



A vízerő-hasznosítás helyzete Magyarországon

VITAFÓRUM

Az Energetikai Szakkollégium Ganz Ábrahám emlékfélévének kiemelt programjaként rendezte meg 2014. április 9-én a magyar, azon belül is a dunai vízerő-hasznosítás helyzetéről szóló vitafórumát.

A rendezvényt Pintácsi Dániel, a Szakkollégium elnökének köszöntője nyitotta meg, melyben bemutatta a program előadóit is. Vendégünk volt Dr. Guti Gábor, a Magyar Tudományos Akadémia Duna-kutató Intézetének tudományos főmunkatársa, Dr. Mészáros Csaba, a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszékének címzetes egyetemi docense, és Ujhelyi Géza, az egykori Erőmű Beruházási Vállalat műszaki vezérigazgató-helyettese.

Ezt követően az est moderátora, Mayer György, energetikai szakújságíró tartott egy rövid bevezetőt a témában.

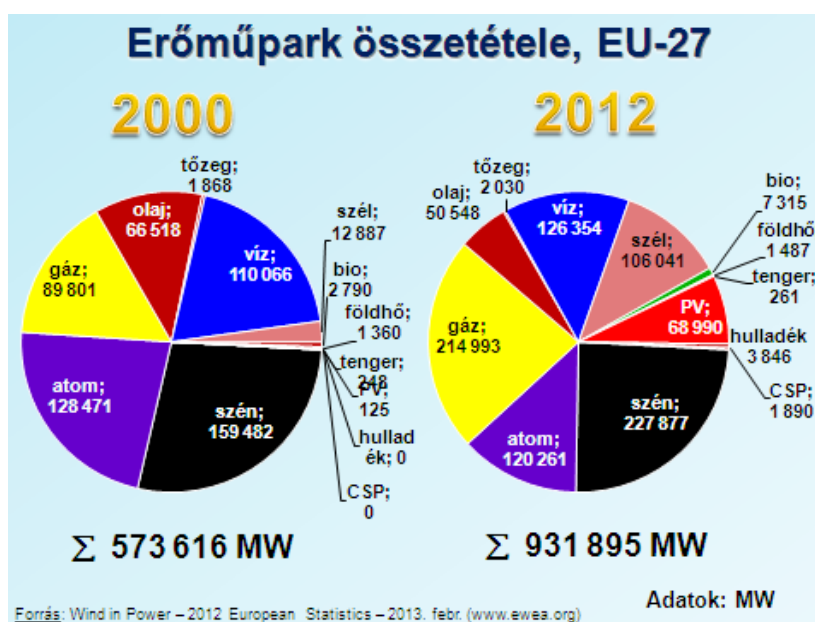
Ma hazánkban szám szerint öt nagyobb és harminckét kisebb, regionális vagy helyi vízerőmű működik aktívan. Mivel az elmúlt évtizedekben nem települtek újabb üzemek, ezért nem nehéz őket számon tartani. Az összes hazai létesítmény és ezáltal a vízenergia-hasznosítás lehetőségeinek megoszlása százalékos arányban leginkább a Duna javára írható, a Tisza, a Rába és egyéb kisebb folyók mindössze a maradék 30-40 százalékot képesek kitenni. A legjelentősebb vízenergia-felhasználás ma hazánkban Tiszaöknél, Kiskörénél, valamint Kesznyétenben és Gibárton történik, de Ikerváron és a Soroksári-Dunaágon is. A ma meglévő és aktívan működő vízerőműveink segítségével 50 MW teljesítmény érhető el, amivel évente 200 GWh energiát lehet termelni. A kapacitás azonban gyakorta változó, mert a létesítmények között sok a törpe-erőmű, amelyek működése csak időszakos, annak függvényében, hogy üzemeltetésük gazdaságos-e vagy sem.

A pár perces ízelítő után meghívott előadóink tartották meg prezentációjukat.

Az energetikai oldal – Ujhelyi Géza előadása

A fórum első előadását Ujhelyi Géza, a korábbi Erőmű Beruházási Vállalat műszaki vezérigazgató-helyettese tartotta meg a vízerőművek energetikai vonatkozásairól.

Bevezetőjében az Európai Unió erőműparkjának összetételét mutatta meg, kiemelve, hogy a vízenergia 2012-ben több mint 126 000 MW-ot képviselt, meghaladva ezzel az atomenergia részarányát is, mely 120 000 MW-ot tett ki. Hangsúlyozta, hogy az EU huszonhét országában jelentős súlya és szerepe van a vízenergiának, kivéve egyben, hazánkban.



1. ábra: Az EU-27 erőműparkjának összetétele

Magyarországon a Duna jelenti a legjelentősebb potenciált, melynek külföldi szakaszán számos vízlépcső épült. Németországban huszonöt, Ausztriában tíz, Szlovákiában pedig egy található, ezek összes éves termelése közel 18 000 GWh. Az alsó szakaszon, a szerb-román határon a Vaskapu erőmű pedig önmagában 11 500 GWh energiát állít elő évente.

Országunkban a közeljövőben várhatóan 1800 MW-nyi kapacitást állítanak le, de 2030-ig a paksi bővítés mellett is 3000 MW-nyi teljesítmény beépítésére volna szükség.

Ujhelyi Géza feltette a kérdést, hogy miből is érdemes fedezni ezt: a sokat támogatott megújulókból, földgáz-, esetleg lignittüzelésű erőművekből? Netán importáljunk a jelenleginél is többet?

Utóbbira reflektálva bemutatta a European Energy Exchange (EEX) villamosenergia-árait is. Megfigyelhető a jelentős esés, a 2014. januári adatok alapján a nagykereskedelmi átlagár 32 €/MWh volt. Ennél a magyar tőzsde, a HUPX értékei némileg többet mutattak,

de még itt sem érte el a 40 €/MWh-t a villamosenergia-ára, ami a korábbiakhoz képest jóval olcsóbb importot jelent. Ennek magas részaránya azonban ellátásbiztonsági kérdéseket vethet fel, így indokolt a hazai opciók vizsgálata.

Előadónk ezután rátért a magyar Duna-szakasz adta lehetőségekre (1. táblázat). Négy helyszín adott az energetikai hasznosításra. Ha Nagymarosnál megépülne az erőmű, 160 MW lenne kinyerhető, ha azonban az eredeti projektnek megfelelően a Bős-Nagymarosi Vízlépcsőt (BNV) használnánk fel, - 440 MW teljesítmény csúcsüzemben, majd később átfolyós üzemre módosítás miatt csak - 300 MW teljesítmény, éves szinten 1800 GWh volna hazánk számára elérhető. A vízlépcsőre kötött szerződés értelmében a megtermelt energia 50-50%-ban oszlana meg a magyar és a szlovák fél között. Ujhelyi kiemelte, hogy a Hágai Bíróság döntése értelmében a kontraktus még mindig él, így érvényt lehetne szerezni a magyar érdekeknek.

1. táblázat: Vízerőmű lehetőségek a Duna magyar szakaszán

Helyszín	Teljesítmény [MW]	Esés [m]	Termelés [GWh/év]
Nagymaros	160	9,1	960
BNV	300	21/9,1	1800
Adony	150	8	950
Fajsz	145	7,5	900

Zöldmezős beruházásként lehetne telepíteni erőművet Adony és Fajsz közelébe, egyenként közel 150 MW beépített teljesítménnyel. Nem mellékes körülmény, hogy a fajszi vízlépcső hozzájárulna a paksi bővítés okozta hűtővízigény-növekedés fedezéséhez is.

