

SZÉLERŐMŰVEK SZEREPE A MEGÚJULÓ ENERGIÁK HASZNOSÍTÁSA NEMZETI CSELEKVÉSI TERVBEN

Dr. Tóth László

Dr. Schrempf Norbert

SZIE, GÉK, FOMI Energetika Tanszék, Gödöllő

ÖSSZEFOGLALÁS

Hazánkban a szélerőmű fejlődés 2010. évben megtorpant, miközben jelentős beruházási kedv figyelhető meg. A jelenlegi szélerőmű kapacitás 329,6MW, s ezek 620-730GWh/év villamos energiát termelnek, ami ~200 millió m³ földgáz kiváltását eredményezi, miközben ~400 000tonna CO₂ kibocsátást is elkerülünk (~14 Milliárd Ft/év import gáz, és 1,0-1,8 Milliárd Ft/év értékű CO₂). A kihasználási tényező 21-23%.

A szélerőművek által előállított univerzális és közkedvelt villamos energia az élet minden területén - környezeti emisszió nélkül - egyre inkább költségtakarékosan szolgálja mindennapi életünket. A szélerőmű hasznosítása pénzügyi szempontból is a társadalom egyik leginkább perspektivikus beruházása lehet.

Magyarország az igen ambiciózus megújuló energia felhasználásra irányuló tervét (2020. évre) a szélerőmű jelenleginél jelentősebb felhasználása nélkül nem valószínű, hogy teljesíteni tudja.

SUMMARY:

Nowadays there are significant development projects and ideas about increasing wind power plant efficiency. In Hungary, wind energy capacity increased in the years between 2006 and 2010. At the end of this period the quota was fulfilled, and since then there are no new investments, although there is a big demand for new projects.

The current wind energy capacity is 330MW, built of modern units, which are designed for the Hungarian wind circumstances. Because of this energy production is very good (740 GWh/year) and the capacity factor (24.1%) is good as well (the 4th best in Europe in 2012). With this we save approx. 220 million m³ /year natural gas whilst we avoid ~400 000 tons of CO₂ emission.

It is a fact that wind power plants (after the return of investment -9-10 years-) produce cheap energy. From financial side wind power plant utilization is one of the most perspective investments. Our analysis points out that the ambitious plan of Hungary for 2020 (the increasing of renewable energy utilization) is unlikely to be met without wind energy utilization.

Key words: *Wind Power Plant, Wind Energy Capacity in Hungary, Cost of Wind Energy*

A SZÉLERŐMŰVEK HAZAI FEJLESZTÉSEK ÁTTEKINTÉSE

Az 1980-90-es években a mérőoszlopokon végzett energetikai célú szélmerészek azt bizonyították, nagyobb magasságban (100-120m) Magyarország megkülönböztetett területein megfelelő, a szélerőművek működtetéséhez alkalmas szélviszonyok uralkodtak. Az első villamos hálózatra kapcsolt 600 kW teljesítményű, Enercon gyártmányú 65 m oszlopmagasságú szélerőmű létesült az E-ON RT közreműködésével és hazai forrásokból 2002. évben létesült. Az erőmű kedvező vizsgálatai eredményei alapján lezárult azon vita, hogy Magyarország területe gazdaságosan alkalmas-e szélerőmű hasznosítására.

A hazai fejlesztés főbb állomásai:

- I. 1977-1986 – vízhúzó amerikai rendszerű szélgépek fejlesztése (legelők, vadaskertek)
- II. 1980 – 1997 energetikai célú szélmérések (víztornyok, villamos hálózatok oszlopai)
- III. 1997 – energetikai szélmérések speciális oszlopokon
- IV. 1999 – energetikai célú szélmérések parkok létesítése céljából
- V. 2001-2005 Egyedi erőművek létesítése
- VI. 2006-2010 szélparkok létesítése

Fontos volt a VILLAMOS ENERGIA TÖRVÉNY (2005) módosítása, amely úgy rendelkezett, hogy a megújulókkal termelt villamos energiát az állam támogatja, az ún. KÁT keretén belül. Ezt követően a kormányzat (MEH) ún. széltendert írt ki 330 MW teljesítményre.

A túljelentkezés és az elbírálások körüli bonyodalmak ellenére a nyertesek a ~330 MW kapacitást korszerű berendezések felépítésével megvalósították. A gépek 90%-ánál a gondolamagasság a hazai szélviszonyokat követve 90-120 m.

