

HORVÁTH ZOLTÁN

# Törpevízerőművek létesítésének lehetőségei

Napjaink gazdaságában egyre nagyobb szerepet játszanak a megújuló energiaforrások. A terjeszkedés több, egymással összefüggő folyamatra vezethető vissza. A fosszilis energiahordozók egy részének kimerülése, a klímaváltozás hatásainak erősödése, a környezetszennyezés egyre inkább a megújuló energiák felé fordítja az emberek figyelmét. A nagyobb figyelem és érdeklődés hatására a megújuló technológiák folyamatos fejlődésen és olyan árcsökkenésen mennek keresztül, melynek következtében erős versenyhelyzetet tudnak teremteni a fosszilis energiahordozókkal szemben.

A megújuló energiaforrások közül jelenleg a vízenergia a legelterjedtebb és a legjelentősebb energiaforrás. Magyarországon a vízenergia hasznosítása hosszú történelmi múltra tekint vissza, amely mára már jelentéktelen mértékűnek mondható. Fontos megjegyezni, hogy Magyarország vízföldrajzi adottságai nem kiemelkedőek; elég csak megemlíteni, hogy a Duna magyarországi szakaszán nem található energiatermelő vízerőmű.

Heves megye, hasonlóan Magyarországon vízföldrajzi adottságaihoz, vízföldrajzi szempontból szegényesnek mondható. Kutatásom a Zagyva folyó, a Tarna- és az Eger-patakra irányult, megvizsgálva a vízfolyások potenciális vízerőkészletét, a 2006-os Vizrajzi Évkönyv adatai alapján.

## Vízenergia

A vízenergia tulajdonképpen a napenergia közvetett megnyilvánulása. A napenergia hatására az óceánból, tengerekből és a folyókból víz párolog el. Ez a víz a későbbiekben csapadék formájában visszahull a felszínre. Az eső egy része a folyókba, tavakba és a víztározókba jut. Ezek a víztömegek gravitációs potenciális energiával rendelkeznek, amelyek a tenger felé történő áramlás során mozgási energiává alakulnak át.<sup>1</sup>

1 <http://www.energiakaland.hu/energiaotthon/energiaforrasok/vizenergia>

## Vízerő-hasznosítás

A Föld felszínére lehullt minden egyes vízcseppnek meghatározott helyzeti energiája van, melynek nagysága a tengerszint feletti magasság függvénye. E hatalmas, a hidrológiai körfolyamatból (a vizek természetes körforgásából) származó energiáknak a forrása a Nap hősugárzása, tehát a földfelszíni vizekben felhalmozott energiának a hasznosítása, vagyis a vízerő-hasznosítás a napsugárzás közvetett felhasználásának tekinthető. A vízfolyások vízerőkészletét általában azzal az elméleti teljesítőképességgel szokás jellemezni amelyet

- az egész évre biztosan rendelkezésre álló vízhozam,
- a legalább az év felében (182,5 nap) várható vízhozam,
- az összes lefolyt vízhozam,

továbbá, a hozzájuk tartozó esések alapján lehet kiszámítani. Ezekhez értelemszerűen a vízjárás által meghatározott évi energiámmennyiség tartozik. Az elméleti vízerőkészletnek hozzávetőlegesen mintegy 60%-a

Vízerőmű típusok	Nemzetközi osztályozás	Magyar osztályozás
Nagy vízerőmű	100 MW fölött	5 MW fölött
Közepes vízerőmű	15-100 MW	Nem létezik
Kis vízerőmű	1-15 MW	100 kW-5 MW
Mini vízerőmű	100 kW-1 MW	Nem létezik
Mikro/Törpevízerőmű	100 kW alatt	100 kW alatt

### 1. táblázat. Vízerőművek osztályozása teljesítmény szerint. Adatbázis: dr. Szeredi I. (2006).

(Forrás: Saját szerkesztés)

hasznosítható csak műszakilag, mivel egyrészt mindig van olyan folyószakasz, amely nem használható ki, másrészt a magasságkülönbség sem használható ki teljesen, mert a víz továbbviteléhez is esésre van szükség, s nem utolsósorban az energiaátalakítás is mintegy 20–25%-os veszteséggel jár. Emellett a műszakilag hasznosítható vízerőkészlet sem használható fel teljesen. A kihasználható

hányadot meghatározzák a mindenkori gazdasági-társadalmi igények, illetve az ezek figyelembevételével végzett gazdaságossági vizsgálatok is (Szalai Gy. 1987).

## A vízenergia-hasznosítás rövid története Magyarországon

A legkorábbi magyarországi vízimalmokra utaló adat a XI. századból ismert. „1061-ben egy nagybirtokon 320 mansio (kb. 1600 lélek) számára 6, 1124-ben egy másik nagybirtokon 120 mansio (1150 lélek) számára 7, 1141-ben egy harmadik nagybirtokon 120 mansio (600 lélek) számára 3, azaz 266, 165, ill. 200 lélekre esett egy malom” (Sembery P. 2004).

