

Victor András

# SZÉLERŐMŰ-VÁLTOZATOK

WORLD PRESS PHOTO

2023-10-30 | **ESSZÉ, WORLD PRESS PHOTO**



## *A szélenergia*

A szél a megújuló energiafajták közé tartozik, gyakorlatilag „kifogyhatatlan”. A szél levegőáramlás; az áramlást pedig az hajtja, hogy két hely között légnyomás-különbség van. A „két hely” lehet egy ház vagy egy hegy két oldala, vagy ennél sokkal nagyobb

térség is, például egy kontinens közepe és pereme. A légnyomás-különbség úgy alakul ki, hogy az egyik helyen a napsugárzás hatására felmelegszik a levegő, a melegedéstől kitágul, a kitágulástól könnyebbé válik (azaz kisebb lesz a sűrűsége  $\text{g/cm}^3$ -ben kifejezve) és ezért emelkedik. Ahonnan fölemelkedik (vagyis „elmege”) a levegő egy része, ott „levegő-hiány” jön létre, csökken a légnyomás, ezért a szomszédos területekről megindul oda a levegő áramlása, vagyis a szél. A szél fúvásához tulajdonképpen a napsugárzás adja az energiát, tehát a szélenergia módosult napenergia.

Azért nevezzük „megújulónak” a szélenergiát, mert akármennyi fogy el a Földre érkező napenergiából, mindig ugyanannyi van belőle, hiszen a Naptól folyamatosan pótlódik.

## becsapós

Energia azonban nem a semmiből lesz, ezért elkerülhetetlen, hogy a folyamatos kisugárzás miatt a Nap „energia-raktára” csökken. A Nap saját energiája állandóan fogy. Viszont óriási tartalékai vannak, ezért csak évmilliárdos skálán válik számottevővé a csökkenés. A Nap energiatermelésének alapja, hogy az anyagát döntően alkotó hidrogénatomok hélium-atomokká egyesülnek – ezt hívják „magfúzióknak” –, s ebben a folyamatban csökken valamelyest a tömeggel rendelkező anyag mennyisége, cserébe viszont energia keletkezik (ami szintén az anyag egyik megjelenési formája). A magfúzió következménye az energia-sugárzás, meg az is, hogy folyamatosan csökken a Napban lévő hidrogén mennyisége. És a hidrogén nem képződik újra, márpedig az a Nap energiatermelésének forrása. A „megújuló” megnevezés tehát becsapós. Emberi léptékben mondhatjuk csak a napenergiáról – és a szélről mint átalakított napenergiáról –, hogy megújuló. Kozmikus léptékben, évmilliárdokban gondolkozva azonban „energia-megújulás” nem létezik, a Nap mint csillag energiaforrása valamikor elfogy.

### *A szélturbina működése*

A szélturbina működése alapján véve ugyanaz, mint a szélforgóé. Akár a szél fúj, akár mi szaladunk a forgóval, az áramló levegő ferde felülettel ütközik, amelytől nem tud „egyenesen” tovább haladni. A felület ferdesége miatt azonban az „egyenesen” hátrafelé tolásnak van egy kis „oldalra” tolás hatása is, ami viszont – a forgástengelyhez rögzítettség következtében – lényegében elforgatás. A szél szempontjából tulajdonképpen ez az elforgatás is eredmény, hiszen így mégiscsak folyamatosan előbbre halad – vagy másképpen: egyre hátrébb kerül a felület, amellyel ütközik.

A legelterjedtebb szélturbinák hatalmas – kb. 100 méter magas – oszlopon állnak, amelynek tetején három 50 méter hosszú lapát van. A lapátok súlya is óriási, egyenként 10 tonnát nyomnak, és üvegszál erősítésű speciális műanyagból készülnek. Messziről nézve ezek a lapátok szinte méltóságteljes lassúsággal forognak, 4-5 másodperc alatt tesznek meg egy fordulatot. Vagyis a percenkénti fordulatszámuk: 12-15. A forgás sebességét a fordulatszám mellett „szögsebességgel” is kifejezhetjük, vagyis megadjuk, hogy egységnyi idő alatt hány fokkal fordult el a lapát.

A szélturbinák tetején van egy dobozszerűség, a gondola, amely csak alulról látszik kicsinek, a valóságban a szerelők kényelmesen, felegyenesedve járkálnak benne. A gondola tetejére két műszert szerelnek: egy szélirány-mérőt és egy szélesebesség-mérőt. A széliránymérő villanymotor segítségével mindig a megfelelő irányba fordítja a turbinát. A szélesebesség mérése pedig azért fontos, mert 10 km/óra alatt nem érdemes működtetni a turbinát, 20 km/óra körüli az ideális szélesebesség, 90 km/óra fölött viszont biztonsági okokból – baleset- és törés-veszély miatt – az automatika leállítja a rendszert.