Ujhelyi Géza ezután bemutatta elemzését, melyben az egyes erőműtípusokat hasonlította össze az önköltséget tekintve. A különböző változatokban egyaránt 20 éves lejáratú hitel felvételével tervezett, 5%-os feltételezett kamatszinttel.

A vizsgálatra vonatkozó értékek és eredmények összességét a 2. táblázat tartalmazza.

A szél-, illetve naperőművekre egyenértékű teljesítményt számolt, melyet a nagymarosi erőmű energiatermelésére vonatkoztatott. A lignit erőműre, a földgáztüzelésű kombinált ciklusú blokkra (CCGT), és a Paks II-re vonatkozó kalkulációk (utóbbi 20 éves hitellel átszámolva) az összehasonlítás végett szerepelnek a táblázatban.

Az eredményeket tekintve kitűnik, hogy az első húsz évben az önköltség a vízerőművek esetén a legolcsóbb, a BNV-nél 26,85 €/MWh, míg a zöldmezős adonyi és fajszi telepek esetén 52,82 €/MWh.

Néhány erőmű összehasonlító adata										
Erőmű típus	Teljesítmény	csúcskihasználási órásszám	Egyenértékű erőmű teljesítmény	élettartam	Fajlagos beruházási költség	Beruházási költség	O&M költségek	Önköltség az első 20 évre	Hiteltörlesztés s utáni önköltség	Maradék élettartam
	MW	óra	MW	év	Euro/kW	milliárd Ft	%	Euro/MWh	Euro/MWh	év
Vízerőmű - Nagymaros	160	6 000	160	80	3 000	144	1,0			60
Vízerőmű - BNV	300	6 000	282	80		144	2,0	26,85	6	60
Vízerőmű - Adony	150	6 000	150	80	3 500	158	1,0	52,82	5	60
Vízerőmű - Fajsz	145	6 000	145	80	3 500	152	1,0	52,82	5	60
						-				
Szél	505	1 900	505	35	1 100	167	3,0	65,89	18	15
Nap	873	1 100	873	25	1 400	367	1,0	97,14	11	5
						-				
Lignit	500	6 500	500	35	1 500	225	2,5	49,11	38,20	15
Gáz CCCGT	400	2 500	400	35	800	96	2,5	91,80	65,81	15
Paks II.	2400	8 000	2 400	60	5 000	3 600	2,5	89,40	37,30	40

Ujhelyi 2014.ápr.

2. táblázat: Néhány erőmű összehasonlító értékelése

A hiteltörlesztést követő években szintén jelentős előnnyel kecsegtetnek a vízenergiát hasznosító létesítmények, hiszen 6 €/MWh, illetve 5 €/MWh az önköltség. Ebben az időszakban a szél- és naperőművek is kedvező értéken működhetnek, ezt nagyban ellensúlyozza azonban a jóval rövidebb élettartamuk. Vízerőművek esetén tehát a 80-100 éves üzemidő egy további, szignifikáns előny. Ujhelyi Géza a napenergia-hasznosítást csak komolyabb hitelköltség nélkül, az elosztott termelésben látja versenyképesnek, vagyis sok, kis teljesítményű egységként. A lignittüzelésű egység változatlanul egy jó alternatívának tekinthető, míg az atomerőmű hosszú távon a rendszer gerincét szolgálhatja.

Ujhelyi Géza elmondta, hogy a folyami vízerőművek alaperőműnek tekintendők, a teljesítmény a vízjárás függvénye. A szabályozhatósága korlátozott, maximálisan 10% ingadozás engedhető meg. Fontos szerepet játszik a hajózás, az árvízi védekezés, és a partfalvédelem területén.

Megemlítette a szivattyús-tározós erőművi technológia jelentőségét is (SZET), mely egy jól szabályozható, gyors terhelésváltoztatási sebességű technológia, és így hazánkban az éjszakai minimum során jelentkező, atomerőművi termelésből adódó túltermelés kompenzálására volna hasznosítható. A szél-, illetve naperőművek teljesítményingadozásának kiszabályozására korlátozottan alkalmas. Magyarországon a Prédikálószerékre terveztek 4-szer 300 MW-nyi SZET kapacitást, a beruházás azonban nem valósult meg.

Előadónk a megújuló fluktuáló teljesítményét német példán keresztül érzékeltette. A nyugat-európai országban 32 690 MW beépített teljesítményt képviselnek a szélerőművek. 2013-ban négyhavi termelést bemutatva látható volt, hogy a maximális termelés 24 000 MW, a minimális 221 MW volt, míg a középérték 5992 MW, tehát jelentős az ingadozás. A nagyjából 32500 MW-nyi beépített napenergiát (szélerőművel együtt 65000 MW-nyit) hasznosító kapacitás hasonlóan kiszámíthatatlanul üzemel. Ezek tehát komoly problémát jelentenek a villamoshálózat szempontjából, és a nagymértékű telepítést nem indokolja a beruházási költségük sem. Németország eddig 370 milliárd eurót, azaz 30 paksi bővítés árát fizette ki a fenti egységekre.

Ujhelyi Géza előadása végén még egyszer összefoglalta a legfontosabb konklúziókat:

- A vízerőművek telepítése kizárólag energetikai szempontból is megérné, hiszen megtérülés után még 60 évig termel olcsó áramot,
- A beruházás a legmagasabb hazai hozzáadott értékkel kivitelezhető,
- A termelés tervezhető, stabil (szemben a szél- és napenergiával),
- Korlátozottan fel- és leterhelhető, részt vehet a szekunder szabályozásban,
- A folyami erőmű 20 éven belül megtérül,
- Számos egyéb előnnyel is kecsegtet, például az árvízvédelem és hajózás területén,
- A túlzott környezetvédelmi aggályokat az élet nem igazolta,
- A tájba jól illeszthető, esztétikailag nincs romboló hatása.

Az ökológiai vonatkozások – Dr. Guti Gábor előadása

Dr. Guti Gábor, az MTA ÖK Duna-kutató Intézet munkatársa, a duzzasztóművek ökológiai rendszerre gyakorolt hatását mutatta be. Előadása elején kiemelte, hogy bár az ökológiai szempontból fenntartható folyamagazdálkodás sokszor, mint elérendő cél jelenik meg a különböző irányelvekben, az ökológiai szempontok számos esetben nem kapnak megfelelő hangsúlyt a végrehajtási programokban.

A duzzasztóművek számos szempont alapján értékelhetőek. Társadalmi fejlődést szimbolizálnak, a népesség növekedését mutatják. Tagadhatatlanok a gazdasági és társadalmi előnyei, többek közt a hatékony energiatermelés, közlekedés, hajózás, stb. ugyanakkor nem mellőzendő körülmény, hogy a folyók hidrológiai és geomorfológiai folyamatait, valamint vízminőségét és élőhelyeit megváltoztatva a folyami vízrendszerek ökológiai állapotának degradálódását idézik elő.