A feljegyzések alapján a XV. század végén legalább 5500 vízimalom működését feltételezik a kutatók. A malmok középkori gazdasági fontosságára utal a Hármaskönyv (Werböczy István törvénykönyve, az első magyar törvénykönyv 1514-ből) 133. cikkelye, mely szerint egy alulcsapott vízimalom több mint háromszor annyit ér, mint egy nemesi porta

vagy egy ekealja (kb. 47 ha) szántó. 1895. évi statisztikai adatok alapján, a Magyarországon üzemben lévő (nagy részt sok évszázados) 22 647 vízikerekkel (53 247 kW teljesítménnyel) szemben, mindössze 99 turbinát működtettek, összesen 2775 kW teljesítménnyel. Magyarországon 1920. évi energiatermelésének mintegy 0,2%-át adták a vízerőművek, 1928-ra pedig ez az arány 0,13%-ra csökkent. 1946-ban, országunk jelenlegi területén, összesen 16 000 kW kiépített teljesítményük volt, amelyből azonban csak mintegy 8500 kW-nak megfelelő gépi berendezés szolgált villamosenergia-fejlesztésre, s ez az akkori villamosenergia-termelés 2,2%-ának felelt meg. 1959-ben a tisztalóki, míg 1973-ban a kiskörei vízerőművet helyezték üzembe, melyek hazánk jelenleg is legnagyobb energiatermelésű vízerőművei (Szalai Gy. 1987).

## A vízerőművek típusai

A vízerőműveket többféle szempont alapján osztályozhatjuk. A hasznosítható és alapján megkülönböztethetünk kis-, közepes-, és nagyesésű vízerőműveket.

**Kis esésű vízerőművek:** Az ilyen típusú vízerőművek és magassága 0–15 méterig terjedhet. Magyarországon csak ilyen, kis esésű vízerőművek telepítésére van lehetőség. Jellemzően a vízfolyás síkvidéki szakaszán, rendszerint laza üledékes talajra épülnek és döntően nagy vízhozamot hasznosítanak. Ezeknek az erőműveknek két fő típusa van:

a) A folyami (*a vízfolyás medrében vagy átvágásban elhelyezett*) vízerőművek, melyek a duzzasztás által előállított esést hasznosítják.

b) Az üzemvízcsatornás vízerőmű, mely a duzzasztómű által előállított esést és ellett a vízelvezetéssel nyert esést is hasznosítja. Lényege, hogy a természetes folyómederből a vizet, egy mesterségesen kialakított, és nélküli üzemvíz csatornában vezetik az erőműhöz. A megoldás következtében a vízszintesés a csatorna végén nagyobb lesz, mint a természetes folyómederben. A vizet energiájának hasznosítása után visszavezetik annak természetes medrébe.

**Közepes esésű vízerőművek:** Az ilyen típusú vízerőművek és magassága 15–50 méterig terjedhet. Típusa szerint átmenetet képez a kis és nagy vízerőművek között.

**Nagy esésű vízerőművek:** Ezeknek a vízerőműveknek az esési magassága 50 métertől felfelé terjed. Jellemzően a vízfolyások hegyvidéki szakaszán, szilárd kőzetekre épülnek, és zömében kis vízhozamot hasznosítanak. A duzzasztást völgyzáró gáttal vagy alacsony fix, esetleg vegyes gáttal végzik, s rendszerint jelentős víztömeget tároznak. (Sembry P. 2004).

## Beépítés módja szerint

A beépítés módja szerint hat különböző típust különböztetünk meg.

**Folyóvizes erőmű:** Ilyen típusú vízerőműveket folyókra vagy patakokra telepítenek, így állítva elő elektromos energiát.

**Tározós erőmű (csúcserőmű):** Lényege, hogy a magasan fekvő víztározó fel-duzzasztja a kis hozamú vízfolyást, majd a villamosenergia-fogyasztás csúcsidejében üzembe helyezik a turbinákat.

**Föld alatti vízerőmű:** Az ilyen típusú, jellemzően nagy vízerőművek gépházai és üzemvízcsatornáik rendszerint a föld alatt helyezkednek el és termelnek energiát.

**Szivattyús-tározós erőmű:** Ezek az erőművek a villamos energia csúcsidején kívül az alacsonyabb térszínen lévő víztározóból felszivattyúzzák a vizet olcsó villamos energia segítségével (*csúcsidőn kívül*) a felső víztározóba, majd csúcsidőben a felső tározóból az

alsó tározóba áramoltatják a vizet, mely meghajtja a turbinát és energiát termel.

