszály idejére, a sivatagosodás elkerülése tavakkal, a talajvízszint csökkenésének megállítása, a folyómeder stabilizálása, a hajózás, a kommunális vízellátás és az öntözés biztosítása, valamint célszerű vízgazdálkodással az éghajlatváltozás késleltetése. Sok vízerőmű építésénél a vízügyi feladat fontosabb, mint az energiatermelés.

A Három-szurdok-vízlepcső költségeinek becslésével sokan foglalkoztak, de a számok nagyon szórnak. A teljes költség 50 milliárd USD körül lehetett (URL<sub>2</sub>), a következő arányokkal (URL<sub>1</sub>): az építés és a berendezések ára (44%); az emberek áttelepítésének költségei (46%); bankköltség (10%). Így az építési költség 22 milliárd USD, amit összevetve az erőmű 22,5 GW teljesítményével egyszerű arány adódik: 1 MW beruházott teljesítmény építési költsége 1 millió USD. (Ez a szám csak a nagyságrendet érzékelteti, atomerőműveknél 1 MW költsége inkább 10 millió USD.)

A Három-szurdok-erőmű éves energiatermelése 88 milliárd kWh volt 2012-ben (URL<sub>3</sub>). Európai 0,06 USD/kWh  $\approx$  12,7 Ft/kWh egységárral az éves árbevétel 5,3 milliárd USD. Ezzel számolva az építési költség megtérülési ideje négy év, a teljes költségé pedig tíz év. A viszonylag rövid megtérülési idők a 100 méteres duzzasztás következményei. (Kisebb duzzasztású vízerőműveknél a megtérülési

idők hosszabbak, mégis sok ilyen építenek, vízügyi vagy más célokra.)

#### *A vízturbinák és a gyártásuk fejlettsége*

A vízerőművek legfontosabb és legkritikusabb gépe a vízturbina. A feltalálóról elnevezett három fő típusa (Pelton-, Francis- és Kaplan-) már száz éve kialakult. Azóta a fejlesztés következtében a Pelton-turbinák elérték a közel 2000 m esést (Keck et al., 2000), a Francis-turbinák a 800 MW egységteljesítményt (Andritz, 2010; Yuanfang et al., 2012; Fáy, 2013), a Kaplan-turbinák víznyelése pedig az 1000 m<sup>3</sup>/s értéket (Andritz, 2010) (a Duna átlagos vízhozama Budapestnél 2300 m<sup>3</sup>/s).

A vízturbinák tervezése, gyártása és üzem közbeni vezérlése manapság természetesen számítógéppel történik. A vízturbina járókerekeinek megmunkálása héttengelyes számítógép-vezérelt marógépen olyan sima felületet ad, hogy azt utólag nem kell polírozni, és nagy pontossággal követi a számítógéppel tervezett felületet. A fejlesztéseknek köszönhetően a 800 MW-os Francis-turbinák csúcs hatásfoka elérte a 96,79% értéket, a generátoré pedig a 98,83%-ot (Yuanfang et al., 2012), így az energiaátalakítás (turbina + generátor) összhatásfoka 95,66% körüli (kiugróan jó érték más energiatermelő módokhoz képest).

Az utóbbi évtizedek lényeges fejleménye a vízturbinagyárak erőteljes koncentrációja. Például az Andritz Hydro beolvasztott harminc, korábban nagynevű gyárat. A projektek hitelgénye és a nagy gépek gyártási kockázata tőkeerősebb vállalkozásokat igényelt. A koncentráció következtében nagy vízturbinák (100 MW fölött) gyártására az egész világon csak mintegy tizenöt cég vállalkozik. Ezek között európai gyökerű: Voith, Andritz és Alstom (mindháromnak van magyarországi gyára, de vízturbina-alkatrészeket csak az

Sonna	270 MW	Norvégia
Rheinfelden	114 MW	Németo.–Svájc
Glendoe	100 MW	Anglia
Blanca	42,5 MW	Szlovénia

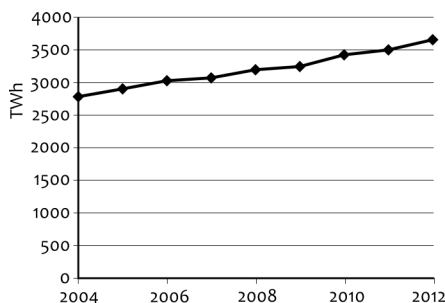
3. táblázat • Európában épülő néhány nagyobb vízerőmű

Andritz Tiszakécske gyárt). A gyárak koncentrációja a szakemberek tudását is egyesítette, részben ez magyarázza a gépek és a technológiák fejlődését, a nagy értékű beruházások finanszírozóinak bizalmát.

### A vízenergia-potenciál

Európában a gazdaságosan kihasználható vízenergia-potenciálnak már több mint 60%-a ki van használva (Szeredi et al., 2010; Lakatos, 2010), mégis épülnek jelentős új folyami vízerőművek (3. táblázat).