A folyami vízrendszerek alaptulajdonságai a változó vízjárásuk, a hordalékszállításuk, a tovahaladó víztestben történő folyamatos kémiai és fizikai változások. A hosszirányú gradiens mentén a geomorfológiai változás fokozatos, ami az élővilág strukturális és funkcionális jellemzőiben mutatkozik meg, valamint a folyók

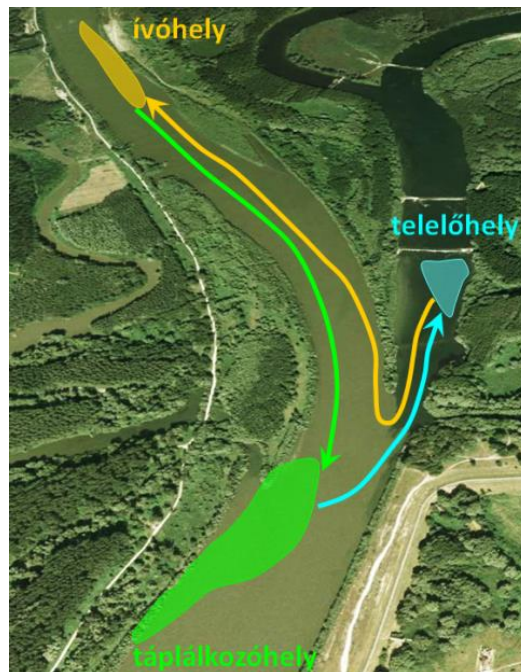
alapvető jellemzője az is, hogy rendkívül gazdag fajkészlettel bírnak, melyek az áramló vizekhez alkalmazkodtak.

A duzzasztóműveknek több, ökológiailag hátrányos vonatkozása is van, Dr. Guti Gábor a következőkben rátért az egyes hatások részletes jellemzésére.

Elsőként a folyómeder hosszirányú konnektivitásának megszakítását ecsetelte.

A vándorló halak számára fizikai akadályt jelent egy vízlépcső több szempontból is. Felfelé haladáskor az egyik probléma, amikor az átbukó víz magassága korlátozza vándorlásukat, a másik, mikor az áramló víz sebessége leküzdhetetlen számukra.

Lefelé haladáskor, a turbinán való áthaladás igen nagy arányban okozhat komoly sérülést, a mortalitási arány 1 és 99% között mozog. Ennek oka lehet a mechanikai, a nyíróhatásból eredő, valamint a kavitációs sérülés is.



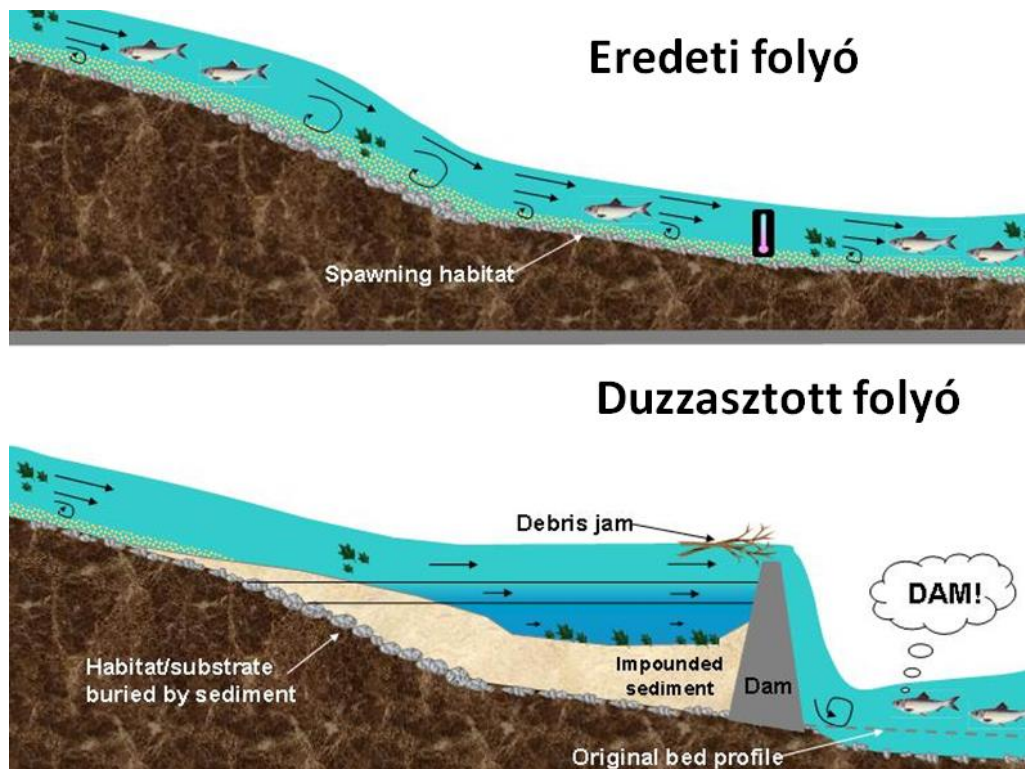
2. ábra: A halak alapvető élőhely típusai

A legtöbb halfaj egyedfejlődése több létfontosságú élőhelytípushoz kötődik, amelyek között az egyedek ciklikusan vándorolnak. Amennyiben valamelyik alapvető élőhelytípus megszűnik, vagy elérhetetlenné válik a halak számára, az komoly fenyegetést jelent egy adott populáció fennmaradására. Ez a három kulcsfontosságú élőhely a táplálkozóhely, az ívóhely és a telelőhely. Ezek elhelyezkedése, illetve távolsága az egyes fajok esetében igen eltérő lehet. Van olyan faj, melynek pár száz méter van a különböző élőhelyei között, de van, melynek több ezer kilométer. Erre az esetre kiváló példa a viza, a Duna legnagyobb hala. Az élőhelye a Fekete-tenger, viszont valamikor a Duna kisalföldi szakaszáig vándorolt fel a számára megfelelő ívóhelyeket keresve. A túlzott halászat miatt már a 19. századra jelentősen megritkult az előfordulása a Duna

magyarországi szakaszán, de a Közép-Duna felé történő vándorlását ellehetetlenítő Vaskapu I. vízlépcső megépítése után (1972) már az Alsó-Dunán is rohamosan csökkent a vízfogások gyakorisága.

Ezután a duzzasztott mederszakasz folyami ökoszisztémára gyakorolt hatásáról beszélt.