A meglévő kapacitás termelése a tervezettnél megfelelő 630-750 GWh/év. Az országos átlagos kapacitás kihasználási tényező ~21,5 % (ebbe bele kell érteni a leállásokat is). Egyes parkoknál 25%-os értéket is kimutattak, tehát a megelőző mérések és a széltérkép becslése megfelelő.

A jelenlegi szélerőmű kapacitás évente ~200 millió m³ földgáz kiváltását eredményezi, miközben ~400 000tonna CO₂ kibocsátást is elkerülünk (közelítőleg 14 Milliárd Ft/év import gáz).

FEJLŐDÉS A VILÁGBAN ÉS EURÓPÁBAN

Szárazföldi körülmények között az nagy energiatartalmú szelek 80-200 m magasságban vannak, ezért az oszlopok magassága folyamatosan növekszik.

Hazánkban, hasonlóan más szárazföldi országokhoz - a természeti adottságoknak megfelelően - a nagy energiatartalmú szelek 80-200 m magasságban vannak, ezért az oszlopok kellő magassága igen lényeges.

Növekvő tendenciájú a lapátkerek átmérője (egyre inkább D>100m), hiszen a teljesítmény a szélsébség mértéke mellett a lapátkerék által súrolt felület nagyságától függ.

A szélerőművek maximális várható teljesítménye jó közelítéssel számítható:

$$P_{\max} = \frac{16}{27} \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v_{\infty}^3 \quad (\text{kW}),$$

ahol:

ρ - a levegő sűrűsége [kg/m³],

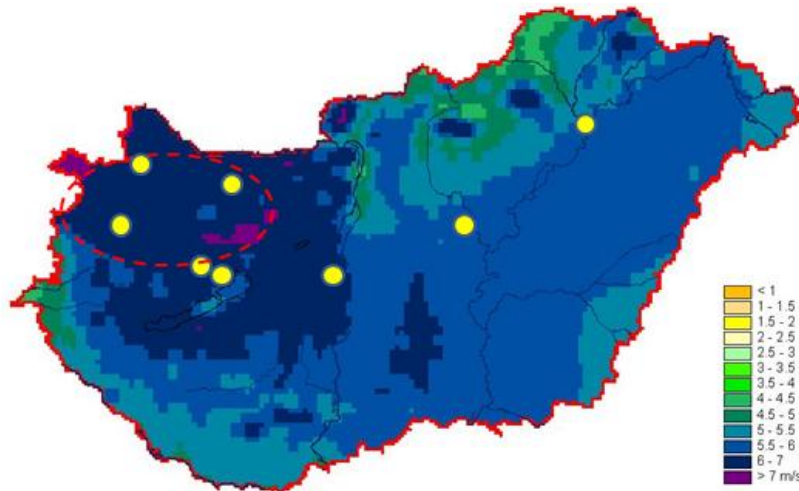
A – a vizsgált (rotor által súrolt - $D^2\pi/4$) felület [m²],

v_{∞} - a zavartalan szél sebessége a leszabályozásig [m/s].

A szélsébség fontossága a v^3 hatványa miatt jól értelmezhető. Ezért az építések előtti fontos a szél pontos jellemzőinek a meghatározása az erre célra létesített mérőtornyokon. A v értéke a talajtól felfelé haladva hatványfüggvény szerint növekszik, az ún. határmagasságig, ami ~250-400m. A talaj feletti két magasságban (h_{r1-r2}) mindenirányban) mért (v_r) szélsébségek adatiból nagy pontossággal lehet következtetni a gondolamagasságban várható szélsébségekre (v_g). A két mérésből az ún. Hellmann tényező (α = hazánkban 0,2-04) képezhető, amely a magassági függvény kitevője. Tehát a gondolamagasságban a szélsébség (v_g):

$$v_g = v_r (h_g | h_r)^{\alpha}$$

Gyakorlatilag az α (mérésekkel meghatározott) helyi ismerete hozzájárul a pontosabb magassági széltérképek elkészítéséhez is (1. ábra).