Dél-Amerika, Afrika és Ázsia gazdaságosan kihasználható vízenergia-potenciáljának azonban még 20%-a sincs kihasználva (Lakatos, 2010). A nagy vízlépcsők (1. táblázat) tapasztalatai alapján azonban kijelenthető, hogy építési technikájuk megbízhatóan kialakult. Ezért úgy tűnik, elérkeztünk az emberiség azon korszakának a küszöbéhez, amikor az igen nagy folyók (Amazonas, Orinoco,



2. ábra • A világ évenkénti vízenergia-termelése (URL<sub>4</sub>)

Kongó, Niger, Mekong, Brahmaputra stb.) eddig nem hasznosított energiáját fokozatosan az emberiség szolgálatába tudjuk állítani.

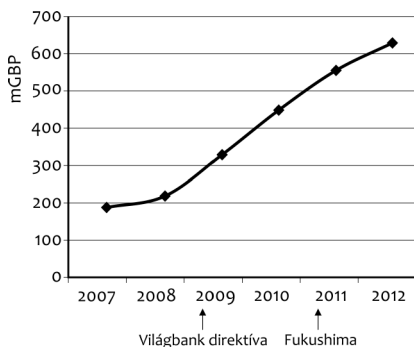
### Termelési adatok

Az egész világ összes vízerőművének energia-termelése évről évre nő (2. ábra). A vízenergia részesedése a világ teljes villamosenergia-termelésében 16,3% volt 2012-ben (URL<sub>4</sub>), azaz a világtermelésnek csak 1/6 része. Az arány az elmúlt években lassan nőtt, és várhatóan tovább fog nőni.

Ehhez hozzátehetjük Paul Chefurka (2012) kanadai jövőkutató pesszimistikus világmodellje alapján, hogy a 21. században az olaj és a gáz kifogyása után a világtermeléshez várhatóan a vízerőművek hozzájárulása lesz a legnagyobb a többi energiatermelő módokhoz képest (Fáy, 2012). Nyilván lesznek lényeges eltérések a modellhez képest, de a vízenergia távlataira ráirányítja a figyelmet.

### Élénkülés

Az utóbbi években a vízlépcsők iránti érdeklődés az egész világon megéledt. Ez érezhető a tervezőirodák terheltségén és a gépgyárak három-négyévnnyi rendelésállományából. (A 2. ábrából ez nem derül ki, mert a ma üzem-



3. ábra • A Nemzetközi Vízenergia Társaság (IHA) tagdíjbevételei (URL<sub>5</sub>)

be kerülő vízlépcsők csak az évtizedekkel korábbi tervezési munkákat tükrözik.)

Jól jelzi az élénkülést a Nemzetközi Vízenergia Társaság (IHA) tagdíjbevételeinek emelkedése (3. ábra), a bevétel ugyanis 2007-ről 2012-re megháromszorozódott! Többen úgy vélték, hogy az élénkülés a fukusimai atomerőmű-baleset hatása. Azonban nincs igazuk, mert ez 2011. március 11-én történt, évekkel az élénkülés kezdete után. 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 jobban rendelkezésre áll. Az élénkülés közvetlen kiváltó oka inkább a Világbank 2009 márciusában megjelent direktívája (3. ábra).

#### *A Világbank 2009-es direktívája*

A Világbank 2003-ban egy elemző csoportot állított fel: a Világbank, az IHA, az Egyenlítői Bank, a WWF (World Wide Fund, környezetvédelmi pénzalap), a Duzzasztóművek Világbizottsága és az ENSZ környezetvédelmi programja részvételével. A nemzetközi munkacsoport évekig sok szempontból tanulmányozta a világ helyzetét. A végeredményt 2009-ben tették közzé (URL6). Az elvek szintjén a fenntartható fejlődés mellé egyenlő súllyal beemelték a szegénység elleni küzdelmet (aminek keretében nagy afrikai és dél-amerikai vízlépcsők építését irányozták elő) és a klímaváltozás káros hatásainak mérséklésére irányuló erőfeszítéseket.

A tanulmány szerint a vízerőművek *előnyei*: energiabiztonság, importcsökkentés, stabil ár, árvíz- és aszálykárok csökkentése, a villamos hálózat stabilitásának biztosítása, a szén-dioxid-kibocsátás elkerülése, valamint segíti és kiegészíti a szél- és a napenergia hasznosítását, továbbá csökkenti a klímaváltozás hatásait.

A vízerőművek létesítésének *kockázatai* pedig: finansziális, geológiai, műszaki, piaci, környezeti, áttelepítési, szociális kockázatok, és esetleg a részvényesek érdekeinek sérülése. A nemzetközi munkacsoport végül a vízerőművek javára döntött. Megállapították, hogy a világ 260 folyójánál a jelenleginél jobb vízgazdálkodás érhető el, és a folyók országhatároktól független kezelése csökkenti a konfliktusokat. Továbbá a Világbank mérsékelt kölcsönöket biztosít vízerőművek és szivattyús tározók építésére, és segíti a többi banki forrás megszerzését is.