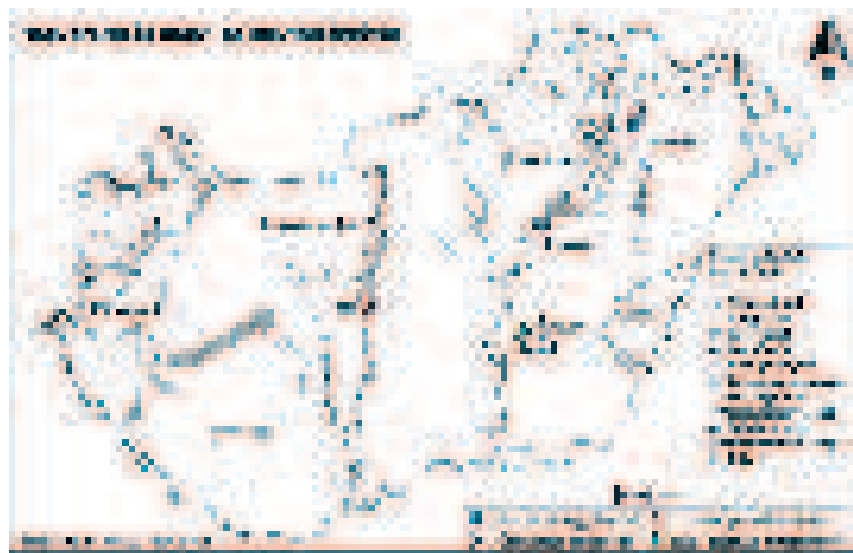
**Arapályerőmű:** Ez egy speciális vízerőmű, mely az arapályajelenségből adódó vízszintkülönbséget hasznosítja.

**Hullámerőmű:** Az ilyen típusú vízerőmű a tenger és az óceán vizeinek hullámzási energiáját hasznosítja.

**Tengeráramlat erőmű:** Ez egy kísérleti erőműtípus, mely a különböző áramlatok kinetikus energiáját hasznosítva termel elektromos energiát.<sup>2</sup>

## Teljesítmény szerint

A vízerőműveket leggyakrabban a teljesítmény alapján szokták csoportosítani. A nemzetközi és a magyar besorolási nagyságban több helyen eltérések tapasztalhatóak.



1. ábra. Magyarország nagy- és kisvízerőműveinek elhelyezkedése

(Adatbázis: <http://bluestream.hu/ocsodi.html>, [http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0038\\_foldrajz\\_konecsnykaroly/ch01s02.html](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0038_foldrajz_konecsnykaroly/ch01s02.html), <http://www.bekesszentandrasivizromu.hu/>, <http://www.ikervar-eromu.hu/eromuveink.html>, <http://kornyezetvedelem.co.hu/index.php/rovatok/vitazunk/303-vizenergia-ha-magyar>. Térkép forrása: <http://kolegabor.atw.hu/maps.htm>. Forrás: Saját szerkesztés)

## Magyarország vízenergia-termelése

A Magyar Tudományos Akadémia Energetikai Bizottság Megújuló Energetikai Technológiai Albizottságának 2004-ben megjelent tanulmánya hazánk vízenergia-készletét mintegy 990 MW teljesítményűnek becsülte, melyből 7,5 millió MWh villamos energia fejleszthető évente. A tanulmány szerint Magyarország vízenergia-készletének majdnem háromnegyedét (72%-át), a Duna hordozza. Ezt követi

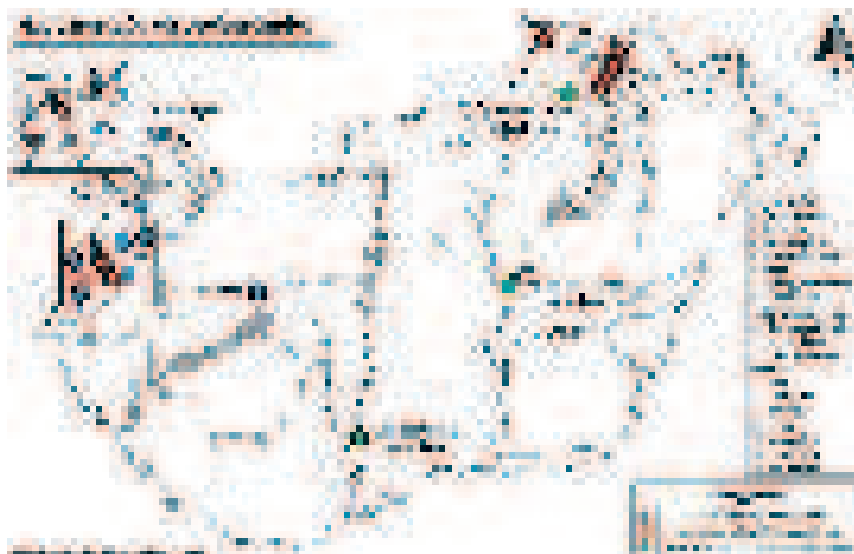
2 <http://www.alternativenergia.hu/wp-content/themes/alternativenergia/tudjmegetto.html?catid=9>