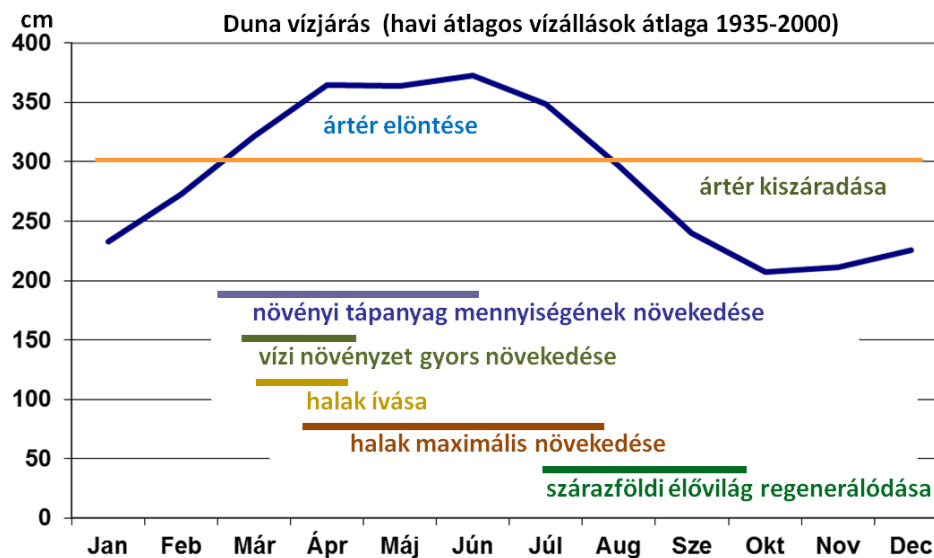
Egy vízlépcső építése korlátozza a folyó hosszirányú átjárhatóságát, illetve egy tározó teret hoz létre, ahol a mederszelvény bővülése miatt a vízáramlás lelassul, a hordalék felhalmozódik, és ezért jelentősen megváltozik a folyó élővilága. A víz minősége átalakul, a növényi tápanyagok koncentrációja és a víz hőmérséklete megnő, továbbá az oldott oxigén mennyisége lecsökken. A duzzasztott mederszakasz az áramló vizet kedvelő élőlények számára többnyire lakhatatlanná válik, és általában az eredeti élővilágtól idegen, gyakran invazív élőlények népesítik be a megváltozott élőhelyeket.



3. ábra: Egy folyó hidromorfológiai megváltozása

A következőkben a vízjárás megváltozásának hatását elemezte.

A változó vízjárás biológiai szempontból különösen fontos, mivel szezonálisan kialakuló elöntött területeken valósulnak meg a folyami ökoszisztémák jellemző működési folyamatai. Ilyenkor nagy mennyiségű tápanyag kerül az ártérre, megindul a vízi növényzet fejlődése és a halak ívása, majd növekedése, és amikor az árhullám visszahúzódik, a szárazföldi növényzet regenerálódik.



4. ábra: A Duna vízjárása

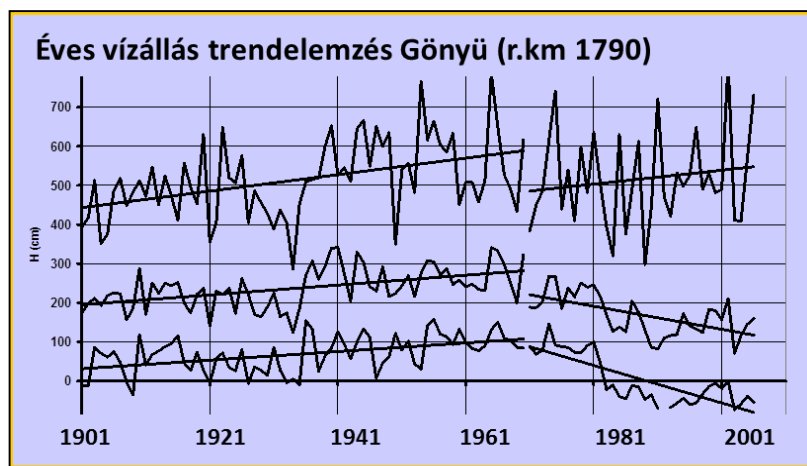
A Duna több éves vízjárása alapján szerkesztett görbéket bemutatva jelezte azt az előadó, hogy nincs egyforma vízjárású év. Ez azt is magában hordozza, hogy a fent említett körforgás minden évben máshogy megy végbe. Ugyanakkor hatása van a különböző halfajokra is, hiszen például a csuka a változatos vízi növényzeten szaporodik, ami azt jelenti, hogy magas vízállású években kedvezőbb az állomány szaporulata, ezért az azt követő években jelentősen megnő a csuka fogások gyakorisága. Ezzel szemben a kecsge például a folyó medrének kavicsos aljzatán ívik, ahol az árhullámok levonulásakor jelentős az ikra, illetve a fiatal ivadék mortalitását okozható megnövekedett medercsúsztató feszültség miatt kialakuló erősebb hordalékmozgás. A vízjárás sztochasztikus jellege miatt viszont bizonyos időközönként több faj számára is kialakulhatnak kedvező szaporodási feltételek, és ez különösen fontos a biológiai sokféleség fennmaradása szempontjából.

A hagyományos folyószabályozás gyakran a szélsőséges vízállapotok mérséklésére törekszik. Az ökológiai szempontból fenntartható folyami vízgazdálkodás szempontjából azonban fontos kritérium, hogy az árhullámok ne szűnjenek meg teljesen. Léteznek olyan duzzasztóművek, melyek képesek teljes mértékben elnyelni, tárazni az árhullámokkal levonuló többlethozamot. Az árhullámok hiányában jelentősen csökken a folyami élővilág biológiai sokfélesége, ami az ökológiai állapot romlását jelzi. A vízjárás szabályozás kedvezőbb megoldása, mikor az árhullámot mérsékelten, jóval alacsonyabb tetőzéssel és jelentős elnyújtással eresztik át az alvízi szakasz irányába.

Előadónk legvégül a hordalékszállítás megváltozásának hatását mutatta be.

A duzzasztómű egy csapdaként jelentkezik a hordalék számára, mely a felvízi szakaszon lerakódik, ebből kifolyólag az alvízi szakaszon hordalékhiány alakul ki, ami a

medereróziós folyamatok fokozásával a meder beágyazódását, illetve mélyülését idézi elő. Dr. Guti Gábor az 5. ábra segítségével mutatta be ezt a jelenséget a Duna kisalföldi szakaszán, ahol a felső szakaszból érkező hordalék mederemelkedést idézett elő, azonban a '70-es évekig, majd ez a trend megfordult és egy csökkenő tendenciát kezdett mutatni. Ennek oka a térségben elindított ipari kavicskotrás, továbbá az osztrák vízlépcsők hordalék-visszatartó hatása.



5. ábra: Éves vízállási trend Gönyűnél

Egyes folyók feliszapolódása is komoly veszélyt hordoz. A kecsge egyetlen ismert szigetközi ívóhelye az ágrendszer alsó szakaszán volt található, melynek korábban kavicsos aljzata volt. A '90-es évek eleje óta, a Duna vízhozamának a bősi vízlépcső üzemvízcsatornájába történő elterelése következtében, nagyjából 60 cm-nyi iszap rakódott le erre a kavicsra, ami miatt mára teljesen eltűnt a kecsge a térségből.

A hullámtéri feltöltődés jelentősen befolyásolja az élővilág biológiai sokféleségét, változatosságát. A síkvidéki folyóknak a hullámtéri vízterei 4 alapvető típusba sorolhatók a folyó főága és mellékágának kapcsolata alapján. Ezek az élőhelyek a folyómeder fokozatos mélyülése, továbbá a hullámterek feliszapolódásának eredményeként gyorsuló mértékben feltöltődnek és előregednek, végül teljesen kiszáradnak. Ezzel a sajátos hullámtéri élőlényekhez kötődő különleges élővilág is eltűnik a folyami vízrendszerekből.