1. ábra

Magyarország szélesebbség térképe 125 m magasságra vetítve (a hazai szélérőművek, ill. szélparkokat magába foglaló területek bejelölésével)

A teljesítmény összefüggésben a $16/27$ –es érték az ún, Betz maximum értéke, tehát a valóságban csak ennél kisebb teljesítmény realizálható. Ma a gyártók a szélesebbség függvényében realizálható teljesítménytényező (c_p) értékét adják meg diagram és táblázat formájában. Az egyúttal v - c_p és P diagramoknál a c_p legnagyobb értékénél található a névleges teljesítmény (P_n). A szélérőmű éves mért energiatermelése (kWh/év) és a névleges teljesítmény alapján meghatározható a kihasználási szám:

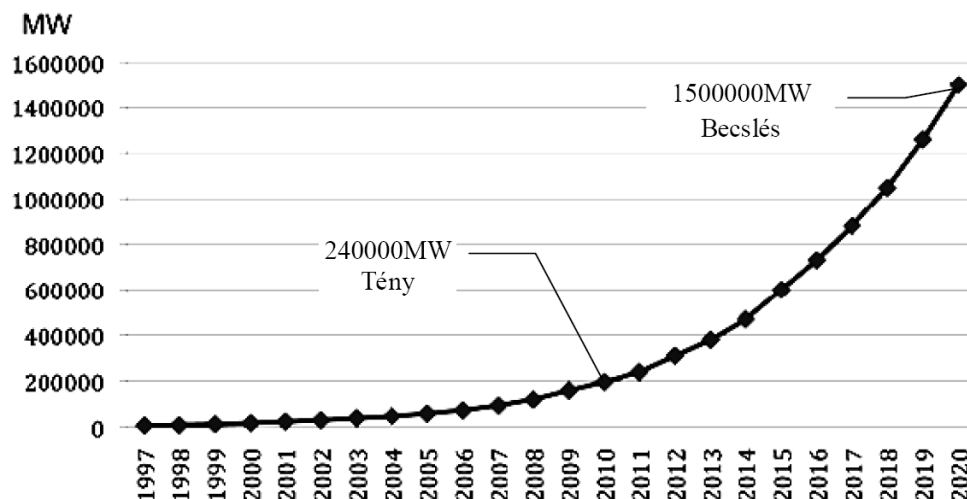
$$K_F = \frac{E}{8760 \cdot P_n}$$

A K_F értékét tizedes formában pl. $0,16-0,45$, vagy százalékosan adják meg $16-45\%$.

A K_F értéke és a 8760 (az évben lévő órák száma) szorzata megadja az éves névleges teljesítménnyel kihasználási órák számát, ami $h_n/\text{év}$ (pl. $8760 \times 0,23 = 2014,8$ h/év a P_n teljesítményen). Hazai kalkulációk szerint $2000h_n/\text{év}$ az a névleges kihasználási óraszám, amely fölött a gépek üzeme gazdaságos, s a KÁT támogatással 9-10 év alatt a beruházások megtérülnek.

A kapacitások fejlődése a világban

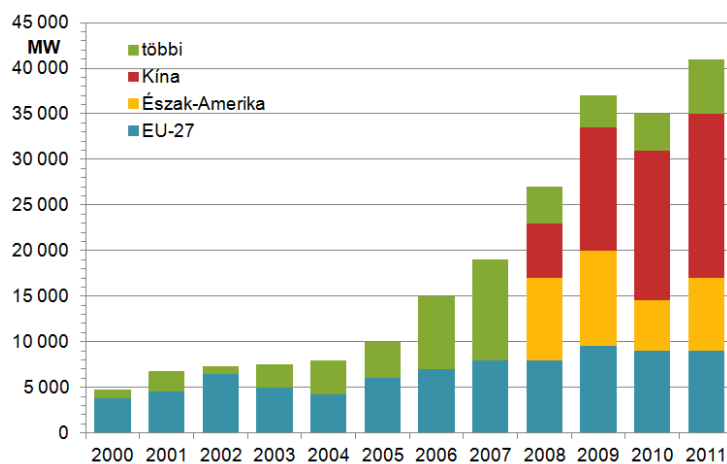
A szélérőmű gyártás ma a világon a legdinamikusabban fejlődő iparág (2. ábra). WWEA 2013-jelentése szerint 2012. évben 281 052MW kapacitás volt a világban. A becslése 2016-ra 500 000MW és 2020-ra 1000000MW.



2. ábra

A világ szélenergia kapacitásának fejlődése 2020-ig.

