

IRODALOM

- Farkas István (2005): Termikus napenergia potenciál a mezőgazdaságban. *Energiagazdálkodás*. 46, 1, 3–7.
- Fülöp László – Szűcs M. – Zöld A. (2005): A napenergia passzív hasznosításának hazai potenciálja. *Energiagazdálkodás*. 46, 1, 8–13.
- Kaboldy Eszter (2005): A napenergia aktív hasznosításának hazai potenciálja. *Energiagazdálkodás*. 46, 1, 19–24.

- MEA (2001): *A megújuló energiaforrások bővítése, a megújuló energiafelhasználás növelése, Stratégiai terv program koncepciója*. Budapest
- Imre László – Bohoczky Ferenc (szerk.): MTA MEA (2006): *Magyarország megújuló energetikai potenciálja*. Budapest
- Pálffy Miklós (2004): Magyarország szoláris fotovillamos energetikai potenciálja. *Energiagazdálkodás*. 45, 6, 7–10.



A SZÉLENERGIA HELYZETE MAGYARORSZÁGON

Szalai Sándor

kandidátus,
Szent István Egyetem, Gödöllő
szalai.sandor@mkk.szie.hu

Gács Iván

kandidátus,
BME Energetikai Gépek és Rendszerek Tanszék
gacs@energia.bme.hu

Tar Károly

kandidátus,
Debreceni Egyetem Természettudományi
és Technológiai Kar Földtudományi Intézet
Meteorológiai Tanszék
tark@puma.unideb.hu

Tóth Péter

PhD,
Széchenyi István Egyetem
Műszaki Tudományi Kar
Környezetmérnöki Tanszék
tothp@sze.hu

Bevezetés

A szélenergia mint valódi megújuló energia ideális eszköz az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentéséért vívott harcban az antropogén éghajlatváltozás hatásainak elviselhető szinten tartásához. Így jelentősége többszörös: nemcsak csökkenti a szén-dioxid-kibocsátást, hanem energiaszegény régiókban olyan forrás, amely lényegében független a politikai helyzettől, más energiahordozók áraitól. Ennek, valamint helyenkénti nagy energiasűrűségének következtében, az utóbbi időben a használata rohamosan növekedett.

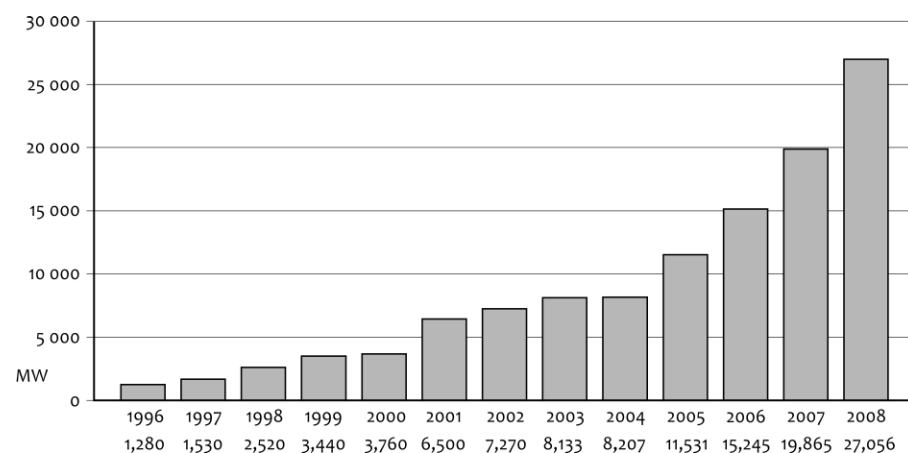
Az EU-ajánlásoknak megfelelően Magyarországon is nagy erővel folyik a megújuló energiák hasznosítása (Bíróné et al., 2009). Sajnos hazánk földrajzi helyzete miatt a megújuló energiafajták egy részéből a többi országnál csak kisebb potenciállal rendelkezik. Ilyen például a medencei jellegből adódóan a szélenergia is.

A földrajzi helyzeten kívül a szabályozási rendszer is nehezíti a szélenergia-hasznosítás magyarországi fejlődését. Több adminisztrációs akadály, a pontos lokális előrejelzések követelménye, azaz a napi és havi menetrendtől való eltérés büntetése csökkenti a szélerőművek nyereségét.

A szélerőművek jelentősen képesek csökkenteni a szén-dioxid-kibocsátást. Német vizsgálatok szerint egy 2 MW-os szélerőmű elkészítéséhez, felállításához, működtetéséhez, végül elbontásához az üvegházhatású gázok akkora kibocsátása szükséges, amennyit az erőmű nyolchónapos működtetésével ki lehet váltani. Az ezen felüli működési időben már csökken az üvegházhatású gázok kibocsátása.