10%-kal a Dráva, 9%-kal a Tisza és szintén további 9%-ot képviselnek az ország további vízfolyásai. Ebből a műszakilag hasznosítható vízerőkészletet, mintegy 850 MW-ra, a fejlesztendő villamos energia mennyiségét 6,5 millió MWh-ra becsülte a tanulmány. A gazdálkodás mai paramétereinek figyelembevételével Magyarországon, a gazdaságosan hasznosítható vízerőkészletre telepíthető erőmű teljesítményt 800 MW-ra, a fejlesztendő villamos energiát 6,1 millió MWh-ra becsülték. (Blaskovics Gy. 2009).

## Magyarország vízerőművei

Magyarországon jelenleg 42 vízerőmű található, melyből 31 termel villamos energiát. Nyugat-Magyarországon 23 (4\*), Közép-Magyarországon 3 (1), míg

Kelet-Magyarországon 16 (6) vízerőmű található. Az utóbbi 39 évben összesen 4 kisebb (*A BlueStream Kft. jóvoltából*) és két nagyobb vízerőmű létesült (*Kenyeré és Békesszentandrás*). A 41 jelenleg meglévő vízerőmű összteljesítménye 51 MW körüli, energiatermelése 200 000 MWh körül alakul. Ennek a teljesítménynek, mintegy 90%-a jelenleg a Tiszára és mellékfolyóira jut. Hazánk területén jelenleg a Dunán és a Dráván nincs olyan létesítmény, mely villamosenergia termelésre szolgálna. Magyarország két legnagyobb vízerőműve, mely egyértelműen kiemelkedik a hazai



**2. ábra. Magyarország törpevízerőművei** (Adatbázis: <http://bluestream.hu/sio.html>, [http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0038\\_foldrajz\\_konecsnykaroly/ch01s02.html](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0038_foldrajz_konecsnykaroly/ch01s02.html), [http://www.mekh.hu/gcpdocs/49/MEKH\\_K%C3%81T\\_besz%C3%A1mol%C3%B3\\_2012\\_honlapra.pdf](http://www.mekh.hu/gcpdocs/49/MEKH_K%C3%81T_besz%C3%A1mol%C3%B3_2012_honlapra.pdf), Térkép forrása: <http://kolegabor.atw.hu/maps.htm>. Forrás: Saját szerkesztés)

környezetből, egyaránt a Tisza folyón található.<sup>3</sup>

### Magyarország nagy- és kisvízerőművei

Magyarországon jelenleg 2 nagy és 14 (2) kisvízerőmű található (a fenti magyar besorolás szerint). Nyugat-Magyarországon 6 (1), Közép-Magyarországon 2 (1), míg Kelet-Magyarországon 8 (2\*\*) vízerőmű található (1. ábra). Jelenlegi legnagyobb vízerőművünk a kiskörei, melynek beépített teljesítménye 28 MW. Ezt követi 12,5 MW-os teljesítménnyel a tiszalöki vízerőmű, míg a képzeletbeli dobogó legalsó fokán a 4,4 MW-os teljesítményű, kesznyéteni erőmű következik, mely a Hernád folyó kivezető csatornáján található.<sup>4</sup>

\* Zárójelben a működésképtelen vízerőművek

\*\* Magyarország egyedüli nagyvízerőművei

### Törpevízerőművek Magyarországon

Magyarországon törpevízerőműnek a 100 kW teljesítmény alatti vízerőműveket tekintjük. Hazánkban jelenleg 25 törpevízerőmű található (2. ábra), melyből 16 törpeví-

3 [http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0038\\_foldrajz\\_konecsnykaroly/ch01s02.html](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0038_foldrajz_konecsnykaroly/ch01s02.html)

4 [http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0038\\_foldrajz\\_konecsnykaroly/ch01s02.html](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0038_foldrajz_konecsnykaroly/ch01s02.html)

erőmű működőképes, és jelenleg üzemel, szemben 9 törpevízerőművel, melyek napjainkban üzemképtelenek. A magyarországi törpevízerőművek többsége, mintegy 17 tör-

