



# SZÉLKERÉK- KERINGŐ

▷ SZÖVEG ÉS FÉNYKÉP: MUNKÁCSY BÉLA–SOHA TAMÁS–CSONTOS CSABA

Minden erőfeszitésem ellenére sem tudtam hitelesen viszonzni Steffen Flämig, az egymás szomszédságában álló négy szélturbina tulajdonosának nyugtató szándékú mosolyát, miközben az apró felvonó segítségével araszoltunk felfelé a 140 m magas acéltorony gyomrában. Szorult helyzetemen cseppet sem segített a biztonsági heveder és a sisak szorítása, a halovány megvilágítás és a szerkezeti elemeket tartó szegecsek ropogásának nyomasztó összjátéka



**M**után a lift percekig tartó útjának végére ért az egyre szűkülő járatban, még két létrán kellett magasabbra mászni a gépház bejáratáig. A halkán duruzsoló váltószerkezet és generátor mellett vezetett az út a tetőn lévő csapóajtóig. Bátorság, ez már a végállomás! – gondoltam magamban, miközben lassan kidugtam a fejem a szabad levegőre, ám nem volt időm felkészülni az arcomtól alig pár méterre hirtelen elszáguldó, húszemeletes ház magasságával vetekedő óriáslapátok okozta élményre. Az első meglepetés után kissé megnyugodva már feltűnt a falu, az erdőfolt, a szántó és rajta az aprónak tűnő traktor. A negyvenöt emeletnyi magasságban lévő gépházból a környező tájra lepillantani egyszerre volt félelmetes és lenyűgöző.

## MÚLTBÓL A JELENBE

Németország szászországi részének természeti adottságai sok tekintetben hasonlóak a hazaiakhoz, ám itt a kormányzat némileg másképp áll a megújuló energiaforrásokhoz... Csak a szelet nézve, e legkevésbé szeles keletnémet tartományban jelenleg 1208 MW (csaknem 2,5 paksi blokknyi) teljesítmény áll rendelkezésre. Csak hogy jobban érzékelhető legyen: ez 1 km<sup>2</sup>-re jutó teljesítményben kifejezve Szászország esetében 65,6; hazánkban alig 3,5; míg ugyanez a mutató a Berlin környékén elterülő Brandenburgban 237 kW/km<sup>2</sup>!

Vajon mivel magyarázható ez az óriási különbség? Hol tart az energetikai átalakulás, milyen a megújuló és különösen a szélenergia helyzete Németországban?

Bár napjainkban magától értetődőnek tűnik a három kecses lapáttal szerelt acéltorony koncepciója, a 19. század második felében megjelenő korai, villamosenergia-termelésre épített konstrukcióktól ugyanúgy elakadt volna a szavunk. 1887-ben épült az első ilyen berendezés Skóciában, ám annak még

**A szél erőművek száma és összteljesítménye ugyancsak évről évre gyarapodott: utóbbi mára 540 GW körüli, ami immár 40%-kal haladja meg az atomerőművek hasonló összesített mutatóját.**

fügőleges tengelye volt. Több mint százéves fejlődése során újabb és újabb elképzelések valósultak meg, így építettek már négy- vagy éppen egy lapátos változatot, beton- vagy fémváz oszlopokra szereltet, hegytetőn vagy tengeri self-területen állót és megannyi mást. Egyre nagyobb teljesítményükkel és hatékonyságukkal párhuzamosan kristályosodott ki a műszaki tartalom és nőtt az oszlopok magassága. A szél erőművek száma és összteljesítménye ugyancsak évről évre gyarapodott: utóbbi mára 540 GW körüli, ami immár 40%-kal haladja meg az atomerőművek hasonló összesített mutatóját.

A szél turbinák ma már a német tájnak is szerves részét képezik. Annak érdekében, hogy a környezetre, a tájra a lehető legkisebb káros hatással legyenek, számos vidéken tájtervezéssel foglalkozó irodák vették kezükbe a turbinatelepítések ügyét.