Nemzetközi helyzet

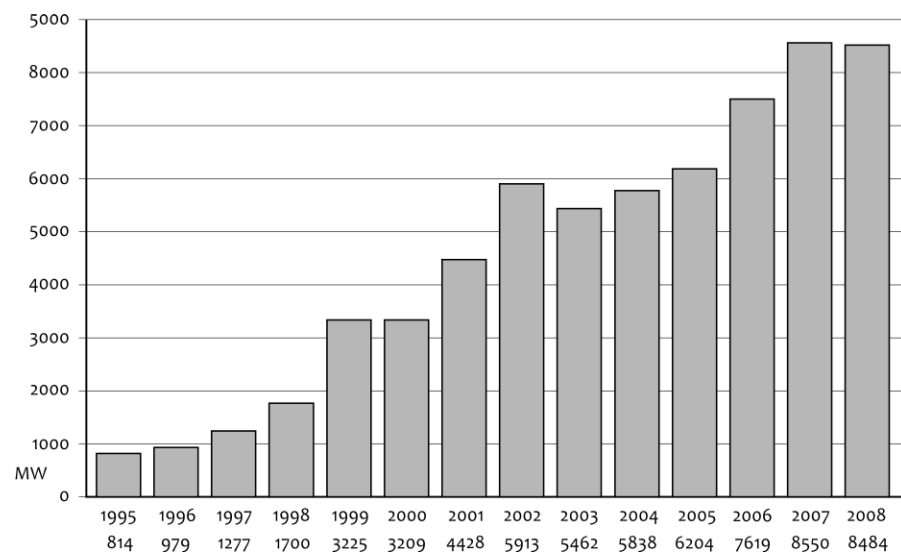
A szélenergia hasznosítása világszerte dinamikusan fejlődik. Például az USA-ban 27,2 GW a szélerőmű-kapacitás (ebből 2008-ban telepített 8,4 GW), Németországé 23,9 GW



1. ábra • A világban évente beépített szélerőmű-teljesítmény MW-ban (GWEC-adat)

(ebből 2008-ban 1,7 GW), Kínáé 12,2 GW (2008-ban telepítette a felét). A világon évente üzembe helyezett kapacitást az 1. ábra mutatja, míg ugyanez Európára a 2. ábrán látható. A megújuló energiák közül 2008-ban a szélenergiából ruháztak be messze a legtöbbet a kontinensünkön (1. táblázat).

Figyelemreméltó, hogy míg néhány évvel ezelőtt az évenkénti európai telepítés többszöröse volt az észak-amerikaiak és nagyságrenddel több az ázsiaiaké, addig 2008-ban a három kontinens lényegében hasonló teljesítményt létesített. A világ többi részében létrehozott szélerőmű-teljesítmény a fenti három



2. ábra • Évente Európában beruházott szélerőmű-teljesítmény MW-ban (Forrás: EWEA)

Az erőmű típusa	Teljesítmény (GW)
Szél	8,484
Gáz	6,932
Olaj	2,495
Szén	0,762
Víz	0,473
Biomassza	0,296
Egyéb	0,149
Nukleáris	0,060
Összesen	19,651

1. táblázat • A 2008-ban, Európában beépített erőmű-teljesítmények (Forrás: EWEA, http://www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/documents/statistics/2008_wind_map.pdf, Platts Power Vision)

régióhoz viszonyítva elenyésző. Európában a fejlesztési környezetet kedvezően befolyásolja az Európai Unió döntése, amely pontos ütemterv szerint egyre nagyobb arányban kívánja az energiát megújulókból előállítani, és amely döntést Magyarországnak is figyelembe kell vennie.

A magyar helyzet

A külső feltételeknek megfelelően a hazai kapacitás is jelentősen emelkedett (3. ábra), csak 2007-ben torpant meg a fejlődés (4. ábra). A termelt villamos energia mennyisége pedig 2005 után ugrásszerűen megnövekedett (5. ábra).

A szél nagy térbeli változékonysága miatt egy átlagosan nem nagy szélességű térségben is előfordulhatnak jelentős sebességnövekedések (6. ábra). Ezért kell erőmű-telepítés esetén mindig helyi méréseket is végezni.

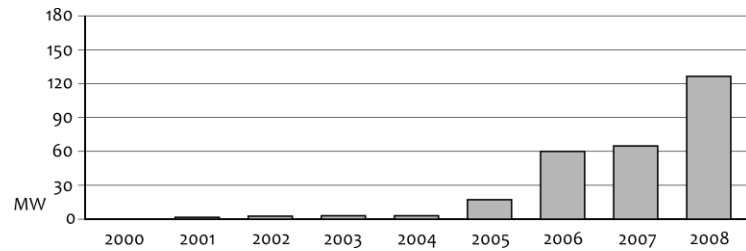
Sajnos a hazai szabályozási környezet éppen ebben az időszakban jelentősen megnehezítette a beruházásokat. Bonyolódott a szélerőművek engedélyezési eljárása (2005-

ben). Szélerőmű létesítéséhez 2 MW (védett természeti területen 200 kW) teljesítménytől kezdve kötelező a környezetvédelmi engedély. 2010-ig 330 MW-ban maximálták az előállítható szélenergia mennyiségét (2006). Ez abban az időben történt, amikor már több mint 1100 MW teljesítményre történt igénybejelentés. A korlátozás hivatalos indokaként rendszerirányítási problémát jelöltek meg. A bizonytalan gazdasági környezet jelentősen visszafoghatja a befektetői kedvet, ami a jelen adatokon (3-5. ábra) még azért nem látszik, mert az építési folyamat időigényessége miatt a most üzembe álló erőművek engedélyeztetése a fenti akadályok fellépte előtt indult el. De később ez jelentős visszaesést okozhat (Tóth, 2009). 2009-ben sikerült további 410 MW-ra pályázatot kiírni.