A lapátok tengelyének forgását a gondolában egy fogaskerék-áttétellel felgyorsítják 1000–2000 fordulat/perc-re, s így forgatják meg a generátor tengelyét. A generátor feladata átalakítani a forgási energiát elektromos energiává. Működési elve hasonló a dinamókhöz, amelyeket régen a biciklik lámpájához használtunk. Így működnek azok a zseblámpák is, amelyekben egy kar nyomkodásával lehet forgatni a beépített dinamó tengelyét.

## *Hova érdemes szélturbinát telepíteni?*

Olyan helyre, ahol elég magas a szeles napok száma. A tengerparti területek a legjobbak. A víz és a szárazföld ugyanis nem egyformán melegszik föl, illetve hűl le. A víznek kiemelkedően magas a fajhője (fajlagos hőkapacitása), vagyis nehezen melegszik. A tavaszi-nyári (napsütéses) félévben a szárazföld gyorsabban és erősebben melegszik föl, mint a tenger vize. Ezért a szárazföld fölötti levegő száll föl, s helyére a tenger felől áramlik a hidegebb levegő. Vagyis ilyenkor döntően a tenger felől fúj a szél.

### **a szükséges villamosenergia közel fele**

A nagy fajhő persze az őszi-téli (kevésbé napsütéses) évszakban is érvényes, vagyis a víz ekkor nehezebben hűl le, tehát jobban őrzi a meleget, mint a szárazföld. Ilyenkor az

előző fordítottja történik, vagyis az óceán fölötti levegő a melegebb, ezért ott nagyobb a feláramlása. Dániában a szükséges villamosenergia közel fele szélenergiából származik.

Van egy másik szempont, ami befolyásolja, hogy miként érdemes szélerőműveket telepíteni. Ugyanazon a helyen erősebb a szél magasabban, mint a talajhoz közel. Érdemes tehát a jelenleginél magasabb oszlopokra helyezni a lapátokat, s akkor azok még hosszabbak is lehetnek, vagyis két okból is megnő a termelt áram mennyisége.

## *Hol vannak hazánkban szélturbinák?*

Magyarországon az elsőt 2000-ben telepítették Inotán (a Bakony déli oldalán), a másodikat Kulcson (Dunaújváros környékén), s azután még jó néhányat. Elsősorban a Kisalföldön, a Bakony lejtőin és a Vértes vidékén találkozhatunk szélturbinákkal, mert ezek Magyarország legszelesebb részei. Ahogy fejlődik a szélerőmű-technika, egyre több vidék jön szóba, mint lehetséges terület. Úgy vélik a szakemberek, hogy az Északi Középhegységet leszámítva az ország teljes területe alkalmas szélerőművek telepítésére – ha nem is talajszinten, hanem 100–150 méteres magasságban.

Az utolsó szélerőművet Magyarországon 2011-ben telepítették Ikerváron (Sárvár szomszédságában). 2011 után – a fokozódó adminisztratív nehézségek miatt – sajnos nem épült újabb, s 2016 óta az érvényes jogszabályok szerint nem is létesülhet, ugyanis a kormány hozott egy rendeletet [(277/2016. (IX.15.)], melynek értelmében a települések „határától számított 12 km-en belül szélerőmű, szélerőmű park nem helyezhető el”. Mivel egyáltalán nincs az országban olyan terület, amely megfelelné ennek a kritériumnak, a rendelet gyakorlatilag megtiltotta a szélenergia – házi léptéket meghaladó – honi hasznosítását. Hazai és nemzetközi nyomás hatására felülvizsgálják a rendeletet.

### *A szélturbinák környezeti problémái*

A szélerőmű környezetbarát energianyerő eszköz. Ugyanakkor vannak környezeti szempontból is gyengeségei. Az egyik, hogy zajos. Nem is annyira a mechanikai szerkezetek hangjai miatt, hanem mert a lapátok surrognak. Ez minden – akár levegőben, akár folyadékban – gyorsan mozgó lapra, lemezre jellemző: bizonyos sebesség elérése esetén a lap (lemez) rezgésbe jön. Folytak kutatások, hogy a forgó lapátok peremének kialakításával hogyan csökkenthető ez a zaj, de figyelni kell a szélerőművek telepítési helyének meghatározásakor arra, hogy a lakott területektől megfelelő távolságban legyen.

### **elcsapják a madarakat**

Az is probléma, hogy a forgó lapátok sokszor elcsapják a madarakat. A veszély elkerülése érdekében alapszabály, hogy legalábbis a csapatosan vonuló madarak ismert útvonalába

ne telepítsünk szélturbinát. És fontos lenne olyan technikákat kidolgozni, amelyek elkerülő útvonalra készítetik a madarakat.