Vízfolyás	Mérőállomás	Közepes vízhozam (m <sup>3</sup> /s)	Eséskülönbségek (m)
Zagyva folyó	Nemti, Dorogházi út	0,542	303,84 (502,680-198,840)
	Maconka	0,691	12,638 (198,840-186,202)
	Pásztó	1,82	29,955 (186,202-156,247)
	Hatvan alsó	3,17	44,138 (156,247-112,109)
	Szentlőrincváta	4,95	8,796 (112,109-103,313)
Tarna-patak	Jásztelek	11,9	16,328 (103,313-86,985)
	Verpelét	1,77	141 (276-135)
Eger-patak	Jászdózsa	6,06	44,328 (135-90,672)
	Almár	0,602	166,814 (351,733-184,919)
	Borsodivánka	3,46	91,391 (184,919-93,528)

**2. táblázat. A Zagyva, Tarna- és az Eger-patak közepes vízhozamai, eséskülönbségei, a 2006-os Vízirajzi Évkönyv adatai alapján** (Adatbázis: [ftp://152.66.121.2/Vizrajzi%20evkonyvek/2006/evkonyv/nyomatott/Vizrajzi\\_evkonyv2006\\_teljes.pdf](ftp://152.66.121.2/Vizrajzi%20evkonyvek/2006/evkonyv/nyomatott/Vizrajzi_evkonyv2006_teljes.pdf). Forrás: saját szerkesztés)

pevízerőmű Nyugat-Magyarországon található, míg Kelet-Magyarországon 8 törpevízerőmű található. Nyugat-Magyarországon a 17 törpevízerőműből, mintegy 14 működőképes és 3 törpevízerőmű jelenleg üzemképtelen, szemben Kelet-Magyarországgal, ahol 8 törpevízerőműből mindössze 2 tör-

pevízerőmű működőképes, s ezek is a Blues Stream Kft. tulajdonát képezik.

#### Megjegyzés (1. ábra):

\* A Tiszaujvárosi hőerőmű hűtővizeként szolgál, energiát nem termel

\*\* Fő szerepe a Duna vízszintszabályozása, energiát nem termel

### A potenciális vízerőkészlet meghatározása

A potenciális vízerőkészlet meghatározására a következő képletet használtam fel:

$$P=Q \times \rho \times g \times H.$$

A  $Q$  jelöli az adott vízfolyás vízhozamát,  $\rho$  a víz sűrűségét ( $1000 \text{ kg/m}^3$ )  $g$  a gravitációs gyorsulást ( $9,81 \text{ m/s}^2$ ) és  $H$  a vízfolyás esésmagasságát. A képlet alkalmazásával hozzáférhetőlegesen ki tudjuk számítani a vízfolyások potenciális vízerőkészletét, melyből megtudhatjuk a vízfolyások teljes energiameennyiségét, energiakészletét. A módszer lényege, hogy a kiválasztott vízfolyásokat legalább két szakaszra (egy szakasz megfelel két mérőállomás közötti távolságnak) osztjuk fel. Minél több mérési helyszínünk (szakaszunk) van, annál pontosabb értékeket kapunk. A vízfolyások vízhozamainak megállapítására, a 2006-os, Vízirajzi Évkönyv adatait használtam fel<sup>5</sup> (a vízfolyások vízho-

zamai és szintkülönbségei a 2. táblázatban találhatók). A vízfolyások esésmagasságát a szakaszok között, a Google Maps Find Altitude program segítségével számított-

5 [ftp://152.66.121.2/Vizrajzi%20evkonyvek/2006/evkonyv/nyomatott/Vizrajzi\\_evkonyv2006\\_teljes.pdf](ftp://152.66.121.2/Vizrajzi%20evkonyvek/2006/evkonyv/nyomatott/Vizrajzi_evkonyv2006_teljes.pdf)

Település	Potenciális vízerőkészlet (kW)	Műszakilag hasznosítható vízerőkészlet (kW)
Nemti	1615,523	969,3138
Maconka	85,669	51,4014
Pásztó	534,822	320,8932
Hatvan alsó	1372,592	823,5552
Szentlőrincváta	427,129	256,2774
Jásztelek	1906,114	1143,6684
	5941,849	3565,1094