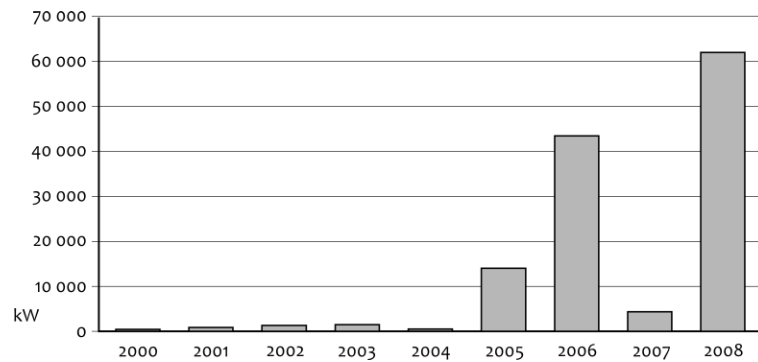
Magyarország szélklimája, a szél mint meteorológiai elem jellemzői

A szél nagyon változékony meteorológiai elem. Ez érvényes irányára és nagyságára is. Magyarországon a szélesség éves átlaga 2-4 m/s között van (a felszíntől 10 m magasságban). Meg kell jegyezni, hogy a meteorológiai célú és az energetikai célú szélességmérés feltételei eltérőek. A meteorológiai szélességnek inkább nagyobb környezetre kell reprezentatívnak lennie, míg az energetikai célú inkább a lokálisan nagy szélességű helyeket keresi. Ezért van az, hogy a meteorológiai szélérésekre alapozva külön energiaszámtási módszert dolgoztak ki (a legerjedtebbet, a WAsP-módszert lásd alább). Magyarországon úgy választottak energetikai mérőhelyeket, hogy az elektromos hálózat leggyakoribb és legnagyobb kárt szenvedett helyein, oszlopokra helyeztek mérőműszereket.

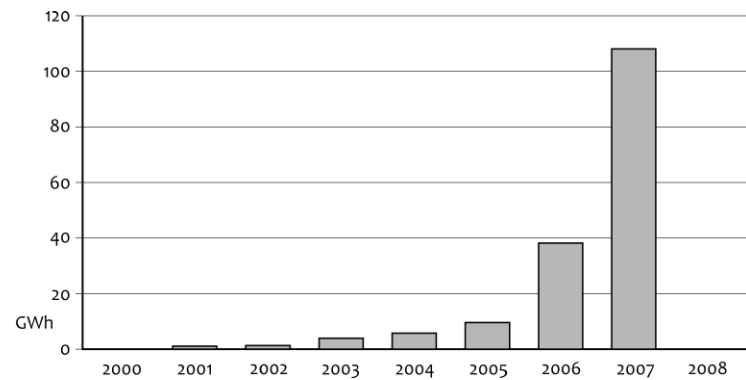
Másik probléma, hogy hosszabb idejű szélérés a felszínhez közelebb áll rendelkezé-



3. ábra • Kumulált telepített szélenergia-kapacitás Magyarországon 2008 végéig (71 erőmű, 12,7 MW 2008 végén) (Forrás: www.msztet.hu)



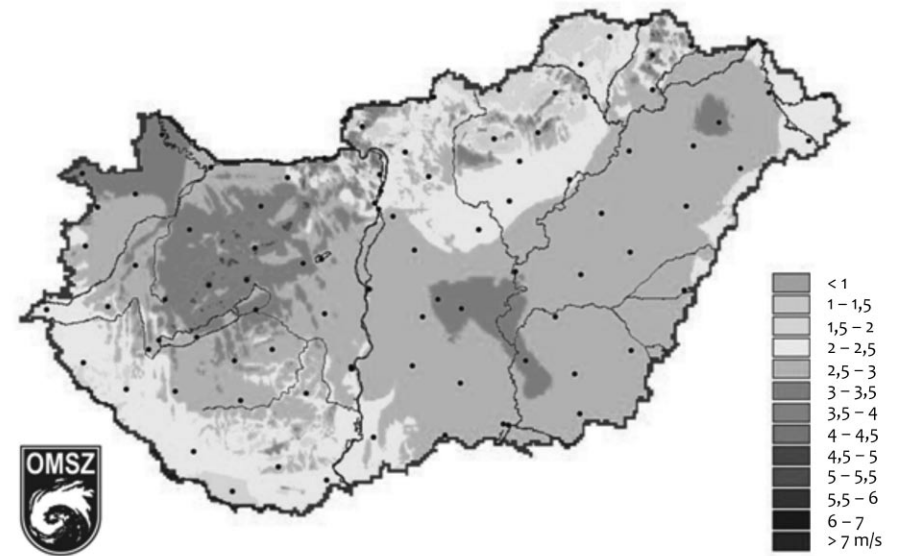
4. ábra • Évente installált szélenergia-kapacitás Magyarországon (Forrás: www.msztet.hu)



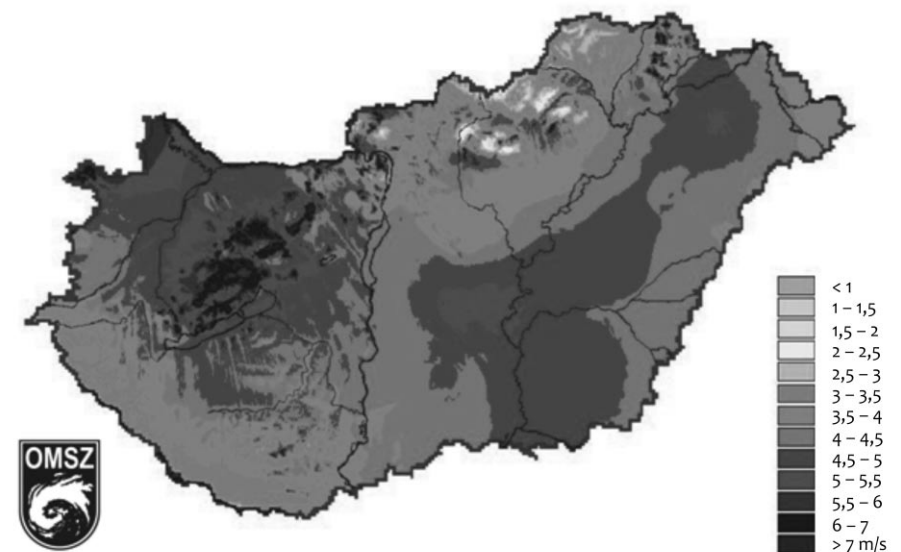
5. ábra • A szélenergia-termelés mennyisége évente, 2007 végéig (Forrás: www.msztet.hu)

sünparkok, meteorológiai állomásokon (ott a javasolt szabvány-magasság 10 m), míg általában a szélsebesség a magassággal nő. Ennek pontos meghatározása is nehézséget okozhat.