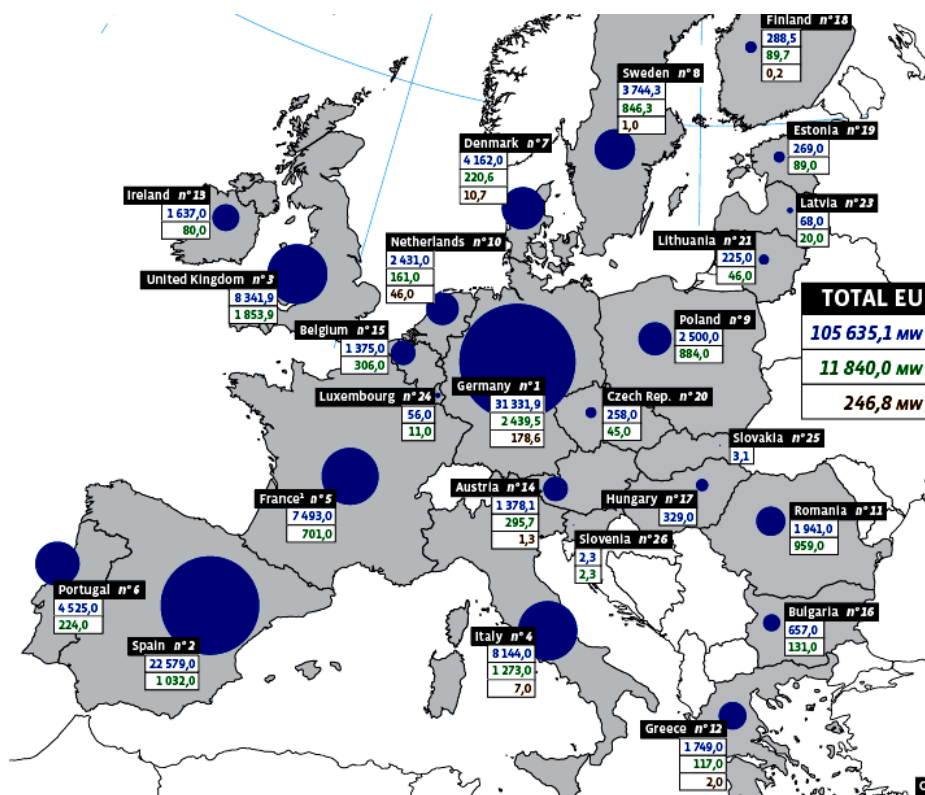
(Forrás: WWEA-2011. A szerző megjegyzi: Ez ideig a WWEA minden hosszabbtávú becslése alulértékeltnek bizonyult. 2013. év elején viszont módosított és 800000-1200000 MW-ra becsüli.



3. ábra

Az évi fejlődési trend (MW/év) napjainkig a világban (2008-tól a **többi**-t 3 részben jellemezve) Adatforrás: Wind Power Barometer – EUROBSERV'ER – 2013. febr.

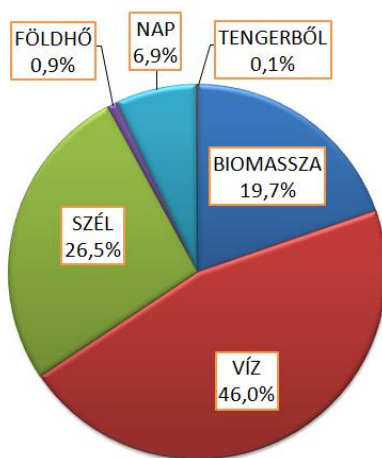
2007-ig az ábrán látható három másik csoporttal szemben Európa első volt, de 2008-ban az USA, majd 2009-ben már Kína is megelőzte (3. ábra). Jelenleg Kína egymaga épít annyit, mint Európa és az USA együttesen. Az európai kapacitásokat 2012. év végén a 4. ábra szemlélteti.



4. ábra

Az európai szélenergia kapacitás 2012. év végén és a 2012. évben létesült kapacitások

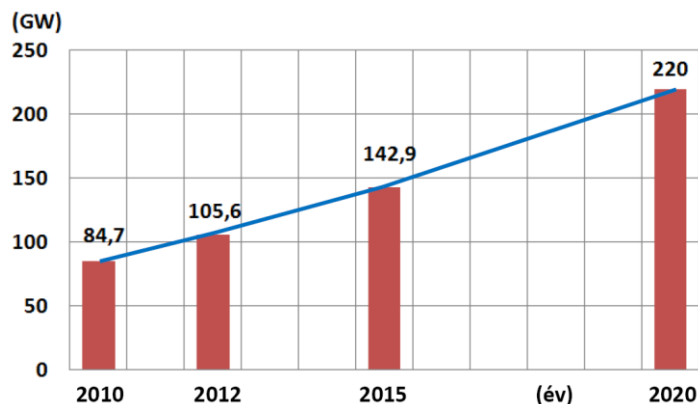
2011. évben az EU 27 országaiban a megújuló energiaforrásokból előállított 676 TWh/a villamos energia a tradicionális vízenergia után már a 2. helyet foglalta el (5. ábra).