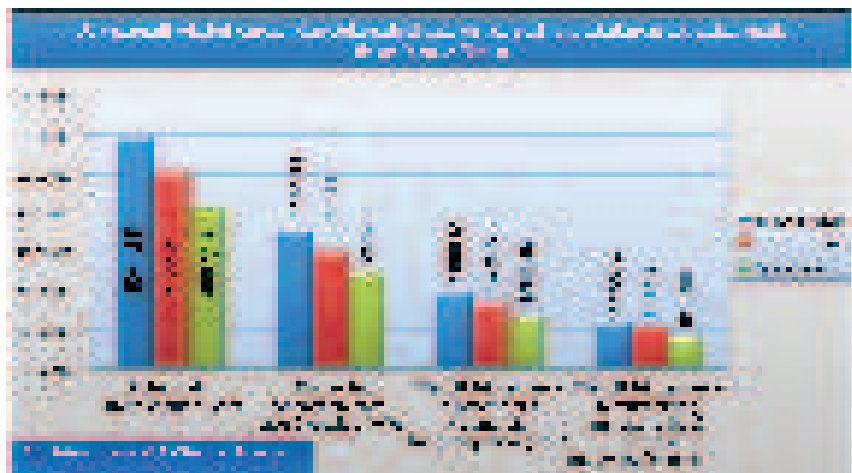
**3. táblázat. A Zagyva potenciális és műszakilag hasznosítható vízerőkészlete**  
(Adatbázis: [ftp://152.66.121.2/Vizrajzi%20evkonyvek/2006/evkonyv/nyomatott/Vizrajzi\\_evkonyv2006\\_teljes.pdf](ftp://152.66.121.2/Vizrajzi%20evkonyvek/2006/evkonyv/nyomatott/Vizrajzi_evkonyv2006_teljes.pdf). Forrás: saját szerkesztés)

Település	Potenciális vízerőkészlet (kW)	Műszakilag hasznosítható vízerőkészlet (kW)
Verpelét	2448,281	1468,9686
Jászdózsza	2635,237	1581,1422
	5083,518	3050,1108

**4. táblázat. A Tarna-patak potenciális és műszakilag hasznosítható vízerőkészlete**  
(Adatbázis: [ftp://152.66.121.2/Vizrajzi%20evkonyvek/2006/evkonyv/nyomatott/Vizrajzi\\_evkonyv2006\\_teljes.pdf](ftp://152.66.121.2/Vizrajzi%20evkonyvek/2006/evkonyv/nyomatott/Vizrajzi_evkonyv2006_teljes.pdf). Forrás: saját szerkesztés)

Település	Potenciális vízerőkészlet (kW)	Műszakilag hasznosítható vízerőkészlet (kW)
Almár	985,140	591,084
Borsodivánka	3102,048	1861,2288
	4087,188	2452,3128

**5. táblázat. Az Eger-patak potenciális és műszakilag hasznosítható vízerőkészlete**  
(Adatbázis: [ftp://152.66.121.2/Vizrajzi%20evkonyvek/2006/evkonyv/nyomatott/Vizrajzi\\_evkonyv2006\\_teljes.pdf](ftp://152.66.121.2/Vizrajzi%20evkonyvek/2006/evkonyv/nyomatott/Vizrajzi_evkonyv2006_teljes.pdf). Forrás: saját szerkesztés)



**3. ábra. A vizsgált vízfolyások vízerőkészletének és az ellátott háztartások számának összehasonlítása**  
(Adatbázis: [ftp://152.66.121.2/Vizrajzi%20evkonyvek/2006/evkonyv/nyomatott/Vizrajzi\\_evkonyv2006\\_teljes.pdf](ftp://152.66.121.2/Vizrajzi%20evkonyvek/2006/evkonyv/nyomatott/Vizrajzi_evkonyv2006_teljes.pdf). Forrás: saját szerkesztés)

tam ki (<http://www.dafitlogic.com/sandbox-google-maps-find-altitude.htm>).

### A Zagyva potenciális vízerőkészlete

A Zagyva potenciális vízerőkészlete a forrástól (*Salgóhánya község területén*) Jásztelekig összesen 5941,849 kW, ennek az értéknek a 60%-a hasznosítható műszakilag, mely 3565,1094 kW-nak felel meg.

### A Tarna-patak potenciális vízerőkészlete

A Tarna-patak potenciális vízerőkészlete a forrástól (*Cered községtől nyugatra*) Jászdózsáig összesen 5083,518 kW, eme értéknek a 60%-a hasznosítható műszakilag, mely 3050,1108 kW-nak felel meg.

### Az Eger-patak potenciális vízerőkészlete

Az adatok alapján megállapíthatjuk, hogy az Eger-patak potenciális vízerőkészlete a forrástól (*Balaton községe*) Borsodivánkáig hozzávetőlegesen 4087,188 kW-ra tehető. Ennek az értéknek körülbelül a 60%-a hasznosítható műszakilag, mely 2452,3128 kW-nak felel meg.