Egy Mülsen melletti kisebb szél farmon járunk, ahol három nagyobb, 140 m-es és egy 100 m-es, toronymagasságú berendezés sorakozik. Az egyik nagy gép melletti parkolóba gördülünk be, de már az útról észrevesszük a közvetlen közelben manőverező ragadozó madarakat, így rögtön rátérünk a madárütkezések, illetve a madarak zavarásának problémájára. Kiderül, hogy a turbinák helyének meghatározásakor már eredendően figyelembe vették ezt, ezért ez itt nem okoz sem érzékelhető ökológiai problémát, sem komoly üzemeltetési fennakadást. Csupán a párzasi időszakban van szükség a szél erőművek háromnapos leállítására, és ezzel mindaddig sikeresen megelőzhetőek voltak a balesetek.

Ám ez nem volt mindig ilyen kézenfekvő. Az 1980-as években, amikor a természetvédelmi oldal még nem volt kiemelten fontos telepítési kérdés,

### AZ ÉRCHEGYSÉG DÉLKELETI LANKÁIN

BÁR A CSEH OLDAL BŐVELKEDIK SZÉLTURBINÁKBAN, AZ ORSZÁG MÉGSEM TARTOZIK EURÓPA ÉLMEZŐNYÉBE, EZEK ÖSSZKAPACITÁSA A HAZAIVAL VETHETŐ ÖSSZE. A KÜLÖNBSÉG ABBAN REJLIK, HOGY AMÍG NÁLUNK 2011 ÓTA NEM TELEPÍTETTEK ÚJ SZÉLTURBINÁT, ADDIG OTT A KAPACITÁS 42%-KAL BŐVÜLT

### AZ ÓRIÁS „FEJÉBEN”

SZERENCSÉRE A VILÁG LEGNAGYOBB SZÉLTURBINAGYÁRTÓJA, A DÁN VESTAS A HAGYOMÁNYOS, HOSSZABB GÉPHÁZZAL SZERELI AZ ERŐMŰVEIT, ÍGY AZOK KELLŐEN TÁGASAK AHHOZ, HOGY AKÁR KISEBB SÉTÁT IS TEHESÜNK BENNÜK

**Csak a szelet nézve e legkevésbé szeles keletnémet tartományban (Szászország) jelenleg 1208 MW (csaknem 2,5 paksi blokknyi) teljesítmény áll rendelkezésre.**

FOTÓ: STEFFEN FLÄMIG



előfordult, hogy a szélturbinákat értékes természeti területekre, sőt egyenesen a madárvonulás útjában emelték. E problémát sokfelé – így a hírhedt kaliforniai Altamont-hágónál – csak fokozta, hogy a mezőgazdaság jelentős mennyiségű rágcsálóirtó szert juttatott a környezetbe, ami a ragadozó vagy dögező madarak szervezetében felhalmozódott, és az idegrendszeri károsodás révén valóban jelentősen hozzájárult a madár–szélerőmű-konfliktus elmélyüléséhez.

Mára viszont világossá vált, hogy madarászszakemberek és geográfusok bevonásával kijelölhetők olyan helyszínek, ahol elhanyagolható a madárpusztulás vagy a -zavarás mértéke. Ezzel is magyarázható, hogy a híres brit madárvédő szervezet, a Royal Society for the Protection of Birds ma már a szélerőművek egyik legfontosabb támogatójaként lép fel, hiszen számukra is világos, hogy az áramtermelés számos technológiája közül a szélerőművek okozzák a legkisebb környezeti terhelést és természetvédelmi problémát.

De mi a helyzet a zajhatással? A gépészeti berendezések folyamatos fejlesztésének köszönhetően jelentősen csökkent a modern szélturbinák zaja: a lapátok mellett áramló levegő hangja is inkább csak lágy suhogásra emlékeztet. A lakott területektől 500 méteres védőtávolságon túl telepített szélturbina felől érkező 38 dB-es hangnyomásszinthez képest a normálbeszéd 60 dB, ám a fejünk mellett közvetlenül működő hajszárító zúgása már 90 dB erejű!