5. ábra

Megújulók az EU 27 villamos energiaellátásában
A megújulók bruttó végső villamos energia felhasználásának százalékos aránya (2011)

Az EU 27 országok nemzeti cselekvési tervei alapján 2020-ra a 2010. évi kapacitás közel háromszorosa lesz. Az eddigi trend ennek megvalósíthatóságát igazolja (6. ábra).



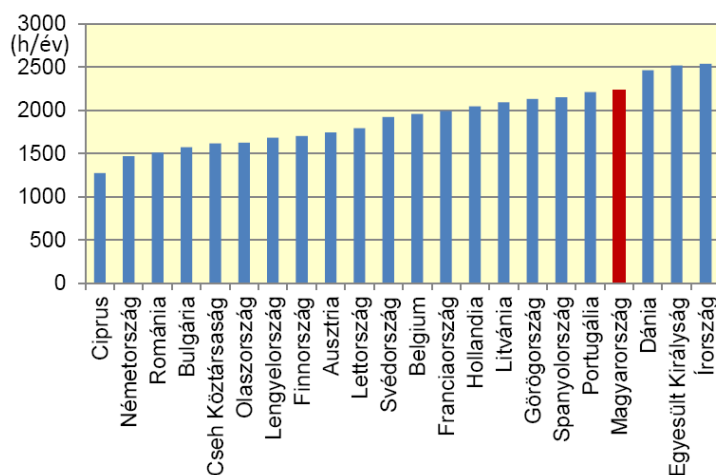
6. ábra

Az EU27 országainak cselekvési tervei alapján a szélenergia kapacitás változása *Adatforrás: Wind Power Barometer – EUROBSERV'ER – 2013. febr.*

A TERMELÉSI KÖLTSÉGEK

A szélenergia termelési egységköltségét az évi 2000 óra névleges teljesítmény kihasználás mellett szokás megadni.

A hazai erőműpark korszerű, a hazai szélviszonyokhoz igazított. Ezért is vagyunk előkelő helyen az erőmű kihasználásban az EU 27 országok sorrendjében, Írország, UK és Dánia után a 4. helyen (az előttünk lévő 3 ország 2400-2500, a hazai 2190h_n/év, lásd 7. ábra). Sajnos az egy főre vetített szélenergia termeléssel már csak az utolsó előtti negyedik helyen vagyunk.



7. ábra

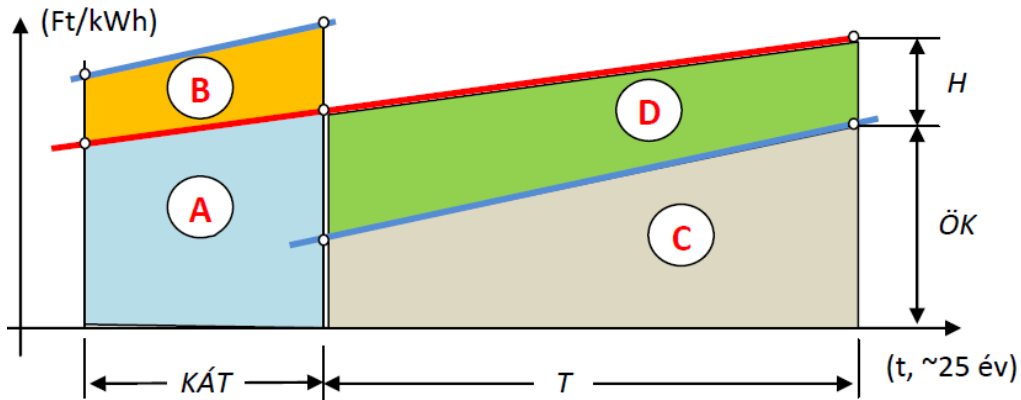
A szélenergia kihasználtsága az EU 27 országokban (sorrendben a 4. helyen vagyunk) *Adatforrás: Wind Power Barometer – EUROBSERV'ER – 2013. febr.*

A szárazföldi típusokat a magas oszlopok és nagytérű rotorok jellemzik, de a lapátszög-változtatás (pitch- control) gyorsabban megy végbe, hogy a változó sebességeket nagyobb hatékonysággal hasznosítsák.