### Eredmények

A 2006-os Vizrajzi Évkönyv adatainak segítségével (**2. táblázat**) hozzávetőlegesen kiszámítottam az említett vízfolyások potenciális vízkészleteket (*Fontos megjegyezni, hogy a potenciális vízkészletek nem a torkolatig lettek számolva, hanem a 2006-os Vizrajzi Évkönyv által megadott helyszíni adatok alapján*). A legnagyobb potenciális vízerőkészlettel a Zagyva folyó rendelkezik, majd a Tarna- és az Eger-patak következik. A Zagyva folyó potenciális vízerőkészlete a forrástól Jásztelekig 5941,849 kW (**3. táblázat**). Ennek az értéknek azonban csak a 60%-a hasznosítható műszakilag, mely 3565,1094 kW. Ez az érték Magyarország éves energiateljesítményéhez képest rendkívül elenyésző. Azonban ha teljes mértékben ki tudnánk használni a Zagyva potenciális vízerőkészletét, akkor 1981 (*műszakilag 1188*) háztartás energiaigényét tudnánk kielégíteni (*Háztartásonként 3 kW-os érték számolva*). A Tarna-patak esetében ez az energiamennyiség a forrástól Jászdózsáig 5083,518 kW, melynek műszakilag hasznosítható értéke 3050,1108 kW (**4. táblázat**). Ez az energiamennyiség 1694 (*1016*) háztartásnak tudnánk biztosítani az energiaigényét, mely adat nem sokkal marad el a Zagyva-folyótól. A legkisebb potenciális energiamennyiséget az Eger-patak szolgáltatta

4087,188 kW-al (5. táblázat), melynek a műszakilag használható értéke 2452, 3128 kW teljesítménynek felel meg. Ez 1362 (817) háztartás energiaigényét tudná biztosítani (3. ábra). A gazdaságosan kinyerhető energia ennél kevesebb: óvatos becsléssel számolva a fenti – műszakilag megvalósítható – értékeknek 50%-a. Az energiahasznosítás alternatív módja az lehet, hogy a háztartások energiaellátása helyett, a törpevízerőművek közelében elhelyezkedő települések középületeit látnánk el energiával, ahogy az a 2011-ben létesített Újszilvási Naperőmű esetében is történt. ☉

## Irodalom

- Szalai György (1987): Ember és Víz. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest pp. 46-145.  
 Dr. Sembery Péter, Dr. Tóth László (szerk.) (2004): Hagyományos és megújuló energiák. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest pp. 431-443.  
 Blaskovics György (szerk.) (2009): Megújuló Energiák. Sprinter Könyvkiadó, Budapest pp. 170.  
 Dr. Konecsny Károly (2011): A víz, mint erőforrás és kockázat. EKF [http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0038\\_foldrajz\\_konecsnykaroly/ch01s02.html](http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0038_foldrajz_konecsnykaroly/ch01s02.html)

## Internetes források:

- <http://www.energiakaland.hu/energiaotthon/energiaforrasok/vizenergia>  
<http://www.alternativenergia.hu/wp-content/themes/alternativenergia/tudjmegtobbet.php?catid=9>  
<http://www.vpk.bme.hu/vizepkor/docs/vizparty/torpevizeromu.pdf>  
<http://bluestream.hu/sio.html>  
[http://www.mekh.hu/gcpdocs/49/MEKH\\_K%20C3%81T\\_besz%20C3%A1m%20C3%B3\\_2012\\_honlapra.pdf](http://www.mekh.hu/gcpdocs/49/MEKH_K%20C3%81T_besz%20C3%A1m%20C3%B3_2012_honlapra.pdf)  
<http://kolegabor.atw.hu/maps.htm>  
<http://www.bekesszentandrasivizeromu.hu/>  
<http://www.ikervar-eromu.hu/eromuveink.html>  
<http://kornyezetvedelem.co.hu/index.php/rovatok/vitazunk/303-vizenergia-ha-magyar>  
<http://www.daftlogic.com/sandbox-google-maps-find-altitude.htm>  
[ftp://152.66.121.2/Vizrajzi%20evkonyvek/2006/evkonyv/nyomatott/Vizrajzi\\_evkonyv2006\\_teljes.pdf](ftp://152.66.121.2/Vizrajzi%20evkonyvek/2006/evkonyv/nyomatott/Vizrajzi_evkonyv2006_teljes.pdf)

## Júniusi számunkból

A matematikus is lehet sokszínű. *Katona Gyula* akadémikussal beszélget *Staar Gyula Sárnezky Krisztián*: Üstökösjárás  
*Harangi Szabolcs*: A Tambora kitörésének 200. évfordulójára  
*Simonovits András*: Hogyan született a nagy számok első törvénye?  
*Estók Péter–Boldogh Sándor András*: Denevérek szálláshelyválasztása  
*Görföl Tamás–Jakab Ferenc*: Denevérek és vírusjárványok  
*Marton Géza*: Engem a fény, téged az árnyék irányít