A sebesség magasságtól való függéséből kifolyólag elvileg a minél nagyobb tengelymagasság adja a nagyobb hasznot. Ám az állvány költségei és a biztonsági problémák csökken-



6. ábra • Az éves szélsebesség 10 m-en, statisztikai módszerrel interpolálva, 0,1 m érdességgel számolva (Major, 2005)



7. ábra • Az éves szélsebesség 75 m-en, statisztikai módszerrel interpolálva, 0,1 m érdességgel számolva (Major, 2005)

tésének a költségei optimalizálják az állványmagasságot. Az aktuális nemzetközi tendenciák a nagyobb teljesítményű turbinák és magasabb tartóoszlopok irányába mozdultak el. Magyarországra általában a kb. 100 m magasság ajánlható. Egy másik hazai szempont: a szolgáltatott energia ingadozásait elkerülendő, célszerű lenne megvizsgálni egy kisebb tengelymagasságú, de stabilabb szélességű (az ún. *inflexiós magasságban* elhelyezett) turbina gazdaságosságát a magasabb, de nagyobb napi termelésingadozást mutató szélerőművekkel szemben (Tar, 2007, 2008b).

A potenciális szélenergia a szélesség köbével arányos, ezért hosszabb időszak (például egy nap) szélesség-átlagából nehéz becsülni. A rövid ideig tartó szélökések pedig a nagy tehetetlenségű turbinára nincsenek hatással. Ezért az energetikai számításokhoz a szélesség optimális időintervallumának a 10 percet szokták tekinteni.

A szél turbinák általában 2,5–3 m/s sebességnél indulnak be, de ha a szélesség meghalad egy kritikus értéket (22–25 m/s), akkor a szél erőt leállítják, hogy ne károsodjon a generátor. Tehát az értékes szélességi tartomány a két érték között, de inkább a felső határhoz közel van. A szélenergia termelése szempontjából a konstans, nem túl erős szél az ideális, főleg amelyik az irányát is alig változtatja.

Számítási módszerek

Amint említettük, a meteorológiai állomások méréseiből az EU-ban elfogadott szélenergia-számítási módszer a dán Risø laboratórium által készített WAsP-modell (Wind Atlas Analysis and Application Programme). A modell szerint a regionális alapáramlást a környező domborzat, a felszín érdessége és a műtárgy körüli akadályok határozzák meg.

Mivel a meteorológiai mérések már tartalmazzák a zavaró tényezőket, így azokból ezek hatásait kiszűrve kapjuk meg az alapáramlást. A szél erőt tervezett helyén pedig éppen ellenkező módon, ugyanezeknek a tényezőknek az adott helyre vonatkozó értékei fogják az alapáramlást módosítani. A modell nem szélességet, hanem annak eloszlását számítja a szélirányai szerint, és egy-egy pontban irányonként adja meg a szélesség eloszlását. Ezek összege adja az egy ponthoz tartozó szélenergia-potenciált (Radics, 2004).

Egy NKTH-projekt keretében az Országos Meteorológiai Szolgálatnál (OMSZ) megkísérelték a szél erőt a meteorológiai állomások adataiból statisztikai módszerrel interpolálni, ami azért nagy vállalkozás, mert a lokális tényezők erősen módosítják mind a szélességet, mind a szélirányt. Ezért a térképek térbeli felbontása nem jobb, mint 0,5'×0,5', mert ez alatt már a lokális hatások miatt jelentős eltérések lehetnek (6–7. ábra).

Az OMSZ-nél azt is vizsgálták, hogy dinamikus modellszámításokból lehetne-e szélenergia-vizsgálatokat végezni. A válasz lényegében pozitív, itt azonban a felbontással még nagyobb problémák vannak. Az eredeti modellszámítás 8–10 km-es felbontású, amit különböző módszerekkel 2 km-re javítanak. Ez azonban a szél térbeli változékonyságát figyelembe véve meglehetősen durva közelítés, amire még rákódnak a modell hibái.

Félreértésre adhat okot, hogy nagyobb időtávra számítva a sebesség eltérései kicsik. Azonban a számításoknál a harmadik hatvány miatt nem lehet nagy időátlagot használni, ami a különbségeket megnöveli. Ráadásul a hatványozás miatt irróalisan magas a szélcsend gyakorisága a szél erőt művek működési magasságára történő becslésekben, ezáltal a Hellmann-módszer rendszerint alulbecsli az

átlagos szélességet. A helyi, expedíciós jellegű mérések tehát a pontos vizsgálatokhoz elkerülhetetlenek (Dobi et al., 2006).

Ugyancsak a meteorológiai állomások szél méréseit használják a Debreceni Egyetem Meteorológiai Tanszékén a szélenergia irány szerinti eloszlásának, napi menetének vizsgálatára, mennyiségének az időjárási helyzetektől függő becslésére. A legnagyobb energiájú szélirányok a szél turbinák telepítésénél, a napi menetben megfigyelhető periódusok pedig a rendszerirányítás számára jelenthetnek információt (Tar, 2008a).

