

SZÉLERŐMŰVEK LESZERELÉSE ÉS ÚJRAHASZNOSÍTÁSA

Dr. Bodor Sarolta, Győrfi László Krisztián, Dr Hugyecz Attila – 2020. november 4.

Jelen írásunkat a szélérőművi berendezések leszereléséből keletkező anyagok újrahasznosításának szenteljük. Korábbi értékelésünkéből visszaidézzük, hogy a szélérőművek fő részei az alapzat, a torony, a generátorház és a rotor (lapátok és forgórész). Korábban már leírtuk azt is, hogy **egy 3,5 MW-os szélturbina alapzata 1500-2000 tonna, maga a szélturbina (torony+generátorház+rotor) 600 tonna**, a torony falvastagsága 150 mm körüli. Az alapzat teszi ki az erőmű tömegének $\frac{3}{4}$ -ét, a torony kb. 14%-ot, a generátorház 5%-ot, a rotor 4%-ot képvisel. Az alapzat jellemzően vasbeton, a felépítmény 90%-ban vas, acél, rozsdamentes acél.

Egy 3,5 MW-os szélérőmű megépítéséhez felhasznált anyagok

	Mérték- egység	Egy db 3,5MW-os turbina anyagszükséglete	Felhasználás területe
Beton	t	852-1446	Alapzat
Acél	t	375-462	alapzat, torony, generátorház, rotor
Polimerek	t	16	főleg kábelburkolat
Üvegszál / szénszál kompozitok	t	27-29	rotorlapátok (szénszállal és szőtt üvegszállal erősített epoxigyanta), generátorház-burkolat (üvegszállal erősített polietilén és sztirol)
Alumínium	t	1,8-5,6	torony, generátorház, kábelezés, elektronikai alkatrészek, trafótekercek
Bór	kg	0-21	állandó mágnesek
Króm	t	1,6-2,0	ötvözött acélokhoz
Réz	t	3,3-17,5	generátor álló és forgórész tekerceles, kábelezés, transzformátortekercsek
Diszprózium	kg	7-60	állandó mágnesek a generátorban és másutt (rögzítésre)
(Öntött) vas	t	63-73	állandó mágnesek, főtengely, sebességváltó, generátor
Mangán	t	2,7-2,8	ötvözött acélokhoz
Molibdén	kg	347-417	ötvözött acélokhoz
Neodímium	kg	42-630	állandó mágnesek a generátorban és másutt (rögzítésre)
Nikkel	kg	840-1540	ötvözött acélokhoz
Prazeodímium	kg	0-123	állandó mágnesekhez (neodímium mellett)
Terbium	kg	0-25	állandó mágnesekben a diszprózium helyettesítésére
Cink	t	19	torony korrózióvédelmére, egyes alkatrészek bevonatolására

Forrás: European Commission (2020): Raw materials demand for wind and solar PV technologies in the transition towards a decarbonized energy system alapján saját számítás

A szélenergia-ipar viszonylag fiatal, ezért a szélturbinák újrahasznosításában nagyon kevés a gyakorlati tapasztalat, különösen igaz ez a tengeri szélturbinákra vonatkozóan. A legtöbb szélturbina tervezett élettartama 20-25 év, esetleg egy kicsivel hosszabb. A szélturbinákban felhasznált anyagok többsége, például az acél, az öntöttvas, az alumínium és a réz nagyrészt újrahasznosítható. A szélturbina tömegének körülbelül 85-90%-a újrahasznosítható, beleértve a betonból készült részeket is (az alapzatot). A turbina legtöbb alkatrészének valós piaci értéke van, mivel értékes anyagokat tartalmaz (acél, alumínium és réz). Két alkatrész újrahasznosítása azonban kihívást jelent: ezek a ritkaföldfém állandó mágneseket tartalmazó generátorok és a lapátok.

Leselejtezés alatt álló szélturbinák



Forrás: npr.org

Generátorok

E téren jelenleg **a ritkaföldfémek újrafeldolgozási aránya kevesebb, mint 1%**, és az életciklusuk végét elérő **állandó mágnesek újrahasznosítása is nagyon korlátozott**. Az állandó mágneses generátorokban viszonylag nagy mennyiségben használt ritkaföldfémek, így a neodímium, a diszprózium és a prazeodímium a leszerelt szélturbinákból kivonhatók. **Megfelelően nagyszámú szélturbina leszerelésére azonban várhatóan csak 2030 után kerül sor, ezért** annak ellenére, hogy az állandó mágnesek és alkotóelemeik újrahasznosítása nagy gazdasági előnyökkel járhat, **jelenleg nincs olyan ipari léptékű folyamat, amely lehetővé tenné az elhasznált turbinák újrafeldolgozását**. A generátorokból és elektromos motorokból származó anyagok újrafeldolgozása az EU-ban jelenleg nem szabályozott, bár egyes tagállamok bejelentették szándékukat, hogy ezt nemzeti jogszabályaikba iktatják. Ma Európában az állandó mágneseknek nincs gyűjtő, válogató és szétszerelő rendszere, ami azt jelenti, hogy még nem biztosított az újrahasznosításra épülő, megbízható alapanyag-ellátás.

Kínában számos, az állandó mágnesek újrafeldolgozására irányuló projektet hagytak már jóvá, vagy már több ilyen projekt van folyamatban. Kína feltehetően arra törekszik, hogy megőrizze vezető pozícióját nemcsak az elsődleges, hanem a másodlagos ritkaföldfém-ellátás területén is.

