

POTENCIÁLIS SZÉLENERGIA EURÓPÁBAN ÉS MAGYARORSZÁGON

Bevezetés

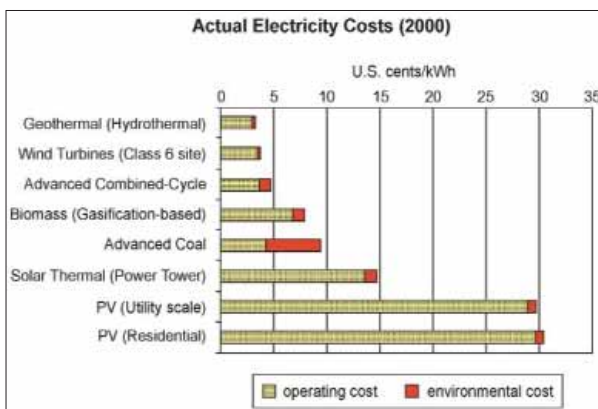
Az Európai Unió a 21. század első éveiben szélenergia nagyhatalomnak számított, mivel a világ teljes szélenergia kapacitásának 75%-a a 15 Uniós országban volt található. A legutóbbi adatok szerint az Unió még mindig tartja vezető helyét a világ kapacitásának több, mint 50%-ával. Igaz, hogy a legutóbbi években az USA, Kína és India nagyon az élre tört, de ezen országok területük kiterjedése miatt előnyben vannak Európa nagy népsűrűségű országaival szemben. A szél erőművek telepítésének másik előfeltétele a háttérpar, nevezetesen ki kell fejleszteni szél erőműveket gyártani képes üzemeket. Az Európán kívüli országok közül a fent említett országok rendelkeznek a szükséges háttérparral.

Az EWEA legutóbbi jelentése szerint Európában 2009. májusában 65 GW szél erőmű kapacitás állott rendelkezésre, legnagyobb része az Európai Unióban (News Release, 2009). Ugyanezen jelentésben szerepel Magyarország, ahol a szél erőmű kapacitás 177 MW. Összehasonlításképpen, a szomszédos Ausztriában a szél erőművek kapacitása kb. 900 MW. Ehhez azonban hozzá kell tenni, hogy Ausztria néhány éve még százszor nagyobb kapacitással rendelkezett, mint hazánk, ahol éppen csak az első nehéz lépéseket tettük meg.

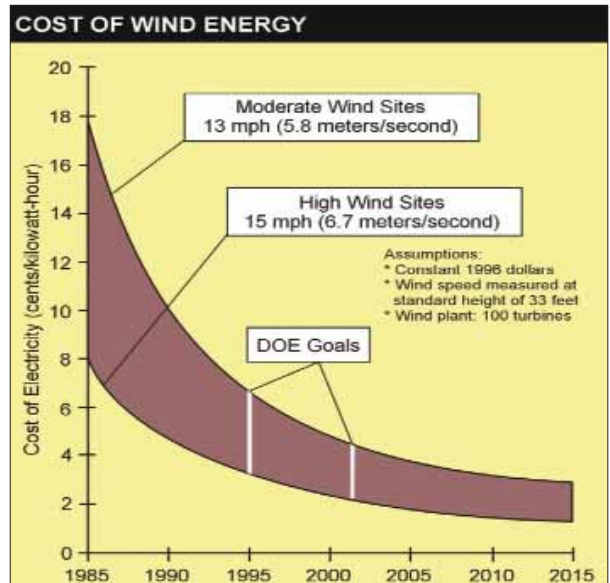
A világ teljes szél erőmű kapacitása is robbanásszerűen növekszik, elég sokat mondó, hogy míg 1999-ben 13 700 MW volt a világ szél erőkapacitása, 2008 végén már 121 000 MW és 2009-re 152 000 MW kapacitást jeleznek előre. Egy évtized alatt mintegy tízszeresére nőtt a világ szél erőmű kapacitása (World Wind Energy Report, 2008).

A villanyáram ára

A gyors növekedésnek egyik magyarázatát valószínűleg a szél energiával termelt áram olcsóságában kell keresnünk. A 2000-es adatok szerint a geotermikus energiával termelt villanyáram mellett a szél energiából nyert villanyáram a legolcsóbb (1. ábra). Becslések szerint a szél erőmű telepítésének költségei 5–10 év alatt térülnek meg, ezért az évek múlásával az árak



1. ábra. A villanyáram aktuális árai 2000-ben, USA cent/kWh. Felülről lefelé: geotermikus, szél erőmű, kifejlesztett kombinált ciklus, biomassza (gázalapú), szén, szoláris hő, fotovoltaiikus azaz napelemekkel termelt (a két utolsó). Forrás: Antonia V. Herzog et al., 2004: Renewable Energy Sources. EOLSS)