Magyarország szélklimájának pontosabb feltárásához mindenképpen szükség lenne szélprofilvizsgálatokra, toronymérésekkel vagy a légköri hullámok visszaverődéséből a szélességre következtető műszeres mérésekből. Ezen utóbbiakból Magyarországon expedíciós céllal a hanghullámokkal működő, ún. SODAR-t alkalmazzák (Varga et al., 2006). Toronymérésekhez a legmagasabb ilyen építmény a paksi mérőtorony, ahol a közeli atomerőt mű hatása sajnos az épület felőli szegmensben megfigyelhető. Ezek az adatok azonban alkalmasak arra, hogy az ún. inflexiós magasság (ahol a szélességnek, a potenciális szélenergiának nincs szignifikáns napi menete) meghatározását szolgáló módszert kidolgozzuk, és azt a SODAR-mérésekre is alkalmazzuk. A 2000–2001. évi paksi toronymérések alapján készült a 8. ábra, amely szerint itt ebben az időszakban az inflexiós magasság 50–60 méter körül található. Más magas tornyoknál az adott torony hatását csak több szél mérő üzemeltetésével lehetne megoldani, ami eddig még nem sikerült. E mérések pontos elvégzése több helyütt az országban alapvetően fontos lenne a hazai szélenergia-potenciál jobb meghatározásához (Tar, 2009).

A szél erőt telepítésből kizárt területek

Az első magyar szél erőt engedélyeztetése több évig tartott. Az esztétikai és turisztikai következményekről ma is folyik a vita. Az alábbiakban felsoroljuk azokat a területeket, ahol tiltott, vagy gyakorlatilag nem engedélyeztethető nagy teljesítményű szél erőt mű:

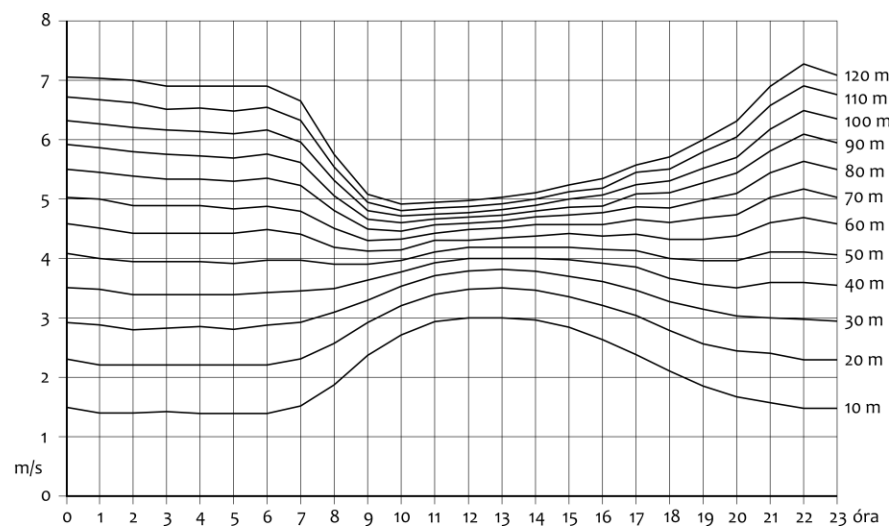
- települések belterületei,
- nagyobb tavak vízfelületei és ezek közvetlen környezete,
- nagyobb folyók és árterek,
- védett területek (nemzeti parkok, tájvédelmi körzetek, természetvédelmi területek, helyi jelentőségű területek),
- vasútvonalak és környezetük,
- közutak és környezetük,
- nagy- és középfeszültségű vezetékek közvetlen környezete,
- meredek lejtésű területek.

Ez az ország területének mintegy 60%-át kizárja a szél erőt telepítésből.

Meglevő és lehetséges környezeti problémák

A szél erőt művek által okozott környezeti problémák közül általában a zaj és a madarakra való hatás az ismert. Hazánk az EU tagjaként a közösségi jogszabályokat, az ún. *Acquis Communautaire*-t, azaz a Közösségi Vívmányokat beépíti jogrendjébe, és azok végrehajtásáról gondoskodik. A szél erőt művek telepítésénél e nemzetközi, valamint a hazai jogszabályok előírásait is fokozottan érvényesíti.

Esztétikai hatás • A szél erőt mű tornyok, amelyek közül a jelenleg telepítésre tervezettek meghaladják a 100 m-es oszlop magasságot, művi jellegű tájelemek, amelyek a domborzati és felszínborítottsági adottságoktól is függően akár 20 km távolságból is észlelhetők, domináns tájalkotó elemekké válnak. Vizuális hatásuk megfelelő elhelyezéssel csökkent-



8. ábra • A szélesség átlagos óránkénti menete különböző magasságokban paksi toronymérések alapján (2000–2001).

hető, elviselhetővé tehető. Táj- és természetvédelmi szempontból az egyszerű, funkcionális szerkezet, a tájba illesztett, (felfelé haladva a zöldtől az égszínkébe váltó) festés felel meg a legjobban. A szerkezet kialakítása is csökkenti az érzékelt hatást. Magyarországon a szélörvényeket hosszú, csonka kúp alakú acéltornyokra szerelik, melyeket esztétikusabbnak találunk.

Felvillanás, árnyék-vibrálás hatás • Szélörvénytelepnl figyelhető meg az ún. diszkóeffektus. A napfény periodikus visszaverődése szükségessé teszi a hely gondos kiválasztását és a lapátfelületek kialakításának optimális megválasztását. Szórt fény, felhős égbolt esetén a hatás jelentéktelenné válik. A teljes mértékben előre kiszámítható hatás kiküszöbölése a szélfarm tervezésének egyik feladata (Tóth, 2009; Bíróné et al., 2009).