#### *EU-s tervek*

Az Európai Unió kötelezettséget vállalt arra, hogy 2020-ra az energiafelhasználásában 20%-ra emeli a megújuló energiaforrások arányát. Ebben a vízerőművek fontos szerepet játszhatnak.

Hazánk uniós elnökségének sikere, hogy kidolgozta az Európai Duna Régió Stratégiát, amelyet el is fogadtak (URL7). Ezt követően a Regionális Főigazgatóság összeállította a stratégiát megvalósító akciótervet, amelyet egyeztetések után, 2010 végén lezártak. Ennek A1 pontja VIb osztályú (2,5 m merülésű) hajók közlekedését igényli a Duna egész hosszán, egész évben. Ez munkálatokat (duzzasztást, mederkostrást, jégtörést) 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.

#### *Összefoglalás*

Erőteljes kínai indítás után a világ a vízenergia hasznosításának fokozása felé halad. Támogatja ezt a Világbank és az EU is.

IRODALOM

Andritz (2010): *Large Hydro Kaplan*. VATECH Hydro brochure • <http://www.andritz.com/hy-kaplan-turbines>

Chefurka, Paul (2007): *World Energy and Population, Trends to 2100*. WEAP 2007 • <http://www.paulche furka.ca/WEAP/WEAP.html>

Fáy Árpád (2012): *Chefurka jövő modellje*. In: Nováky Erzsébet – Tóth Attiláné (szerk.): *A jövő és 2012. (Gazdaság, Társadalom sorozat II)* Arisztotelész, Budapest • <http://mek.oszk.hu/11500/11505/11505.pdf>

Fáy Árpád (2013): *A világ legnagyobb erőműve. Energia-gazdálkodás*, 3.

Keck, Helmut – Vullioud, G. – Joye, P. (2000): *Commissioning and Operation Experience with the World's Largest Pelton Turbines Bieudron*. VATECH Hydro • [http://www.progettodighe.it/gallery/albums/userpics/10055/92/hydro-media-media-center-large-hydro-bieudron\\_worlds\\_largest\\_pelton\\_en\\_1\\_.pdf](http://www.progettodighe.it/gallery/albums/userpics/10055/92/hydro-media-media-center-large-hydro-bieudron_worlds_largest_pelton_en_1_.pdf)

Lakatos Károly (2010): *Magyarország nemzetközi összehasonlításban*. MTA, Energetikai Bizottság, Megújuló Energiák Albizottság ülése, 2010. II. 26.

Szeredi István – Alföldi L. – Csom Gy. – Mészáros Cs. (2010): *A vízenergia-hasznosítás szerepe, helyzete, hatásai. Magyar Tudomány*, 8, 959–978. • <http://www.matud.iif.hu/2010/08/07.htm>

Wertz, Richard R. (2012): *Exploring Chinese History, Special Report, Three Gorges Dam* • <http://www.ibiblio.org/chinesehistory/contents/07spe/specrpt01.html>

Yiabao, Wen (2012): *China Cuts Renewables to Push Nuclear, Hydro. Modern Power Systems*. 11 April. •

<http://www.modernpowersystems.com/news/newschina-cuts-renewables-to-push-nuclear-hydro>  
Yuanfang, Huang – Guangning, L. – Shiyang, F. (2012): *Research on the Prototype Hydro-Turbine Operation*. Foreign Language Press, China, ISBN:978-7-119-06913-5

URL1: [http://www.en.wikipedia.org/wiki/Three\\_Gorges\\_Dam](http://www.en.wikipedia.org/wiki/Three_Gorges_Dam)

URL2: *China Declares Three Gorges Hydroproject Complete*. Reuters, 2012. 07. 04 <http://www.reuters.com/article/2012/07/04/china-threegorges-idUSL3E8L42ZW20120704>

URL3: *The Cost of China's Three Gorges Dam Project. Myanmar Times*. 2013. 11. 02 <http://www.mmmtimes.com/index.php/national-news/6931-the-cost-of-china-s-three-gorges-dam-project.html>

URL4: *BP Statistical Review of World Energy 2013 Workbook*. <http://www.bp.com/statisticalreview>  
Historical data workbook, Electricity Generation TWh, Total World

URL5: *International Hydropower Association, Annual Report 2011, 2012, 2013* <http://www.hydropower.org/report>, Activity Report 2012 high, kiegészítve Hydropower Report 2013-ból

URL6: *The World Bank Group (2009): Directions in Hydropower 2009*, No. 54727 <http://documents.worldbank.org/curated/en/2009/03/12331040/directions-hydropower>

URL7: *Európai Duna Régió Stratégia (EDRS) magyar és Duna vonatkozású feladatai (akcióterv), 2011 –* <http://www.zoldtech.hu/cikkek/20120329-EDRS/dokumentumok/EDRS.doc>