Összegzésként Dr. Guti Gábor hangsúlyozta, hogy ezek a műtárgyak jelentősen befolyásolják a folyó hosszirányú konnektivitását, megszakítják a folytonosságát, megváltoztatják a hordalékszállítását és a vízjárást, valamint az élőhelyi sajátosságokat. A vízlépcsők veszélyeztetik a biológiai sokféleséget és korlátozzák a vízi élőlények vándorlását. Végül kiemelte, hogy ezek a problémák, nehézségek enyhíthetőek, de a megoldások kidolgozásához a különböző szakterületek képviselőinek (mérnökök, ökológusok, közgazdászok, stb.) összefogására van szükség.

A vízgazdálkodás érvei – Dr. Mészáros Csaba előadása

A fórum harmadik előadója, Dr. Mészáros Csaba, a BME Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék címzetes docense elsőként Dr. Guti Gábor utolsó gondolatát emelte ki, mely szerint ez egy multidiszciplináris terület, ahol a különböző területekről érkező szakembereknek együtt, és nem egymás ellen kell dolgozniuk és konszenzusra jutniuk.

Az előadó egy, a Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék korábbi professzorától, Dr. Kozák Miklóstól származó idézettel kezdte:

„A vízenergiából történő villamosenergia-termelés olyan gép működtetéséhez hasonlítható, amelyben a nap és a gravitáció a vizet az óceán és az égbolt között örökös cirkulációban tartja, majd a turbinákon keresztül újra megérkezik az óceánba. Mi lehet indokolhatóbb és tisztább ennél a folyamatnál?” /Kozák/

Ezek után megemlítette, hogy a világ energiatermelésének 16%-át, és a megújuló energiatermelésnek több mint 85%-át vízerőművek biztosítják.

Rátért a vízerő-hasznosítás és szabályozás témakörébe tartozó műtárgyakat illető téves megnevezés helyesbítésére. Elmondása szerint a vízlépcsőrendszer az az objektum, amely a vízerőművet is tartalmazza és vízlépcső maga nem (csak) a vízerőmű. Egy vízlépcső általában az alábbi részekeségekből áll: duzzasztómű (a felvízszint szabályzására), vízerőmű (benne turbinák és generátorok segítségével állítanak elő villamos energiát), hajózsilip (hajózható folyón), közúti híd (amennyiben szükséges és a vízlépcső alkalmas rá).

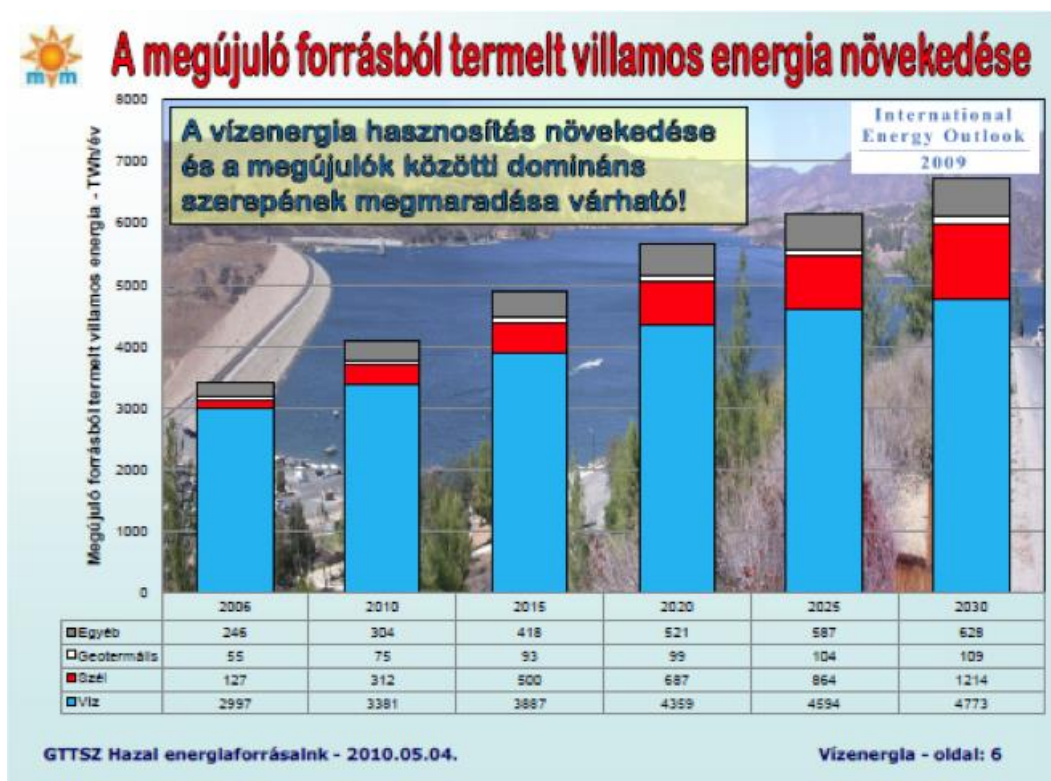
Kiemelte a vízlépcsők gazdaságosságát érintő kritikák hamisságát, hiszen amennyiben a nagymarosi vízlépcső megépült volna osztrák hitelből, - húsz év alatt évi 1,2 TWh villamos energia szállításával - akkor 24 év alatt megtérült volna, nem is beszélve a hajózhatóságot és az árvízvédelmet érintő előnyökről.

Mészáros az alábbiakban ismertette a vízlépcsőrendszer céljait:

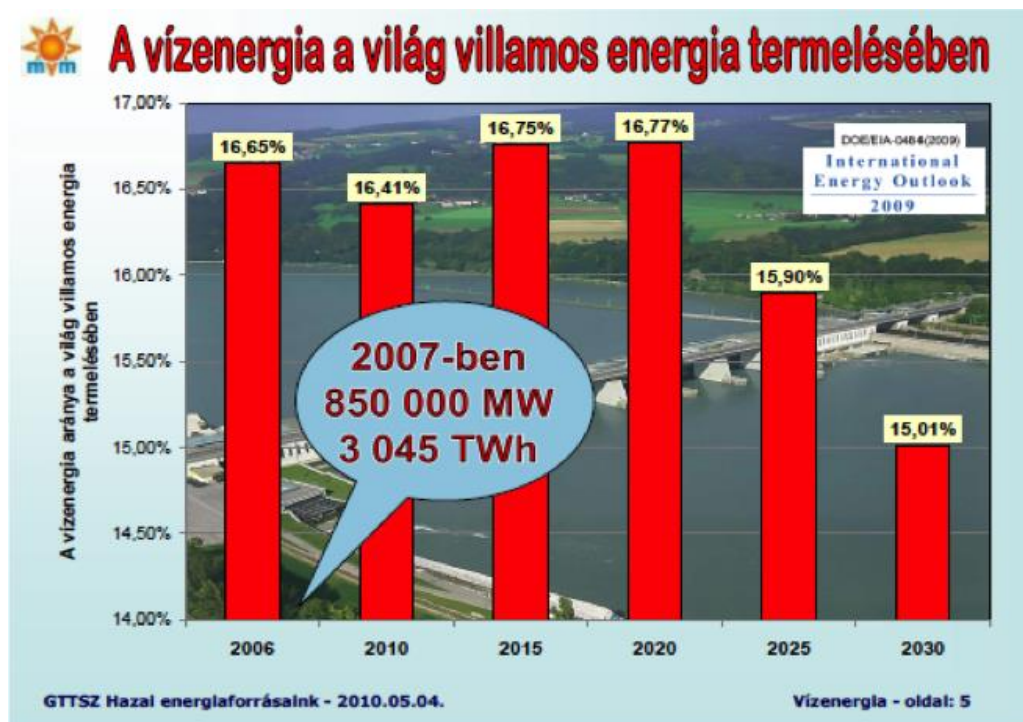
- Hajózás
- Energiatermelés
- Árvízmentesítés
- Egyéb: vízpótlás, ökológiai vízigény biztosítása, területfejlesztés, turizmus, üdülés, vízi sport

A fentiek közül nem lehet egyértelműen domináns szempontot kiemelni, a „prioritások” többször változtak.