2. ábra. A szélenergia költségeinek tendenciája. A függőleges tengelyen USA cent/kWh. Az ábrán olvasható írásként fentről lefelé: mérsékelt szél; élénk szél, DOE (Department of Energy ~ Energiaügyi Minisztérium) célkitűzése. Feltételek: 1. 1996-os USA dollár, 2. Standard 10 méteres szintben mért szélesség, 3. 100 turbinából álló szél erőmű. Forrás: u.a.z, mint az 1. ábra.

csökkenni fognak, ezt szemlélteti a 2. ábra. Az ábrán az is látható, hogy a termelt áram költsége a szélességtől is függ, erősebb szél esetében a villanyáram olcsóbban állítható elő, a termelt áram teljesítménye ugyanis a szélesség harmadik hatványával arányos. Például háromszor nagyobb szélesség esetén a termelt áram teljesítménye huszonhatszerezére növekszik. Ezért előnyösek az úgynevezett off-shore erőművek, amelyek a sekély, partközeli tengerben épülnek, ahol egyenletesebb és általában erősebb a szél, mint a szárazföldön.

Sajnos, hazánk az off-shore szél erőművek előnyeit nem élvezheti, nemcsak azért mert nincs tengerpartja, de a szél erő kihasználására alkalmas tengerpartok is távol vannak tőlünk, és az onnan „szállított” villanyáram a vezeték hosszúsága miatt alaposan megdrágul. Gondoljunk a vezeték ellenállására, a vezeték és a transzformátorok karbantartására, ezek mind növelik a költségeket.

Potenciális szélenergia Európában

Érdekes egyszerű számítás segítségével megbecsülni a potenciálisan rendelkezésünkre álló szélenergiát Európában és hazánkban. Tegyük fel, hogy Európa területe kerekén 10 millió km², a felette elhelyezkedő levegő tömege 10¹⁷ kg. A szél erőművek által elért légréteg kb. a 60–120 m szinten található, itt van a teljes légoszlop tömegének 8/1000 része (Glagoljev, 1970), ezért az a mozgó levegő, amely a szél erőművek rotorjait mozgatja, a teljes levegő tömegének mintegy 8/1000 részét teszi ki. Ennek a mozgó levegőnek teljesítménye a szélesség harmadik hatványával arányos. Legyen az átlagos szélesség 5 m/s, ekkor a nevezett rétegben mozgó levegő teljesítménye

5×10^{16} W = 50 PW. A szélérőművek telepítésének lehetősége azonban korlátozott geomorfológiai, gazdasági és társadalmi okok miatt, ezért legjobb esetben is egy adott kontinensnek vagy országnak kb. egy ezrelékére terjedhet csak ki, ezért a rendelkezésre álló potenciális szélenergia Európa felett jó közelítésben $0,05$ PW = 50 TW = $50\,000$ GW. A bevezetőben említettük, hogy Európa szélérőmű kapacitása az utolsó adatok szerint 65 GW.

Hasonló meggondolásokkal kiszámíthatjuk, hogy 7 m/s átlagos szélesség esetén a szélérőművek szintjében mozgó levegő teljesítménye $1,372 \times 10^{17}$ W, ebből a szélérőművek egy ezrelékes részesedése $1,372 \times 10^{14}$ W = $137\,200$ GW.

Természetesen a fenti becslések csak durva közelítések, hiszen nem ismerjük a szélesség statisztikai adatait. Valamilyen menté durva becslésünket, hogy a szélérőművek rotorjai általában több tonnásak, nagy tehetetlenségük miatt nem is követhetik a rövid változásokat a szélességben.

Az elméletileg számított és a „befogott” szél teljesítmények közötti több nagyságrendnyi különbség szokatlannak tűnhet. Azonban fogalmat alkothatunk a mozgó légkör mozgási energiájáról, ha ugyancsak egyszerű számítással kiszámítjuk, hogy egy 10 millió km^2 területen 10 m/s sebességgel mozgó légtömeg kinetikus energiája a talajtól a légkör felső határáig nem kevesebb, mint néhány milliárd 100 tengelyes tehervonat kinetikus energiájával egyenértékű, ha a tehervonatok 36 km/óra sebességgel haladnak. Magától értetődő, hogy a szélnek egyéb, az ember és az élővilág szempontjából fontos funkciója is van, mint pl. a légszennyezés elszállítás, a hőcsere lebonyolítása, nedvesség szállítás stb.

Potenciális szélenergia Magyarországon

Magyarországon a több évre tervezett kutatás egyik eredménye a 10 , 25 , 50 és 75 m-es szintre kiszámított átlagos szélesség területi eloszlása. A számítások szerint az átlagos szélesség határozottan növekszik a magassággal és a négy szint közül a 75 m-es szinten találjuk a legnagyobb szélességeket (Szépszó et al. 2006). A modern szélérőművek magasságához is ez a szint van a legközelebb. A számított szélességek 75 m magasságban 3 és 7 m/s értékek között változnak a régiótól függően, ezért jó közelítéssel az átlagos szélesség ezen a szinten 5 m/s.