**Mára világossá vált, hogy madarászszakemberek és geográfusok bevonásával kijelölhetők olyan helyszínek, ahol elhanyagolható a madárpusztulás vagy a -zavarás mértéke.**

#### BIZTOS LÁBAKON

DÁNIÁBAN TAVALY 44% VOLT A SZÉLENERGIÁBÓL, 2% A NAPELEMEK ÁLTAL ELŐÁLLÍTOTT IDŐJÁRÁSFÜGGŐ VILLAMOS ENERGIA RÉSZARÁNYA, ENNEK ELLENÉRE NEM OMLOTT ÖSSZE A KÓRHÁZAK ENERGIAELLÁTÁSA, HANEM A VILÁG EGYIK LEGMAGASABB SZÍNVONALÚ, LEGBIZTONSÁGOSABB SZOLGÁLTATÁSÁT NYÚJTJÁK A FOGYASZTÓK SZÁMÁRA

FÖLDGÖMB VILÁGLÁTÓ A TREND FM-EN  
CSÜTÖRTÖKÖNKÉNT 16.35-KOR.  
A RÁDIÓBAN VENDÉGÜNK A TÉMÁRÓL:  
**MUNKÁCSY BÉLA**

**TREND FM** 94.2  
Gazdaság és Kultúra

KORÁBBI MŰSORAINK MEGHALLGATHATÓK:  
[WWW.TRENDFM.HU](http://WWW.TRENDFM.HU)

#### AZ ÓRIÁS „LÁBÁNÁL”

SEM A MADARAKAT, SEM AZ EMBER FÜLÉT NEM BÁNTJÁK MÁR A JÓL MEGTERVEZETT, GONDOSAN TELEPÍTETT SZÉLTURBINÁK. AZ ÓRIÁSOK KÖZVETLEN KÖZELÉBEN LENNI MAGYARKÉNT MÉG MINDIG KÜLÖNLEGES ÉS RITKA ÉLMÉNYNEK SZÁMÍT...



#### SIKERES ÓRIÁSOK ÁRNYÉKÁBAN

A mülseni szélturbinák hatalmasnak tűntek, akár lentről néztünk fel, akár a tetejéről lefelé, pedig még csak nem is tartoznak a legnagyobbak közé, sőt már műszaki szempontból sem a legkorszerűbbek, elvégre már négy éve vannak üzemben – ami a szélenergetikában hosszú időnek számít. A fejlesztés ma elsősorban az időjárástól való függőség okozta kihívások

megoldására, a villamosenergia-rendszerbe való illesztés elősegítésére koncentrálnak. Így egy modern szélturbina már kezelni képes a frekvenciaingadozásokat, a rendszer igényeihez igazodva ki- és bekapcsolható, sőt a beépített szuperkondenzátoroknak köszönhetően kiválóan korrigálja a hirtelen szélesebbé váló változásokat is.

A leghosszabb lapát manapság 88,4 méteres (~30 emeletnyi méretű), a legerősebb berendezéseket pedig tengeri környezetben helyezik üzembe, ezek már elérik a 12 MW-os teljesítményt. A gyártó adataiból kiindulva, egyetlen ilyen gép 60 000(!) energiatudatos háztartás villamosenergia-igényét képes fedezni.