A 6. és 7. ábrán látható tendencia alapján növekszik a vízenergia által előállított villamos energia mennyisége, azonban a megújuló termelésben vett részaránya csökken, köszönhetően leginkább a szélerőművek terjedésének.



6. ábra: A megújuló forrásokból termelt villamos energia mennyisége (Szeredi I.)



7. ábra: A vízenergia részaránya a világ villamosenergia-termelésében (Szeredi I.)

A vízlépcsők telepítésének hátrányáról szólván az előadó megemlíttette a hosszirányú átjárhatóság folytonosságának megszüntetését, valamint a folyó dinamikájának változását. Erre megoldást jelent az Európai Unió Víz Keretirányelvének megvalósítása, melynek kitétele az európai vizek 2015-ig történő jó állapotba hozatala, ami felszíni vizek esetén a jó kémiai és ökológiai állapot elérését jelenti. A keretirányelv 2015-ig nem lesz megvalósítható, de kétszer 6 évvel történő esetleges meghosszabbítása során nagyobb valószínűséggel kivitelezhető. A keretirányelv hozadékaként az ökológiai szempontok előtérbe kerültek, melyek drágítják a villamosenergia-termelést, mivel olyan követelményeket támasztanak az újonnan épülő és a már megépült létesítményeknek, amelyek plusz kiadással járnak, és kis mértékben csökkentik a megtermelhető villamos energiát is.

Dr. Mészáros Csaba problémaként említette, hogy sokan a vízlépcsők pozitív hatásait nem szokták figyelembe venni, mivel azt természetes dolognak gondolják. Általában csak a negatívumokat említik, pedig a társadalom szempontjából sok kedvező hozadékkal rendelkeznek (pl. energiatermelés, árhullámok ellapítása).

Emellett megemlíttette azt a téveszmeként felmerült állítást, miszerint a vízépítő mérnökök öncélúan állandóan meg akarják változtatni és rongálni a környezetet. A szakma azonban épp azért alakult ki, mert bizonyos problémák megoldására igény volt, és több tudományterület közreműködésével szeretnék jobbra tenni az ország és világ vízgazdálkodását.

Példaként említette a Kiskörei Vízlépcsőt (és vízerőművet), amely ha nem épült volna meg, nem lenne Tisza-tó, ami ma értékes természetvédelmi területnek ad otthont.

Az Európai Unió elvek előírják az megújuló részarányának jelentős növelését, sajnos azonban a magyarországi megújuló penetrációjának növeléséből a vízerő-hasznosítás kimarad.

Az előadó megemlíttette az Új Széchenyi Tervet, mely dokumentum részeként 2011-ben két akadémikus kiemelte, hogy amennyiben a társadalommal sikerül elfogadtatni a dunai vízlépcsőépítést, akkor a Budapest alatti részen tervezett két vízlépcső telepítése (Adonynál és Fajsznál) energetikailag, és a Duna biztonságos hajózhatóságának szempontjából is nagyon hasznos lenne. Lényeges előnyöket produkálna a fajszi vízerőmű megépítése, a Paksi Atomerőmű hűtővízkivételének biztonságossá tételével.

Az előadó cáfolta azt az állítást, hogy a vízerőmű egy korszerűtlen megoldás lenne, amelyet csak a világ fejlődő országaiban alkalmaznak. Ennek igazolására egy közös német-svájci beruházást hozott példának. Európa első nagy folyami vízlépcsője a rheinfeldeni vízlépcső, amely 1898-ban épült 24 MW teljesítménnyel a Rajnán, a német-svájci határon. A régi létesítmény kiváltására 2012-ben helyezték üzembe az újonnan épültet, amely

100 MW kapacitással képes üzemelni. A régi vízlépcső üzemvízcsatornáját pedig halúttá építették át.



8. ábra: A rheinfeldeni vízlépcső (a régi létesítmény és az új modellje)

Az előadó ismertette a mai magyarországi vízerő-hasznosítás helyzetét, ami az ő szavaival élve „siralmas helyzetben” van:

- A vízerőművek teljesítménye cca. 50 MW
- Az éves megtermelt energiamennyiség: 200 GWh
- A Bős-nagymarosi vízlépcső teljesítményéből ránk jutó rész 440 MW lett volna
- 1992 óta Bős cca. 50 TWh villamos-energiát termelt

A nagymarosi beruházás elmaradása miatt nagy bevételtől estünk el, amelyet az előadó a bősi vízerőmű eddigi termelése alapján becsült.

A hazai lehetőségeket illetően, a magyarországi műszakilag hasznosítható potenciál nagyjából 1000 MW teljesítményt tesz ki, amelyből gazdaságosan kb. 700 MW-ot érdemes kiépíteni, ami a gazdasági körülmények függvényében változhat. A hasznosítható potenciálok eloszlása a következő: kb. 70%-a a Dunán, 10-12%-a a Tiszán, 9-10%-a a Dráván, a többi a kisebb folyóinkon oszlik el (Hernád, Rába, Sajó, stb.).