Zajhatás • A korai szélörvények zajosak voltak, a jelenleg működők csendesek. Az észlelt zajterhelés lehet mechanikai és aerodinamikai eredetű. A mechanikai zaj (ilyen

például a fogaskerék-áttétel és a generátor működése során keletkező hang) a modern erőművekben minimális. Az ilyen zaj csökkenthető áttétel nélküli hajtóművel, speciális áttétekkel és generátorokkal, továbbá hangszigetelő borítással.

Az aerodinamikai zajt a hajtóműről és szárnyakról leváló légáramlatok okozzák. Ez nagymértékben függ a lapátok alakjától, különösen a lefutó rész és a lapát csúcsának kialakításától, továbbá a turbina forgási sebességétől, de az áramlástechnikai zaj mérsékelhető a lapátok szögállásának változtatásával. Ez azért fontos, mert kis szélességen a kisebb háttérzaj miatt az emberek kényesebbek a szélörvény okozta zajra.

Az aero-akusztikai kutatás egyre halkabb lapátokat fejleszt a repülőgépiparból átvett anyagok használatával. A szélörvény hanghátasának térbeli változása látható a 9. ábrán (Tóth, 2007). A rotorlapátok forgása által keltett zaj a szél erősödésével fokozódik, és ezt nem mindenki tűri egyformán. A zaj a

lapátok anyagának változtatásával, halkabban működő sebességváltóval és a gondola zajszigetelésével csökkenthető.

Alacsony frekvenciás zajok • Több esetben panaszkodtak, hogy a szélörvények fejfájást, álmatlanságot, állatok esetében produkciósökkenést okoznak. Felmerült az a lehetőség, hogy a kevésbé kutatott alacsony frekvenciájú (1–5 Hz) hullámok élettani hatásairól lehet szó, de a hatások leírásánál szubjektivitás is feltételezhető. Az eddigi vizsgálatok szerint a szélörvények hallható és alacsonyfrekvenciás zaja egyaránt a megengedett küszöbérték alatt van, azonban további vizsgálatok szükségesek a jelenség kutatására (Tóth, 2007).

Jegesedés • Hazánkban kevésbé jellemző a lapátokra ráakadó jég forgáskor történő letörése, ami veszélyes a környezetre.

Ökológiai következmények (zajon kívül)

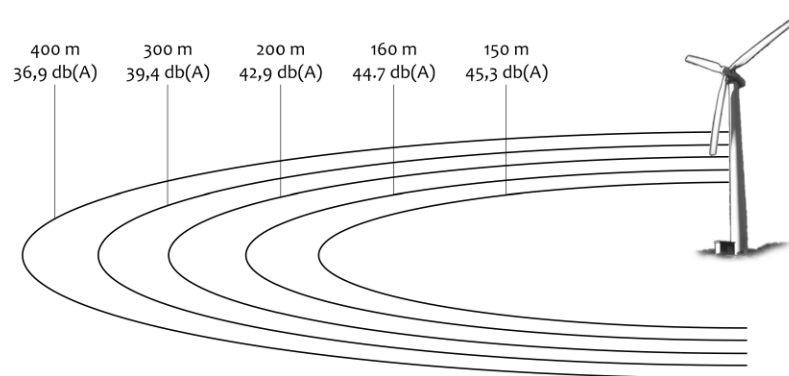
A növényvilágra való hatás a létesítés és üzemeltetés során történő pusztítás. Közvetlen fizikai kontaktus a madarakkal van. A vélemények eltérőek, vannak erősen negatívak, de akadnak pozitívak is. A madarak rotorlapátok általi elpusztítása jórészt elkerülhető, ha a szélörvényparkok létesítésekor figyelembe

veszik a madárvonulások útvonalát. Az biztos, hogy a forgó lapátok sok madár pusztulását okozták (bár érdekes módon a villanyvezetéseket nem kívánják leszereltetni, pedig a magasfeszültségű vezetékek veszélyesebbek a madarakra). Vitatott, hogy mennyire tudnak a madarak alkalmazkodni a forgó rendszerhez. Vannak megfigyelések arra nézve, hogy a madarak alkalmazkodni tudnak a szélörvényekhez. Van irodalom arról is, hogy egyes madárfajok mintha jobban szeretnék a szélörvények környezetét, mint más területeket, de ezeket a cikkeket is kritikával kell fogadni.

A szélörvények gazdaságossági kérdései

Európában 1 MW szárazföldi szélenergia átlagos befektetési igénye 1,23 M EUR (2006-ban, minden költséget beleszámítva). Ebből a turbina 76%, a hálózatra való csatlakozás 9%, az alap 7%. A többi rész a terület, az ellenőrző rendszerek stb. A szélörvények előállításának költségei hosszú távon csökkentek, kivéve az elmúlt néhány éves időszakot. Európai szinten az 1 MW feletti teljesítményű turbinák adták 2007-ben a piac több mint 95%-át.

A beruházás gazdaságosságát elsősorban a szélviszonyok és az azokból levezethető évi kihasználási tényező (óraszám) határozzák



9. ábra • Szélörvények zajhatása a hallható hangtartományban

meg. Magyarországon a kihasználási tényező átlagosan 20% körül van, ami 1600–1700 órát jelent évente. Ez az érték szelesebb, tengerparti területeken elérheti a 30%-ot, ami évente 2500 órának felel meg.

A gazdaságosságot a közgazdasági és adminisztratív környezet is erősen befolyásolja: a hitel kamatlába, a létesítmény megalkotásához és üzemeltetéséhez szükséges egyéb környezeti és adminisztratív kívánalmak.