Ha Magyarország területét kerekén $93\,000$ km^2 -nek vesszük, akkor a 60 és 120 m magasság közötti rétegben található levegő tömege $7,44 \times 10^{12}$ kg, ha ez a tömeg átlag 5 m/s sebességgel mozog, akkor teljesítménye $4,65 \times 10^{14}$ W = 465 TW. Ebből a szélérőművek által hasznosítható egy ezrelék 465 GW, azaz $465\,000$ MW. Összehasonlítás kedvéért, mint fentebb említettük, Magyarországon 2009 . májusáig üzembe helyezett szélérőmű kapacitás 177 MW volt, továbbá a Paksi Atomerőmű teljesítménye, ha mind a négy blokk üzemel, 1760 MW. A jelenleg meglévő szélérőművek és a Paksi Atomerőmű közötti arány tehát csupán egy a tízhez. (Persze a szélérőműveknél a ténylegesen kinyert energia jóval kisebb az elméletileg számítottnál, hiszen a szélesség nem mindig „ideális”. - Szerk. megj.)

Nem esett szó még a szélérőművek hatásfokáról. Tekintettel arra, hogy a legelterjedtebb szél-turbina a háromlapátos légcsavar típus, ennek hatásfoka $0,3$ és $0,5$ értékek között mozog, a kisebb teljesítményű négylapátos holland típus hatásfoka alig haladja meg a $0,1$ értéket (Koppány, 1988). Ez utóbbiakat

leginkább az öntözéshez használt víz kiszivattyúzásához használják.

Természetesen a fenti egyszerűsített számítások a szélenergia nagyságáról csupán elméleti értékeket adnak. Ha mégis elfogadjuk, legalább elméletben, hogy hazánkban 465 GW átlagos szél-erő teljesítmény használható, akkor ez $4\,073\,400$ GWó, azaz mintegy $14,5$ EJ évi energiatermelést jelenthet (a szél-erőművek hatásfokát nem vettük figyelembe). Ez természetesen akkor realizálódhatna, ha egész évben megfelelő erősségű szél fújna. A szélenergia azonban csak kiegészítő, komplementer erőforrás. A szélenergiával termelt villamos energiát azonban több módon is lehet tárolni: akkumulátorban, vagy az elektromosságot a víz felbontására használhatjuk, így hidrogént állíthatunk elő vízből, a hidrogén és oxigén keveréke ún. „durranógáz” formájában újra felhasználható energiatermelésre. Természetesen a tárolás többlet beruházási költségeket jelent, és egyenél kisebb hatásfokkal lehet megvalósítani.

A valóságban Magyarország évi villamos energia termelése 1997 -ben $33\,400$ GWó, azaz 120 PJ volt, a Paksi Atomerőmű évi energia termelése teljes üzem módban $15\,417$ GWó, vagyis $55,5$ PJ. A villamos energia termelése 1997 óta lényegesen nem változott, csupán az import ingadozott 8 és 18 százalék között az utóbbi évek során (Magyar Statisztikai Zsebkönyv, 2000, 226.o.). Az importált villamos áram ára pedig esetenként jóval magasabb lehet, mint a hazai termelésű. Mindenképpen érdemes tehát az importált villanyenergia arányát csökkenteni, mert ezzel a fogyasztói ár is csökkenthető.

A téma iránt érdeklődők bővebb információt találhatnak magyar nyelvű szakirodalomban is (pl. B. Kircsi A. et al. 2009, Hunyár M. et al. 2004 és 2005).

Koppány György
Szeged

Irodalom

- Antonia V. Herzog, Timothy E. Lipman, Daniel M. Kammen (2004): Renewable Energy Sources in Theories and Practices for Energy Education, Training and Standards, in Encyclopedia of Life Support Systems (EOLSS) Developed under the Auspices of the UNESCO, Eolss Publishers, Oxfor, UK
- B. Kircsi A., Tóth P., Bulla M. 2009: A szélenergia hasznosítás legújabb magyarországi eredményei Környezet és energia konferencia, Debrecen, 2009. máj. 8-9. 129-134 o.
- Glagoljev, Ju.A., 1970: Spravochnik po fizicheskim parametram atmosfery. Gidromtizdat
- Hunyár M., Tar K., Tóth P., 2004: Magyarország szélenergia potenciálja 1. Energiagazdálkodás, 45. 6. 20-25 o. és 46.1. 24-26 o.
- Koppány Gy., 1988: Légköri erőforrások JATE Kiadó, Szeged, 1988. 41.o.
- Magyar statisztikai zsebkönyv, 2000. KSH, Budapest, 2001.
- News Release 2009: Hungary needs to develop its huge wind potential. EWEA Report
- Szépszó G., Horányi A., Kertész S., Lábó E., 2006: Magyarországi szél- és napenergia kutatás eredményei. OMSZ, Budapest
- World Wind Energy Report, 2008. 8-th World Wind Energy Conference and Exhibition, Iceland, 2009.