**A fejlesztés ma elsősorban az időjárástól való függőség okozta kihívások megoldására, a villamosenergia-rendszerbe való illesztés elősegítésére koncentrálnak.**



A méretek növekedésével együtt járó kellemetlen következmény, hogy az efféle szélenergiák vásárlása ma már messze meghaladja nemcsak egy háztartás, de a külföldön igen elterjedt energiaszövetkezetek lehetőségeit is. Ez tehát távolodást jelent a decentralizációtól és az ehhez ezer szálon kapcsolódó energiademokráciától, amit nehéz lenne pozitív folyamatként leírni. A helyi közösségek kirekesztésével párhuzamosan egyre több helyen megfigyelhető, hogy az érintett lakosság kifejezetten támadja az újabb szélenergiák megjelenését.

Sőt, mintha a tájvédelem sem állna a helyzet magaslatán – gondolhatnánk az autópálya mellett sorakozó szélenergiaparkok és napelemezűk láttán. Ám az autópályák vidéke pont az a már súlyosan átalakított tájképi környezet, ahová szélenergiákat érdemes telepíteni. Mindazonáltal a szélenergiák fejlesztésének fontos iránya épp a külső megjelenés, amivel igyekeznek elfogadhatóbbá tenni e hatalmas berendezéseket. Így a legnevesebb német szélenergiagyártók is olyan cégeket kérnek fel a formatervezésre, mint a Porsche Design Centre, amely a DeWind részére fejleszt; vagy a sztárpítész, Norman Foster tervezőirodája, ami az Enercon partnere.

Ennek ellenére egyre nehezebb, sőt mondhatjuk, hogy ezeknél a berendezéseknél már lehetetlen a tájba illesztés. Nem véletlen, hogy az elmúlt évtizedben a szélenergiák telepítése a tengerek felé toldott el, ahol jóval kevésbé érvényesül a tájképzavar hatásuk, ráadásul a nagyobb szélesség miatt a kihasználtságuk is legalább 50%-kal jobb, így a megtérülés is sokkal gyorsabb.

#### TESZT A LELKE MINDENNEK!

A KIS ÉS KÖZEPES MÉRETŰ SZÉLGENERÁTOROK EGYIK TESZTHELYSZÍNÉN IS JÁRTUNK. EZEKNEK A BERENDEZÉSEKNEK A NÉPSZERŰSÉGE EURÓPA EGYES ORSZÁGAIBAN – FŐKÉNT DÁNIABAN – KIEMELKEDŐ. SAJNOS, HAZÁNKBAN EZEK ELTERJEDÉSÉT NEMCSAK A KEDVEZŐTLENEBB SZÉLKLÍMA, DE A SZABÁLYOZÁSI KÖRNYEZET IS AKADÁLYOZZA

**A méretek növekedésével együtt járó kellemetlen következmény, hogy az efféle szélenergiák vásárlása ma már messze meghaladja nemcsak egy háztartás, de a külföldön igen elterjedt energiaszövetkezetek lehetőségeit is.**

## ÚJ SZELEK FÚJNAK?

**A nap- és szélenergiák ára elképesztő mértékben zuhan, így a német kormányzat radikálisan csökkentette támogatásukat. Ennek ellenére az autópályák mellett hatalmas naperőműtelepek épülnek, a háttérben pedig szélenergiák lapátjai forognak...**

#### SZÉLMALMOK: AHOL A MÚLT ÉS A JÖVŐ ÖSSZEÉR

AZ ÁRAMTERMELŐ SZÉLGENERÁTOROK SOK ÉVTIZEDES MŰLTÁR TEKINTENEK VISSZA. UGYANAKKOR A SZÉLENERGIA HASZNOSÍTÁSÁNAK AZ EGYIK LEGTÖBB TANULSÁGGAL SZOLGÁLÓ TERÜLETE A MALOMIPAR, HISZEN OTT A TERMELÉST A SZÉL JÁRÁSÁHOZ KELLETT IGAZÍTANI. A LEGKORSZERŰBB, ÜGYNEVEZETT „OKOS” (SMART)-ENERGETIKAI MEGOLDÁSOK EGYIK LÉNYEGE UGYANEZ, VAGYIS A NAGYOBB ENERGIÁIGÉNYŰ FOGYASZTÁS IDŐBELI ELCSÚSZTATÁSA, HOZZÁIGAZÍTÁSA A VÁLTOZÓ, DE JÓL ELŐREJELEZHETŐ TERMELÉSHEZ – AHOGYAN EZT A NÉMET VEGETÁRIUM IS EGYRE TÖBB TERMELÉSI FOLYAMATNÁL A GYAKORLATBA ÜLTETI