Alapvetően eltérő a szélenergia gazdasági megítélése a vállalkozói, illetve a nemzetgazdasági szemléletmód szerint. A vállalkozói gazdaságot javítja a termelt villamos energia magas átvételi ára (a beépített támogatás mértéke), ami nemzetgazdasági szempontból nem bevételt, hanem kiadást jelent. Befolyásolják a gazdaságosságot az átvétel különböző feltételei, például az előrejelzések pontossága, az eltérések befolyása az átvételi árakra.

A közvetlen költségek mellett figyelembe kell venni az országra és a villamosenergia-rendszerre gyakorolt közvetett hatásokat is. Ezek közül a legfontosabb a szén-dioxid-kibocsátás csökkentése, amelynek a szén-dioxid-tözsde aktuális (jelenleg 20 EUR/t körül mozgó) áraival számított értékét jóvá lehet írni. A szén-dioxid-megtakarítás a megtermelt villamos energia mennyiségével és a kiváltott fosszilis eredetű villamos energia fajlagos kibocsátásával határozható meg. A döntően fosszilis erőművekből felépülő villamosenergia-rendszerben azonban korrekcióba kell venni a szélenergia terhelésvaltozásait kiegyenlítő erőmű hatásfokromlása miatti többletkibocsátást.

Közvetett előny a szélenergia létesítése és üzemeltetése révén bekövetkező munkahelyteremtés. Az Európai Szélenergetikai Szövetség (EWEA) 2008. évi becslése szerint ez Európában több mint százezer többlet-

munkahelyet jelent. Ebből száz jut Magyarországra (Gács, 2009).

Előrejelzés – a működés során előállított energia rövid távú előrejelzése

A megújuló energiák termelésében szükséges a rövid távú előrejelzés. Ez a szélenergia esetében nagyon fontos kívánalom. Jelenleg a dinamikus modelledmények alapján viszonylag jó, de az energetikai kívánalmak nehezen megfelelő pontossággal tudjuk megmondani a termelhető energia mennyiségét. Jelentős hibát okozhat, hogy az előrejelzést (a modell szempontjából) pontszerűen kell elvégezni. Célszerű lenne a területi meghatározottság, mert így az előrejelzés pontossága ugrásszerűen javulna (Tóth, 2009).

Ismeretes, hogy átlagos napi menetét tekintve éjjel a legerősebb a szél a rotor magasságában, ami nem kedvez az energetikai kívánalmaknak (8. ábra). Az általános gyakorlat szerint a szélesség magassággal való változását a Hellmann-kitevővel írjuk le. A kitevő megválasztása jelentősen kihat az energetikai számításokra, és értéke az ország területén eltérő. Ezért mindenképpen javasolt helyi mérések elvégzése (Tar, 2009).

A szélenergetika európai jövője, hosszú távú előrejelzés

A szélenergia felhasználása még a szakemberek elgondolásait is magasán túlszárnyalta. Az EU 1997-es, a megújuló energiákról szóló *Fehér könyve* 2010-re 40 GW szélenergia előállítását tűzte ki célul. Ezt 2005-re teljesítették. A fejlődést látva, az Európai Szélenergetikai Szövetség (EWEA) már 2000-ben módosította ezt a célt 50%-kal, 60 GW-ra, majd 2003-ban újabb 25%-kal 75 GW-ra. Az EU bővülése miatt még egy változtatás vált szükségessé, így jelenleg a 2010-es cél 80 GW,

míg a 2020-as 180 GW. Ez energiatermelés szempontjából 177 TWh 2010-ben (5%) és 477 TWh 2020-ban (11,7%). 2030-ra az összenergiatermelés 21,2%-a lesz szélenergia. Ennél még nagyobb arányok is előfordulnak egyes dokumentumokban. Az eltérések oka egyrészt az, hogy a kontinens nyugati részén a fejlődés már elsősorban a kisebb turbinák nagyobbakra és magasabbra való kicserélésével történik, míg a középső és keleti területeken még sok a lehetőség új szélenergia telepítésére. Ennek a tendenciáját részben a közgazdasági mutatók, részben a technológia határozza meg. Az egyre jobban előrejelezhető, de irányíthatatlan szélenergia ugyanis nem feltétlenül ott és akkor keletkezik, ahol szükséges lenne a felhasználása. Ezt tárolással és a rendszerek egyesítésével próbálják áthidalni, de mindkettő növeli a költségeket.

Összefoglalás

A szélenergia jövőbeli szerepének meghatározásához további meteorológiai és gazdaságossági vizsgálatok szükségesek. Meteorológiai szempontból több, feladatorientált (a szélenergetikai számítási paraméterekre irányított és optimalizált) mérésre lenne szükség, míg

gazdaságosság szerint egyre több tényezőt kell bevonni a finanszírozási elemzésekbe. Ide értendők a szélenergia időbeli változékonysága okozta bizonytalanságai, illetve az ezt kiváltó más erőművek költségei is. Kívánatos lenne energetikai és meteorológiai szakemberek egyeztetése arról, hogy milyen tér- és időbeli felbontásban lehet energiaelőállítás menetrendet adni, amely még elfogadható az energetikusok számára, elég pontos az előrejelzés szempontjából, de a szélenergia előállítását jelentősen csökkentheti.

Mivel Magyarország üvegházgáz-kibocsátási és megújuló energiára vonatkozó nemzetközi vállalásai csak a szélenergia felhasználásával teljesülhetnek, mindenképpen meg kell vizsgálni az előállítható szélenergia 330 MW-ban maximált értékének kérdését, illetve megbízható politikai környezetet kell létrehozni a szélenergia-termelés számára. Ez összeköthető az utóbbi időben gyakran hangoztatott és a Parlament által egyhangúlag elfogadott Nemzeti Éghajlatváltozási Stratégiával is.