## ÚSZÁSNYOMOK A TRIÁSZBÓL

A gerincesek fosszilizálódott nyomai mindig értékes információkat szolgáltatnak mind az állat viselkedéséről, mind az egykori ökoszisztemről. Az úszásnyomok azonban egyedülállóak abból a szempontból, hogy ezeket a víz alatt hagyják hátra az úszó szervezetek. Emiatt speciális tényezők szükségesek ahhoz, hogy a nyomok egyáltalán létrejöjjenek, aztán pedig évmilliókon keresztül megőrződjenek. Világszerte az alsó-triász üledékek tartalmazzák a legnagyobb számban a fosz-



szilis úszásnyomokat, bármely más időszakkal összehasonlítva. Az úszásnyomok kiemelkedő száma sajátos környezetet sugall, amely elősegítette a nyomok kialakulását és fosszilizációját. Ez minden bizonnyal azzal függ össze, hogy a kora-triász közvetlenül a földtörténet legnagyobb tömeges kihalása, a perm végi esemény után volt. A fossziliák egyértelműen azt jelzik, hogy a korszak egészére a fauna késleltetett újjáéledése volt jellemző, vagyis a kihalás után lassan és kis számban jelentek meg az új fajok. A fauna-újjáéledési időszakban az aljzatban élő, és az üledékek összekeverését (bioturbációját) előidéző állatok száma is minimális volt, különösen az olyan stresszes környezetekben, mint a tengeri delták. A bioturbáció hiánya elősegítette a masszív, de még képlékeny aljzat kialakulását a tengerfenéken, ami ideális volt az úszásnyomok rögzítésére, majd megőrzésére.

(*Geology*, 2015. február)

## HOSSZÚNYAKÚ KÍNAI SÁRKÁNY

Csak a nyaka 7 méter hosszú lehetett annak a 160 millió éves dinoszaurusznak, amely a délnyugat-kínai Szecsuan tartományban került elő. Egy halastó alapozása közben találták a csontokat, amelyek egy eddig ismeretlen faj maradványainak bizonyultak. Az első becslések alapján az állat elérte a 15 méteres magasságot, aminek körülbelül felét a nyaka tett ki. A hosszú nyak alátámasztásáról és tartásáról a 2–3 méter széles-

ségű vállak gondoskodtak. A nyakcsigolyák a madarak csontjaihoz hasonlóan részben levegővel töltődtek ki, ami jelentősen csökkentette a nyak súlyát. A *Qijianlong guokr* névre keresztelt állatnak sajnos nem került elő a teljes csontváza. Az építőmunkások a koponyát, a nyak nagy részét, valamint törzsének és farkának egyes darabjait találták meg. Mivel végtagszontok nem kerültek elő, a természetes és megnyúlt maradvány értelmezhető módon sárkányra emlékeztette a munkásokat. A hosszú nyaknak több lehetett a hátránya, mint az előnye. Étkezéskor ugyan

különböző mozgás nélkül is nagy területről tudott táplálkozni, de az egyensúlyozás és a gyors mozgás már kihívást jelenthetett a számára. Az ökoszisztemi rekonstrukció alapján folyókkal és tavakkal tarkított erdős területen élt a késő-jura korszakban, és a fák koronájáról lelegelte a leveleket.

(*Journal of Vertebrate Paleontology*, 2015. január)

## „HIVATALOS” AZ EL NIÑO

Már közel egy évvel ezelőtt is sokan jóslgatták, de most tényleg „itt van”. Az Egyesült Államok Nemzeti Éghajlati Adatközpontja (NOAA) március lelegején bejelentette, hogy beköszöntött az El Niño, vagyis az az éghajlati állapot, mely a Csendes-óceán egyenlítői térségében alakul ki, miután az óceánfelszín hőmérséklete a szokásosnál jobban felmelegszik. A hivatalos definíció szerint akkor beszélhetünk El Niño-állapotról, amikor az említett térségben egymást követő három hónapon át legalább 0,5 Celsius-fokkal magasabb a tengervíz hőmérséklete az átlagosnál. Éppen most lépte át ezt a bizonyos küszöböt. A jelenlegi becslések szerint nem lesz túlzottan erős, annyira semmiképpen, mint 1997-98-ban volt. Ez nem túl jó hír Észak-Amerika nyugati partvidéke számára, különösen nem Kaliforniaiának, melyet évek óta már-már katasztrófális aszály sújt (éppen most április elején rendeltek el az államban eddig példa nélküli vízkorlátozást – a szerk.). Az amerikai kutatók nem is várnak számottevő eseményeket a kontinens időjárásában. Dél-Amerikában azonban máris sokkal komolyabb a hatása: Chile északi, sivatagos vidékein, ahol évek óta gyakorlatilag alig esett eső, március végén régen látott katasztrófális árvizek pusztítanak. Ugyanígy, a világ más részein sokkal komolyabb hatásokra is lehet számítani, például az évi globális átlaghőmérséklet további emelkedésére, ami már amúgy is történelmi rekordot döntött 2014-ben.