Komoly környezeti probléma az is, hogy az elhasználódott vagy megsérült lapátok szénszálás anyaga nehezen újrahasznosítható; az elégetésük viszont környezetvédelmi szempontból elfogadhatatlan.

### *Függőleges tengelyű szélturbina*

A már közismert lapátos – vízszintes forgástengelyű – szélturbinák hátrányainak elkerülésére keresik a fizikusok és mérnökök a szélenergia hasznosításának másfajta technikai megoldásait. Ilyen pl. a függőleges tengelyű szélturbina. A szél nyomóereje itt is forgást vált ki, amely végül ugyanúgy elektromos árammá alakul, mint a lapátosban. Előnye a függőleges tengelyű turbinának, hogy nem kell irányba fordítani; mindegy, merről fújja a szél. Ennél sokkal fontosabb pozitívuma, hogy míg a lapátos szélerőműveket 90 km/óra szélsébség felett le kell állítani, egy függőleges tengelyű turbina jóval 100 km/óra fölött is biztonságosan működhet.

Hátránya, hogy kisebb a teljesítménye. Ezt azonban bőven felülírja az előny, hogy míg a lapátos szélkerekeket már csak a méretük miatt is egymástól elég távolra kell telepíteni, a függőleges tengelyűeket akár egymáshoz egészen közel, csoportosan („falkában”) is lehet.

### *Forgás nélküli szélerőművek*

Érdekes módon mindenféle forgómozgás nélkül is lehet a szél energiáját elektromos árammá alakítani. Ennek fizikáját Kármán Tódor – a világhírű magyar fizikus – dolgozta ki. Alapja az ún. „örvény-leválás”. Ha áramló közegbe – legyen az levegő vagy víz – testet helyezünk, s az áramlás sebessége elér egy kritikus szintet, az álló test mögött egymással szemben forgó örvény-párok keletkeznek. Ezek az örvény-párok ritmikusan leválnak a testről, és továbbhaladnak az áramló gázzal vagy folyadékkal együtt, de helyükben azonnal új párok képződnek. Az örvény-párok – és azok ritmikus leválása – a testet rezgő mozgásra készíti. Ennek a rezgésnek a mechanikai energiáját megfelelő szerkezettel elektromos árammá lehet alakítani.

### **szinte bárhova**

Egy ilyen „lapát és forgás nélküli” szélerőmű úgy néz ki, mint egy sima – mondjuk ember-magasságú – hengeres oszlop. Csak az a furcsa, hogy ha működik, a felső része kicsit imbolyog, s közben kívül-belül rezeg. Rezgésével pedig áramot fejleszt. Látványra sokkal semlegesebb, mint egy óriási, forgó szélkerék. Sűrűn, egymáshoz közel és szinte bárhova, akár belvárosokba is telepíthető. Ez ellensúlyozza azt a hátrányát, hogy lényegesen kisebb a hatásfoka, mint a lapátos

szélturbinának. Környezeti hatása kicsi; például a madarakra nézve nincs semmiféle veszélye. Számottevő előnye az is, hogy már gyenge szél mellett is működik, s viszonylag egyszerű szerkezete miatt karbantartást alig igényel. Hátránya, hogy drága, speciális anyagokból kell gyártani, mert a hagyományos szerkezeti anyagok nem viselik el a hosszú időn keresztül, állandó rezgést.

\*

A Nap évezredek múlva is sugároz energiát a Földre, akkor is fúj majd a szél, ezért célszerű minél hatékonyabb technikákat kidolgozni a szélenergia hasznosítására, hogy minél inkább ezt a „megújuló” energiaforrást használjuk a fosszilis tüzelőanyagok helyett. Hogy kevésbé terheljük a Föld ökológiai rendszerét.

kép | Simone Tramonte: Nettó zéró átmenet

A megújuló energiák, az élelmiszer-termelés új technológiai és a körforgásos gazdaság a zöld átmenetre törekvő európai vállalatok körében kulcsfontosságú irányok. Az ember által okozott éghajlatváltozás az ENSZ Emberi Jogi Főbiztosának Hivatala szerint a természeti környezetet és a társadalmat fenyegető legnagyobb és legelterjedtebb probléma. Ezért az Európai Unió célokat határozott meg, hogy az üvegházhatást okozó gázok kibocsátását 2030-ig legalább 55 százalékkal, 2050-ig pedig nettó nullára csökkentsék. A fotós olyan innovatív technológiákat dokumentál, amelyek lehetséges utakat kínálnak e célok eléréséhez.

WORLD PRESS PHOTO kiállítás a Magyar Nemzeti Múzeumban  
2023. szeptember 22 – november 5.