Kulcsszavak: *szélenergia, megújuló energia, környezeti hatások, gazdaságosság, szélenergia-potenciál*

IRODALOM

- Bíróné Dr. Kircsi Andrea – Dr. Tóth P. – Dr. Bulla M. (2009): *A szélenergia-hasznosítás legújabb magyarországi eredményei*. Környezet és Energia Konferencia Debrecen, 2009. május 8–9.
- Dobi Ildikó (szerk.) (2006): *Magyarországi szél- és napenergia-kutatás eredményei*. OMSZ, Budapest
- Gács Iván (2009): *Gondolatok a szélenergiáról és a pénzürről*. Kézirat.
- Európai Szélenergia Társaság honlapja: www.ewea.org
Magyar Szélenergia Társaság honlapja: www.mszt.hu
- Major György (2005): *Negyedik szakmai beszámoló a 2005. január 31. határidővel elvégzett feladatairól*. Projekt tartama 2002–2005.

- Radics Kornélia (2004): *A szélenergia hasznosításának hazai lehetőségei Magyarországon: hazánk szélklímája, a rendelkezésre álló szélenergia becslése, modellezése*. Doktori disszertáció, ELTE Meteorológiai Tsz., Bp.
- Tar Károly (2007): *Diurnal Course of Potential Wind Power with Respect to the Synoptic Situation*. Időjárás. III, 4, 261–279. (Abstract: www.met.hu)
- Tar Károly (2008a): *Energetic Characterization of Near Surface Windfield in Hungary*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 12, 250–264. DOI: 10.1016/j.rser.2006.05.007.
- Tar Károly (2008b): *Some Statistical Characteristics of Monthly Average Wind Speed at Various Heights*.

Renewable and Sustainable Energy Reviews, 12., 1712–1724. DOI: 10.1016/j.rser.2007.01.14.

Tar Károly (2009): *A magyarországi szélenergia potenciál meghatározásának megoldandó problémái*. MTA Környezettudományi Elnöki Bizottság Energetika és Környezet Albizottsága részére

Tóth Péter (2007): *Szélenergia-zajemissziója*. Előadás a Széchenyi István Egyetem Környezettudományi Konferenciáján, 2007. nov. 9.

Tóth Péter (2009): *A magyarországi szélenergia-hasznosítás legújabb eredményei*. Előadás a XIV. Országos

Energiatakarékossági Konferencia és Ausztriai Energiatakarékossági Szakvásáron. Sopron, 2009. február 26–27.

Tóth Péter – Bíró Dr. Kirsi Andrea (2009): *A szélenergia-hasznosítás környezetvédelmi és területfejlesztési összefüggései, követelményei*. Környezet és Energia Konferencia. Debrecen, 2009. május 8–9.

Varga Bálint – Németh P. – Dobi I. (2006): *Szélprofilvizsgálatok eredményeinek összefoglalása*. In: Dobi Ildikó (szerk.): *Magyarországi szél- és napenergia-kutatás eredményei*. OMSZ. 7–20.



A VÍZENERGIA-HASZNOSÍTÁS SZEREPE, HELYZETE, HATÁSAI

Szeredi István

a műszaki tudomány kandidátusa
Magyar Villamos Művek Zrt.
iszeredi@mvm.hu

Alföldi László

a földtudomány doktora,
nyugalmazott főigazgató
VITUKI

Csom Gyula

a műszaki tudomány doktora
BME Nukleáris Technikai Intézet
csom@reak.bme.hu

Mészáros Csaba

műszaki doktor
BME Vízépítési és Vízgazdálkodási Tanszék
meszaros@vit.bme.hu

Bevezetés

A tanulmány a vízenergia-hasznosítás helyzetével és szerepével kapcsolatban a tények és a látható trendek számbavételére vállalkozik. Ma a vízenergia *primer energiaforrásként* a világban megújuló forrásból előállított villamos energia többségét biztosítja, *rendszer szabályozási eszközként* pedig a megújuló energia hasznosítások rendszerbe illesztésének legki-forrottabb eszköze.

Ezzel szemben a magyar gyakorlat lényegében nemlétezőként kezeli a vízenergiát. A tárgyilagos helyzétfelmérés kísérlete sem mindig mentes a szélsőséges megnyilvánulásoktól. A szakma háttérbe szorult és hallgat. A tapasztalatok és ismeretek hiánya mellett vélelmek, feltételezések keverednek a bulvársajtó eszköztárával. A tények iránt a fogadókészség sem látszik biztosítottnak. A rendszerváltás után húsz évvel megengedhetetlen, hogy a hazai vízenergia kérdése kizárólag politikai ügy legyen elfogulatlan szakmai elemzés nélkül.

Elfogadhatatlan, hogy a mai magyarországi villamosenergia-fogyasztás 10–12%-át kitevő hazai vízenergia-potenciál energetikai hasznosításáról úgy mondjon le az ország, hogy e lemondást nem alapozta meg energetikai, környezeti, vízgazdálkodási, hajózási, mezőgazdasági, gazdasági, nemzetközi jogi stb. szempontokra kiterjedő, tudományos igényű, komplex vizsgálat. Az sem indokolható, hogy a megújuló forrásból termelt villamos energia részarányának előirányzott növelésében a villamosenergia-fogyasztókra és a lakosságra valószínűleg a legkisebb gazdasági terhet hárító vízenergia-hasznosítás még vizsgálat tárgyát sem képezi. A vízenergia hasznosításának kérdésében több mint fél évszázada nem készült átfogó vizsgálat, pedig a műszaki, gazdasági és környezeti feltételek megváltoztak. A megalapozott, racionális álláspont kialakításához le kellene lépni a vélelmek, feltételezések és emlékek bázisáról. *Tudományos igényű, komplex vizsgálatokra van szükség.*