Az energiaárak változása kihívás elé állítja a villamos energia ellátás biztonságát, hiszen az időszakos olcsó nagy többletek a hálózaton az alacsonyabb kínálati árak miatt kiegyenlítési

kényszereket indukálnak, boríthatják a tőzsdei árakat. A megújulóknál, ahol a beruházások már megtérültek (nincs kamat és törlesztő részlet), a termelést csak az alacsony externáliás költségek terhelik, s nincs üzemanyag költség, ami a hagyományos erőműveknél az egyik legjelentősebb tétel, tehát igen versenyképes piaci árakat érnek el.

Példaként vizsgáljuk meg a szélenergia költségének hosszabb távú, élettartam alatti alakulását. Egy ilyen – igen leegyszerűsített - folyamatot szemléltet a 8. ábra. Az üzembeállítást követően az energia árában a tőke-visszatérítés és a kamatköltség a meghatározó (KÁT időtartam), a karbantartás, biztosítás és járulékos költségek (adók, jutalékok stb.) nem érek el az összes költség 25-30%-át. Viszont az még jelenleg is 15-20%-al magasabb, mint a villamos energia piaci ára. Ezért a szélerőmű a megtérülési időszakában (min.8-10 év) támogatásban részesül (KÁT időszak), s ezzel eleget tud tenni fizetési kötelezettségeinek. Az említett két fő kötelezettség kiegyenlítését követően az előállítás költsége a töredékére 25-30%-ára esik vissza (ÖK), s ez a költsége csupán az élettartama miatti javítási (felújítási) költségek miatt növekszik. Ebben az időszakban (T) a villamos energia átlagára és a szélenergia költsége közötti különbség jóval nagyobb, mint a korábban kapott támogatás(D>B), tehát a társadalomnak így a beruházás kifejezetten gazdaságos. Ezért is várható, hogy pl. Németországban a szélenergia egységára 2015-2016. években már a piaci átlagár alatt várható, hiszen a 2006. évek előtt épült szélerőművek már megtérülnek. Az egyszerűsítés miatt nem számoltunk kibocsátási externáliák elkerülésének hozadékaival.



8. ábra

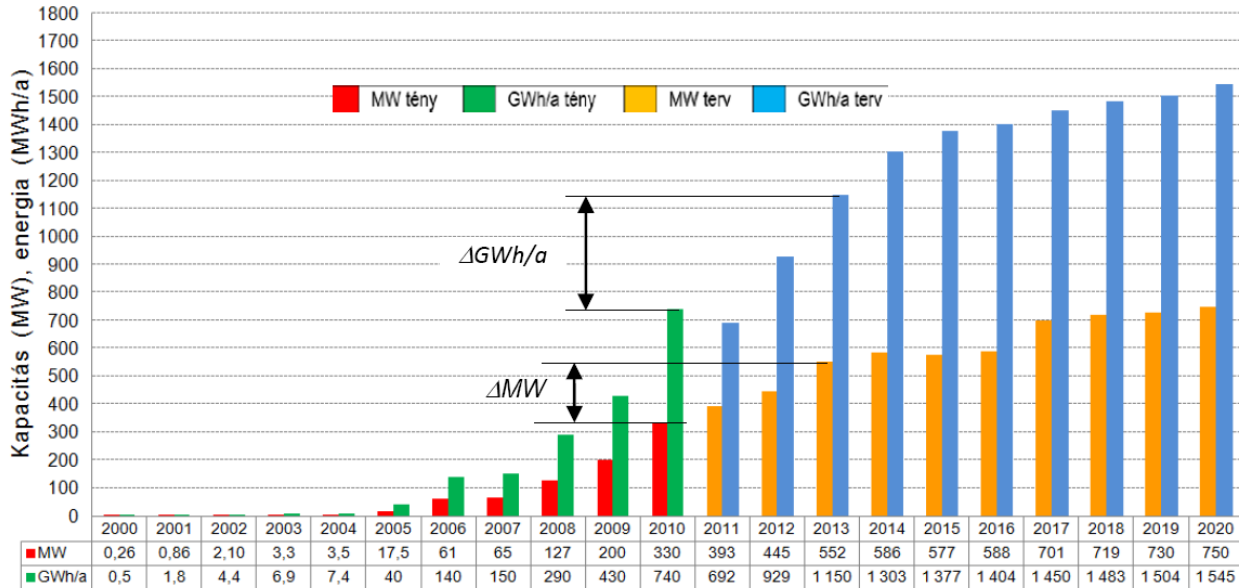
A szélenergiából termelt villany költségének alakulása a szélerőmű élettartama alatt.