Bautzen felé haladva, az autópálya melletti nagyfeszültségű légvezetékek mind egy irányba, a távolban látszó hatalmas hűtőtornyok és füstölgő kémények felé tartanak. A széntüzelésű erőművek még itt is szép számban termelik a villamos energiát. Életben maradásuk csak az évtizedek óta folyósított hatalmas kormányzati támogatásnak köszönhető – valamint annak, hogy a környezetben okozott károkat az erőmű üzemeltetői csak részben vagy egyáltalán nem fizetik

meg. E torzított árversenyben nem csoda, hogy korábban a megújuló energiaforrások is csak az állam támogatásával hasznosultak gazdaságosan. A nap- és szélenergiák ára azonban elképesztő mértékben zuhan, így a német kormányzat radikálisan csökkentette támogatásukat. Ennek ellenére az autópályák mellett hatalmas naperőműtelepek épülnek, a háttérben pedig szélenergiák lapátjai forognak, mintha csak a szén millió tonnájában mérhető mennyiségben emésztő füstökádók utolsó kormos leheletét várják.

Egyelőre azonban még várniuk kell, mert a német energiafordulat az atomerőművek bezárásával az elmúlt években a széntüzelés szerepének megerősödését hozta magával – még ha ideiglenesen is.

Az energiafordulat egyik fő hátráltatója az energiatárolásban és az okosrendszerek fejlesztésében felgyűlt sokéves lemaradás.



## ENERGIATÁROLÁS-KIHÍVÁS

Markersbach térségében ezért egy szivattyús energiátárolót célunk meg. E megoldás lényege, hogy amikor olcsón elérhető a villamos energia (mert például jelentős a napelemek és szélenergia termelése, ám kicsi a fogyasztás), nagy mennyiségű vizet szivattyúznak egy magaslati víztározóba, amit aztán csúcsidőszakban leengednek, vagyis 20–25%-os energiavesztés árán néhány órányi vagy egy-két napos időtartamban tárolják az energiát. Ez a technológia jelenleg jóformán egyeduralg, hiszen a meglévő tárolókapacitás 99%-át biztosítja a világban.

A probléma Németországban ismét csak geográfiai jellegű, hiszen az igazán jelentős szélenergia kapacitások a tengerhez közelebb sorakoznak, a szivattyús tározók viszont az ország déli részén, az Alpok előterében épültek ki. Erre a helyzetre kínál megoldást a Gaildorf térségében éppen most épülő szélenergia park, amely minden korábbinál magasabb, csaknem 180 m toronymagasságú szélenergia turbináival az ország déli tartományában is gazdaságosan képes áramot termelni, sőt a szélenergia turbinák – egy-egy kisebb-fajta szivattyús tározóval egybeépítve – arra is alkalmasak, hogy a megtermelt energia egy részét a helyszínen tárolják.

**Az energiátárolás problémája Németországban geográfiai jellegű, hiszen az igazán jelentős szélenergia kapacitások a tengerhez közelebb sorakoznak, a szivattyús tározók viszont az ország déli részén, az Alpok előterében épültek ki.**