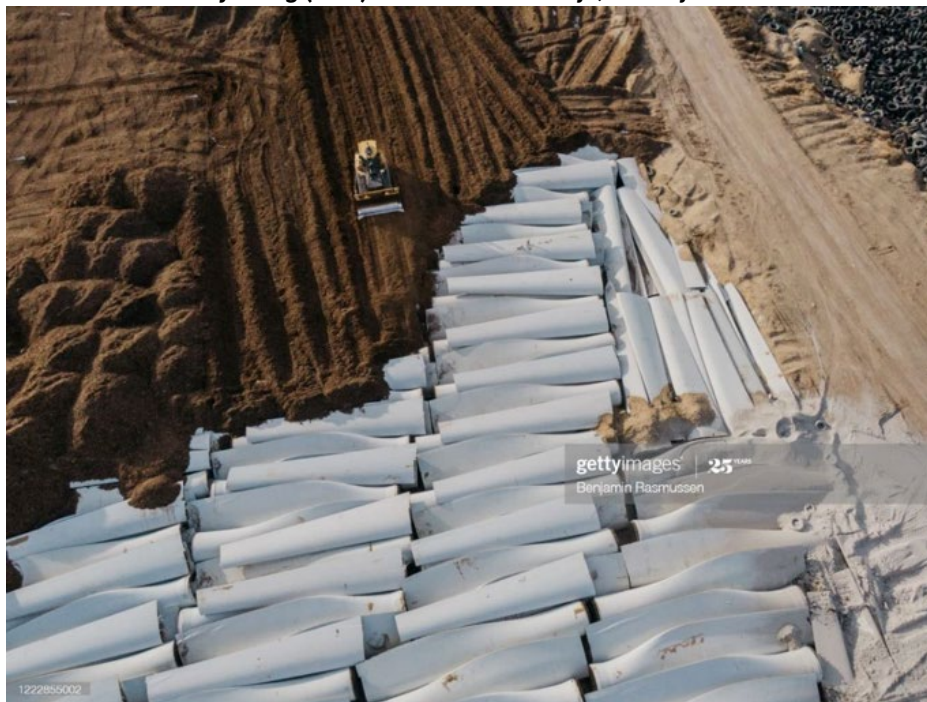
Szélturbina-lapátok

A szélturbinák első generációja most kezdi elérni élettartama végét, becslések szerint 2023-ig Európában 14 ezer szélturbina-lapátot szerelnek le. **Mivel a szélturbina lapátjainak újrahasznosítása ipari méretben jelenleg sem technológiailag, sem a gazdasági ésszerűség keretein belül nem megvalósítható, ma a lapátokat általában leselejteznek és szeméttelpre kerülnek**. A technológiai kihívás oka, hogy a könnyebb és tartósabb lapátok kompozit anyagokból készülnek, amelyek újrafeldolgozása speciális eljárásokat igényel, ugyanis a szélturbinák lapátjaiban használt üvegszál újrahasznosítása rendkívül bonyolult. Egy amerikai tanulmány¹ szerint a beépített szélenergia-kapacitás minden megawattja 9,6 tonna kompozit hulladékot jelent. Ma a szélenergia-ágazatban globálisan 2,5 millió tonna kompozit anyag van használatban.

¹ Arias, F., 2016. Assessment of Present/Future Decommissioned Wind Blade Fiber-reinforced Composite Material in the United States. City College of New York, New York, NY.

A gyakorlatban előfordul, hogy a szélturbinalapátok hosszabbak, mint egy Boeing 747-es szárnya, így ezeket először három részre vágják, hogy hulladéklerakókba történő szállításuk megoldható legyen. Méretükből adódóan nagytávolságú szállításuk esetén a szállítási költségek jelentősek. **További kihívás, hogy a hurrikán erejű szélnek való ellenállásra méretezett lapátokat nem könnyű kisebb darabokra törni,** újrahasznosítani vagy újrafeldolgozni. A hulladéklerakókba kerülő anyagokat szigorúan szabályozó Európai Unióban néhány lapátot kemencében vagy erőművekben égetnek el. Energiatartalmuk viszont alacsony, és az üvegszál égetése szennyezőanyagok kibocsátásával jár. Az Egyesült Államokban ezeket a lapátokat sokszor nemes egyszerűséggel föld alá temetik², egy ilyen eseményt mutat az alábbi kép.

Wyoming (USA) szélturbina-temetője, 2020. január



Forrás: gettyimages.com

Összefoglalva elmondható, hogy a szélerőművek esetében jelenleg – a naperőművekhez hasonlóan – még nem állnak rendelkezésre azok az ipari eljárások, amelyek révén biztosítható lenne a keletkező hulladék gazdaságos, környezetbarát újrahasznosítása. A szélerőművek esetében a problémát súlyosbítja, hogy a lapátok esetében a gyártás során olyan szempontokat (szilárdsági méretezés, méret) kell érvényre juttatni, melyek kifejezetten szembe mennek az újrahasznosítás szempontjaival.

Az utóbbi években számos K+F projekt indult a probléma orvoslására. Az EU LIFE+BRIO projekt bemutatta, hogy lehetséges a kompozitból kinyert hosszú szálak újrafelhasználása: (1) az egyik opció, hogy ezeket előregyártott betonelemek megerősítésére használjuk; (2) a másik, hogy a fennmaradó, szigetelő tulajdonságokkal rendelkező lapátanyagot építőanyag-ipari célra, szendvicspanelekben használjuk fel. E technológiák ipari méretű alkalmazása azonban még várat magára.

² <https://www.bloomberg.com/news/features/2020-02-05/wind-turbine-blades-can-t-be-recycled-so-they-re-piling-up-in-landfills>