Az ábra jelölései:

- A = a megújuló villamos energia ára
- B = állami támogatás (KÁT)
- C = a szélből előállított villamos energia ára (javítás, karbantartás, kiszabályozási költségek stb.)
- D = a realizálható többlet (piaci ár és az előállítás különbsége)
- KÁT = a támogatás fizetésének időtartama
- T = a támogatás és a hitel visszafizetése utáni élettartam
- ÖK = a szélenergia előállításának önköltsége (működési, javítási, kiszabályozási költségek) a KÁT megszűnése után
- H = a villamos energia piaci árának és a szélenergia előállítási költségének különbsége (a KÁT végén)

A HAZAI HELYZET

Az **NSCT szerint** 2020-ig a 14,65 %-os megújuló program keretében a tervezett ~ 1530MW megújulós villamos erőműi kapacitásból 750MW a szélenergia, tehát a jelenlegi 330MW-hoz (Lásd 9. ábra) további 410MW szélerőmű kapacitást kell létesíteni.



9. ábra

hazai szélerőmű kapacitás és termelt energia (az eddigi tény és az NCST-ben tervezett éves értékek)

2009. évben a 410 MW kapacításra tender kiírására került sor is került, amelyre mintegy ~1100MW-ra pályáztak hazai- és hazai bejegyzésű külföldi cégek. A kiírás ellentmondásai miatt a kvóta nem került kiosztásra. Sikeres 2014. évi pályáztatás esetén is legfeljebb (a gépszállítási határidőkre figyelemmel) 2015-ben létesülhetnek újabb kapacítások. Az ábrán a ΔMW (222 MW) a tervtől való kapacitás elmaradást, a $\Delta GWh/a$ pedig az évi energiatermelési elmaradást (410 GWh/a) jelenti

Figyelemmel más megújuló energiahordozókkal kapcsolatos trendekre, a várható támogatási feltételekre a hazai vállalás csak a szélerőművek jelentősen nagyobb mértékű építésével valósítható meg (Az indoklást lásd részletesebben a [2]. cikkben).

A szélerőművek beruházásai eddig sem kaptak állami támogatást. A beruházási, vállalkozói kedv nagy, már három évvel ezelőtt is mintegy 1000-1200 MW kapacitást jelentő beruházási-terv kivitelezésre alkalmas stádiumban volt. Ha az NCST kitűzött célt a villamos kapacitás vonatkozásában 2020-ra el szeretnénk érni, akkor 700-900MW megépítésére lenne szükség. Ezzel 2020 év végére legalább ~1300MW kapacitás működne. Természetesen a beruházni szándékozók csak akkor invesztálnak, ha tőkéjük megtérülését biztosítottak látják.

Ez alapvetően két tényezőtől függ:

- a termelt villamos energia államilag garantált átvétele, minimálisan a berendezés megtérülési időszakára,

- b) az átvett energia támogatása - az európai átlaghoz és a környező országok gyakorlatához hasonló arányú legyen - olyan mértékűen, hogy a megtérülésük 8-10 évre adódjon, amelyet a hitelező bankok elfogadnak.

Valójában az állam közvetlen tőkét nem investál, csak a szükséges mértékű KÁT támogatást adja, mint minden megújulóra. Ha a jelenlegi megújuló villamos energiatermelési elmaradást biomasszával és napcellákkal oldanánk meg, akkor 50%-os támogatási intenzitás mellett legalább 80-85 Millárd forint beruházási támogatásra lenne szükség. Szélenergiánál az állam által megelőlegezett KÁT igen jó beruházás, hiszen azonnal megjelenik az áram eladási árában tehát viszonylag rövidtávon visszatérül. A megtérülésük utáni időszakokban az olcsóbb áram árához kapcsolhatja, s a szélerőmű tulajdonosok visszafizetik és jut az állam újabb KÁT- hoz, miközben (a korábban bemutatottnak megfelelően, arányosan) csökken az ország fosszilis energia függősége és a CO₂ eladásból bevétele is származik.