### REGIONÁLIS TERVEZŐKÖZPONT ZWICKAUBAN

SZÁSZORSZÁGBAN AZ ENERGIATERVEZÉS MÁR ÉVTIZEDEK ÓTA TÉRINFORMATIKAI MEGOLDÁSOKRA TÁMASZKODIK. A SOKFÉLE SZAKEMBER BEVONÁSÁNAK KÖSZÖNHETŐEN AZ ELEMZÉSEKBEN A FENNTARTHATÓSÁG SZEMPONTJAI IS MAXIMÁLISAN ÉRVÉNYESÜLNEK, ÍGY A HATÓSÁGOK ÁLTAL ELŐRE KIJELÖLT TERÜLETEKEN A SZÉLTURBINÁK TELEPÍTÉSÉHEZ SZÜKSÉGES ENGEDÉLYEZTETÉSI ELJÁRÁS IS SOKKAL GÖRDÜLÉKENYEBBEN ZAJLIK

### ABSZTRAKT SZOBROK

A KISZÖLGÁLT SZÉLTURBINALAPÁTOK AKÁR KÖZTÉRI LÁTVÁNYOSSÁGOK, KIÁLLÍTÁSI TÁRGYAK IS LEHETNEK. MA MÁR A SZÁRAZFÖLDI TELEPÍTÉSRE SZÁNT BERENDEZÉSEK GÉPHÁZAI IS EGYRE MUTATÓSBABBAK, HISZEN EZEK FORMATERVÉT TÖBBSÉGÉBEN VILÁGHÍRŰ TERVEZŐIRODÁK KÉSZÍTIK



## VISSZA A MAGYAR VALÓSÁGBA!

Hazafelé tartva, az M1-es autópálya mentén álló szélenergia turbinákat nézve, mintha visszafelé haladnánk az időben. Itthon legutóbb 2006-ban adtak ki engedélyt szélenergia park létesítésére, utoljára pedig 2011-ben épült szélenergia turbinák! 2015 óta – a világon egyedülálló módon! – hazánkban törvény tiltja újabb szélenergia turbinák építését. Jelenleg összesen 172 szélenergia turbinák áll az országban, összteljesítményük 329 MW, mellyel az utolsók között kullogunk az európai rangsorban... Érdekes és tanulságos összevetés, hogy az egykori NDK területén a rendszerváltás óta a magánbefektetők és különféle tőkecsoportok pénzéből (tehát nem állami forrásokból!) kiépített szélenergia kapacitás meghaladja a 17 850 MW-ot!

Pedig Magyarország természeti adottságai lehetővé tennék még egy ennél lényegesen nagyobb szélenergia rendszer gazdaságos, biztonságos és tiszta működtetését is. Elemzéseink szerint a természetvédelmi szempontok szigorú alkalmazásával hazánk területének 6-8%-án lehetne szélenergia turbinákat telepíteni, ám ez a látszólag kicsi terület is 50-60 000 MW-ot lenne képes befogadni. Ez persze egy elméleti érték, amire egyelőre nincs is igény, másfelől pedig nem is lenne szerencsés ilyen mértékben egyféle technológiára támaszkodni.

A követendő út itthon is bizonyosan a hatékonyságjavítás, a tudatos fogyasztás, az okosrendszerek – az olyan megújuló energiaforrásokra támaszkodva, amely az európai energiarendszer részeként megbízhatóan és környezetkímélő módon, radioaktív hulladékoktól és hőszennyezésmentesen képes hozzájárulni energiaigényeink kielégítéséhez...



**MUNKÁCSY BÉLA**  
GEOGRÁFUS, OKLEVELES  
KÖRNYEZETMENEDZSER,  
AZ ELTE KÖRNYEZET- ÉS  
TÁJFÖLDRAJZI TAN-  
SZÉKÉNEK ADJUNKTUSA



**CSONTOS CSABA**  
DOKTORANDUSZ-HALLGATÓ  
(ELTE TTK), A MAGYAR  
ENERGIAHIVATAL 2017-ES  
ENERGIAKÖVETE



**SOHA TAMÁS**  
DOKTORANDUSZ-HALLGATÓ  
(ELTE TTK), ENERGIATER-  
MELŐK ÉS -TÁROLÓK  
TÉRBELI TERVEZÉSÉVEL  
FOGLALKOZIK