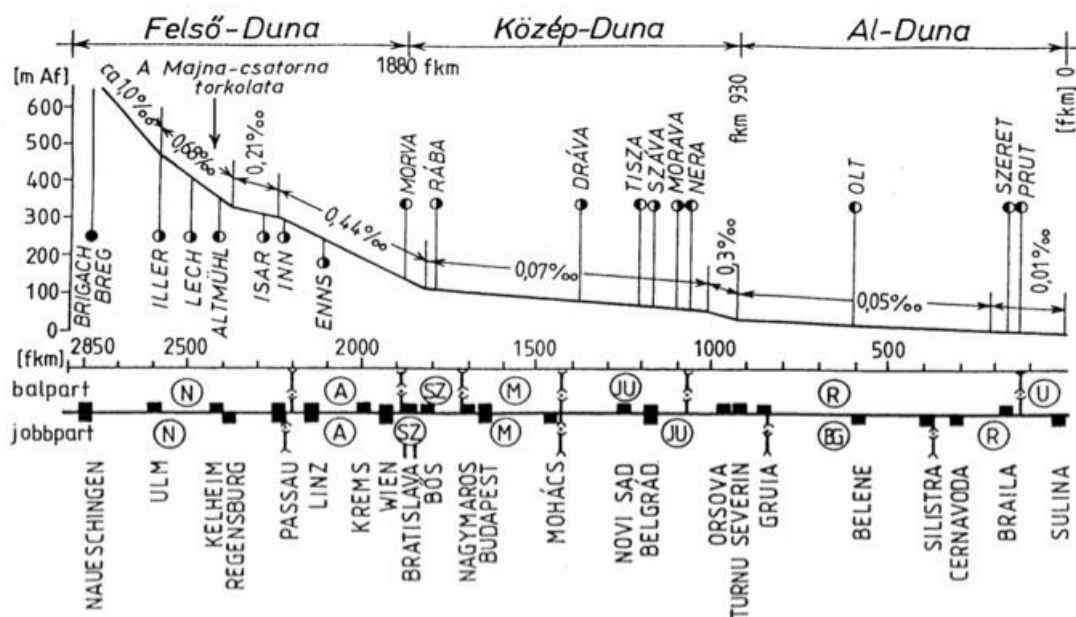


9. ábra: Magyarország meglévő és tervezett vízerőművei

Mészáros beszélt az 1984-es Vízgazdálkodási Kerettervről, amely a vízgazdálkodás valamennyi ágazatával foglalkozott (így a vízenergia hasznosításról is esett benne szó). Olyan vízatvezetési megoldásokról is értekezett, amelyre a világ számos részén van példa. Magyarországon jelenleg a Tisza-öki Vízlépcső által szabályozott vízkészlet egy részét a Keleti-főcsatornán keresztül a környék öntözésére, és több helyen az ivóvízellátást kiegészítve hasznosítják. Hasonló vízgazdálkodási rendszer épült ki a Kiskörei Vízlépcsőnél is.

Dr. Mészáros Csaba is megemlítette a SZET (szivattyús energiatároló) fontosságát, mely jelentős szerepet kaphatna Paks jelenlegi és jövőbeli blokkjainak a völgyidőszakban megtermelt energiájának tárolása céljából. Mészáros megítélése szerint a szélenergia nem kedvező időszakokban termelt energia tárolására is kiválóan alkalmas lenne, amely csökkentené a villamos-energiatermelés költségeit.

Bemutatásra került a Duna vízgyűjtő területe és hossz-szelvénye. A magyarországi dunai szakasznak kisebb az esése, mint a folyó felsőbb szakaszán, de az egy téveszme, hogy síkvidéki folyón nem érdemes vízerőművet építeni, hiszen a kinyerhető energiát a vízhozam és az esés szorzata határozza meg, nem kizárólag az esés.



10. ábra: A Duna hossz-szelvénye

Az előadó zárásként kiemelte, hogy a legfőbb feladat a társadalom őszinte és teljes körű tájékoztatása, amelyre példának az ausztriai Freudenau-i vízlépcsőt hozta, ahol megfelelő informálás után, népszavazáson 73%-os arányban megszavazták a létesítmény kivitelezését.

Előadói reflexiók

A fórum következő 20 percében előadóink reflektálhattak egymás előadásaira.

Ujhelyi Géza üdvözölte Dr. Guti Gábor utolsó gondolatát, és ő is szorgalmazta az egyes szakmák összefogását a vízenergia hasznosításának ügyében. Ezután a hordalék kérdésére tért ki, és egy korábbi, 1983-as tanulmányra hivatkozott, melyet a VITUKI Környezetvédelmi és Vízgazdálkodási Kutató Intézet Nonprofit Kft. készített. A dokumentum alapján a Duna medrének süllyedése akkor már 60 éve megindult, és tart a mai napig is, tehát nem csak a vízlépcsők hordalékmegfogó hatásának köszönhető. Hozzátette még, hogy az előadásokban nem hangzott el egy további negatív következmény, mégpedig az, hogy a vízlépcsők által a talajvízszint csökkenhet, ami kihat a part menti kutakra, sőt, a mezőgazdaságra is. Hangsúlyozta, hogy ezzel a problémával számolni kell.

Dr. Mészáros Csaba előadására hivatkozva kiemelte, hogy szerinte felülbecsült a bős-nagymarosi vízlépcső 24 éves megtérülési ideje, saját számításai szerint ugyanis már 2004-2005 környékén visszahozta volna az árát. A szerződés továbbá igen kedvező feltételeket biztosított, véleménye szerint tehát indokolt lett volna a beruházás kivitelezése.

Az előadásával kapcsolatos állításokat nem cáfolta Dr. Guti Gábor sem, hanem kiegészítette azzal, hogy a medermélyülés valójában már a 19. században a folyószabályozásokkal elkezdődött. Kiemelte, hogy ez egy kezelendő kérdés, melyre átfogó műszaki megoldások egyelőre nem léteznek. Egyes helyeken különböző méretű kavicsok folyóba engedésével igyekeznek kompenzálni a szintváltozást, valójában azonban 400 kilométeres szakaszon kellene orvosolni a problémát.

Mészáros szintén hangsúlyozta, hogy nem csak a vízlépcsőket kell okolni a medereróziós folyamatokért. Állítása szerint a fő ok, hogy az elmúlt 100 évben jóval több hordalékot kotornak ki, mint amennyi természetesen keletkezik. A Dunába a környezetéből érkező kövek, kavicsok mennyisége tehát lecsökkent, köszönhetően az építési és egyéb ipari célból történő sok 100 millió tonnás kitermelésnek. A vízlépcsőket követő hordalék-kimosódás kapcsán még megemlítette, hogy az erózió redukálása érdekében sok helyen a fenékküszöb jelent megoldást.

Végül előadónk néhány téveszmét igyekeztek eloszlatni.

Ujhelyi Géza cáfolta a bős-nagymarosi vízlépcsőt ellenzők egyik állítását, miszerint az ivóvízkészlet tönkremenne. Erre vonatkozóan egy, a szlovák tudományos akadémia konferenciáján bemutatott vizsgálatra hivatkozott. Az anyag szerint 60 kútban végeztek kísérleteket a duzzasztások előtt és után, és a mért eredményeket nem befolyásolták ezek a folyamatok.

Dr. Mészáros Csaba pedig a Duna-kanyar földrengésveszélyével való riogatást utasította vissza, továbbá elmondta, hogy még ha történne is hasonló, és az ott található vízlépcső egyszerűen funkcióját vesztené, az érkező árhullám Budapesten kevesebb, mint egy méter lenne.

A vízgazdálkodási szakember Dr. Mosonyi Emilt idézve hangsúlyozta, hogy a bős-nagymarosi vízlépcső a „rendszerváltás trójai falova”, és ideje lenne ezen túllépni. A politikusoknak be kellene látni, hogy a tabuként való kezelés már lejárt dolog, itt az ideje reálisan beszélni a vízlépcsők ügyéről.

A közönség kérdései és hozzászólásai

A fórum utolsó blokkjában a közönség kapott szerepet. A hallgatóság tagjainak lehetősége nyílt feltenni a kérdéseit, illetve hozzátenni egy-egy gondolatot az elhangzottakhoz.

Elsőként Dr. Reményi Károly akadémikus szólt hozzá a témához. Kifejtette, hogy gazdasági oldalról, főként válságosabb időszakokban azok a beruházások indokoltak, melyek aztán termelőként hasznot hoznak, és erre kiváló példák a vízerőművek. Energetikai oldalról sokat hangoztatott kifejezés a diverzifikáció, és ebbe bele kell

tartozzon a vízenergia-hasznosítás is. Az MTA tudósa szerint a vízerőműre, szénerőműre és atomerőműre együttesen kellene támaszkodnia Magyarországnak, és korlátozni a túlzottan támogatott megújulók térnyerését, hiszen azok esetében külföldi befektető viszi el a hasznot.