A korszerű szélerőművek bizonyított és **garantált** élettartama 20 év, de a szakszerű szervizeléssel és állagmegóvással - a tapasztalatok szerint - 25 évnél nagyobb a várható tényleges élettartam. A jövőben tehát a becslések szerint fajlagosan olcsóbb lesz a szélerőművekben termelt áram, mint a szén- vagy gázerőművekben, a teljes termelési költséget figyelembe véve.

Ha egy magyarországi korszerű szélerőmű befektetési költsége megtérül (mai támogatás mellett ez ~10 év) a velük előállított villamos energia költsége 6-8Ft/kWh-ra mérséklődik. Ennél olcsóbb energia nincs, és ezt még legalább 10 évig produkálják (de nem kizárt a 20 év sem).

BETÁPLÁLÁS A VILLAMOS HÁLÓZATBA

A szélenergia, amint a többi természetfüggő megújuló, hálózati kiegyenlítést igényelnek. A szélerőműveket üzemeltetők nem zárkoznak el a kiszabályozási költségek átvállalásától, de szükség szerint a visszaterheléstől sem.

Az NSCT-ben szereplőnél nagyobb kapacitásoknál sem lehetetlen a hazai villamos rendszer kiszabályozása, mivel a tartalék kapacitás a villamos energia rendszerben ma is jelen van. Igen jelentős a maradó teljesítmény, amely az összes- és a rendszerirányítási tartalék különbsége. Az utóbbi években épült és kiszabályozásra alkalmas, igen kedvező hatásfokú CCGT erőművek kihasználtsága igen alacsony. Gönyűn, a hazai szélerőműveink közelében létesült 433MW-os CCGT erőmű kihasználása csak egy hónap során érte el a 60%-ot. A hazánkban a meglévő erőmű kapacitás 9000-10000MW, a csúcsfogyasztás maximuma ~6000-6500MW, miközben naponta átlagosan 1000-1500MW importot veszünk igénybe. Tehát nem fogadható el azon állítás, hogy a meglévő 330 MW szélerőmű kapacitás, vagy annak akár 3-4 szerese is megoldhatatlan szabályozási gondokat jelentene.

A gazdaságosabb kiszabályozásra, és a meglévő energia rendszerünk kihasználására hatalmas előnyt jelentene, s minden villamos energia termelőnek közös érdek lenne egy hazai méretekhez igazodó 500-600MW-os kiegyenlítő SZET erőmű építése.

A cikk a TÁMOP 4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0003 pályázat támogatásával készült.

Irodalom

- [1.]Tóth G. – Schrempf N. – Tóth L. (2005): A szélenergia prognosztizálása, üzemi tapasztalatok, MTA AMB, K + F Tanácskozása Nr. 29 Gödöllő.

- [2.]Tóth L.- Schrempf N. : (2012) Szélenergia helye, várható szerepe Magyarország Megújuló Energia Hasznosítási Cselekvési Tervében (MCST)
ENERGIAGAZDÁLKODÁS 53. évf. 5. szám
- [3.]Tóth L. – Horváth G. (2003): Alternatív energia, Szélmotorok, szélgenerátorok, Szaktudás Kiadó Ház, Budapest, 93-124. p., 281-321. pp.
- [4.]Wilkes J. Moccia J. Dragan M.: (2012) Wind in power, European statistics (EWEA)
http://www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/documents/publications/statistics/Stats_2011.pdf
- [5.]Stróbl A.: (2012) Tájékoztató adatok a magyarországi villamosenergia-rendszerről, A piacnyitás (2003) óta eltelt időszak fontosabb adataiból, MAVIR, 2012. április 15. kézirat, ábragyűjtemény
- [6.]Stróbl A.: (2013) Energetikai tájékoztatások szakirodalomból (ábragyűjtemény)
- [7.]www.eurobserv-er.org. Wind Power Barometer – EUROBSERV'ER – 2013. febr.
- [8.]Tóth, G. – Tóth, L. – Horváth, G. – Berencsi B. (2007): A hazai energia célú széltérkép elkészítésének feltételei. = MTA AMB Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás. Gödöllő, Gödöllői Agrártudományi Egyetem – FVM Műszaki Intézet, 2. kötet 148-153. p. HU ISSN 1419-2357, HU ISSN 1419-2365