Schwardy Miklós, a Tiszai Erőmű korábbi vezérigazgatója hozzászólásában a kiépített csatornák kiemelkedő szerepét hangsúlyozta a Tisza és Duna vízszabályozásában, különös tekintettel az árhullámok kompenzálására. Számos gondolatot hozott a rendezvényre, melyeket az időkeret miatt nem tudott tolmácsolni, azonban a Szakkollégium honlapján elérhetőek.

Mácsai Tamás gépészmérnök hallgató Dr. Guti Gáborhoz intézte kérdését, mely szerint arra volt kíváncsi, hogy az ökológusok vizsgálták-e azt, hogy milyen károk lennének abban az esetben, ha nem épültek volna meg a vízlépcsők. Példaként említette a medermélyülést, vagy a vízvisszatartás hiányát.

Dr. Guti Gábor válaszában jelezte, hogy ilyen vizsgálatot nem végeztek, ezek az elemzések arra irányultak, hogy milyen módon tőkésíthetőek az okozott ökológiai károk. Egy adott területen lehet pénzbeli értéket rendelni az ott élő növényzethez, állatvilághoz, vagy akár rekreációs célú helyeken a turisztikai bevételek vehetőik alapul. Az így összeadott költségek már összehasonlíthatóak egy vízerőmű hasznosságával. A gemenci térségben például 3300 \$/ha-ral lehet számolni.

Az ökológus kifejtette, hogy a globális ökoszisztémát úgy kell tekinteni, mint egy repülőgépet, amiből az összes emberi beavatkozásra egy-egy csavar kiesik. Nehéz megmondani, hogy hol van az a határ, hány csavar eshet ki, amíg még biztonságban lehet vezetni a repülőt. Hangsúlyozta a tényt, hogy hasonló beruházások bizonyos fajok eltűnéséhez vezettek globális szinten, ez a tendencia ráadásul az utóbbi 100 évben felgyorsult. Olyan megoldásokat kell keresni, amelyekben a társadalmi és környezetvédelmi szempontok is érvényesülnek.

Dr. Mészáros Csaba a kérdésre reagálva egy pozitív hatást emelt ki, mégpedig a Tisza-tó esetét. Ha nem lenne megvalósítva a szabályozás, nem alakult volna ki az az egyedi, egyre fejlődő élőhely. A gemenci térségre kitérve pedig elmondta, hogy szerinte az ottani vízhiányos állapot megoldására a vízlépcső építés mindenképp megoldást jelentene.

Ujhelyi Géza annyit tett hozzá, hogy ha e létesítmények valóban ilyen mérvű ökológiai problémát jelentenek, akkor Nyugat-Európában, ahol a folyószakasz nagy részét belépcsőzték, miért nem jelent meg ezt ellensúlyozó kényszerítő erő. Véleménye szerint túlzottak az aggodalmak ezen a téren.

Farkas Mihály vízépítő mérnök, a nagymarosi vízlépcső építésvezetője azt a sokat hangoztatott ellenérvet igyekezett eloszlatni, hogy a bős-nagymarosi vízlépcsőt a „sztálini gigantomania” jegyében akarták megépíteni. Kifejtette, hogy egy svájci cég már 1913-ban koncessziót kapott a Duna hasznosítására, 1935-ben pedig Bornemissza Géza, iparügyi miniszter előterjesztette egy lehetséges vízlépcső tervét Nagymarosnál. Hozzátette továbbá, hogy ismeretei szerint minden vízlépcsőnek kötelező része a hallépcső. Utoljára a létesítések kapcsán keletkező „mérgezett iszap” elméletét cáfolta, erre ugyanis sehol nem volt példa. Ráadásul a Tisza cianidszennyezésének elhárításában jelentős szerepet töltött be a kiskörei vízlépcső, hiszen az átöblítésnek köszönhetően mentették meg Szolnok ivóvizét.

A következő kérdést Szabó Mészáros Marcell, építőmérnök hallgató tette fel Dr. Gutí Gábornak. Arra volt kíváncsi, hogy létezik-e a Szigetközben olyan kompromisszumképes megoldás, mely a térség ökoszisztémájára is minimális káros hatást fejt ki.

Az ökológus válaszában kifejtette, hogy jelenleg igen kiterjedt az ágrendszer és sok esetben nincs közvetlen kapcsolat a főággal. A vízhozam 85%-a az üzemvíz csatornában áramlik, emiatt a főág vízszintje 2-3 métert csökkent, tehát mesterséges vízpótlás szükséges. Megindult egy lassú feliszapolódás, ami annak köszönhető, hogy a korábban kavicsfordalékú ráfolyások helyett homok kerül a helyszínre. A nagy vízhozamok irányában beszűkülési folyamat figyelhető meg, aminek eredményeképpen – jelen vízmegosztás mellett – a vizes területek kiterjedése lecsökkenhet. Példaként ismét a gemenci térséget hozta, ahol régen a Duna főága vezetett, a szabályozás miatt ezt levágták, és a folyamatos beszűkülés miatt helyenként már csak 10 méter széles az ág.

Dr. Mészáros Csaba is elmondta, hogy az öreg-Duna szabályozott meder, sokkal kevesebb vizet kap. Viszont kiemelte, hogy ha az összes víz ott menne, akkor is probléma lenne a holtágakkal. A Duna szigetközi részén szükséges volna fenékküszöb beépítése, ami korábban tervben is volt, de politikai vitákat követően nem valósult meg. Amennyiben megemelnék a vízszintet, a folyó ugyan lassabb lenne, de a holtágak összeköthetővé válnának, és az átöblítés is megoldott lenne. Jelenleg e célra időszakosan mesterséges árhullámokat keltenek.

Legvégül Hárosi Tibor, vegyészmérnök kérdezte meg, hogy léteznek-e új megközelítések, megoldások, hiszen előfordulhat, hogy a most tervezett technológiák már elavultak, és modernebb ötletekre volna szükség.

Dr. Mészáros Csaba a kérdésre reagálva elmondta, hogy a gépészetben lehet még potenciál, a turbinák hatásfoka esetleg javítható, valamint az ökológiai terhelésük csökkenthető. Azonban az, hogy egy technológiát száz éve találtak ki, még nem jelenti azt, hogy nem alkalmazandó.

Dr. Guti Gábor a környezetvédelmi károk csökkentésében látott javítandót, leginkább a hallépcsők hatásfokát kellene növelni.

Ujhelyi Géza szerint a vízerőművek területén sok új megoldás nincs, általában véve az energiatermelésben viszont sok fejlesztésre van szükség, itt kiemelten célzott az energiatárolási technológiákra.



11. ábra: A fórum hallgatósága

A visszajelzések alapján elmondható, hogy az Energetikai Szakkollégium elérte célját, és egy sikeres, előremutató rendezvényt zárhatott április 9-én, mely után a hallgatóság sok értékes információval gazdagodva, megalapozott véleménnyel indulhatott haza. A fórum talán az egyik első lépése volt annak a folyamatnak, melynek során előremozdul a magyar vízerő-hasznosítás ügye, hiszen egy ilyen, jelentős potenciállal rendelkező országban hiba azt tabuként kezelni.

**Baldauf Ákos,
Egri Tamás,
Kalló Péter**

Az Energetikai Szakkollégium tagjai