

A MAGYARORSZÁGON LÉTESÍTETT SZÉLENERGIA KAPACITÁSA ÉS STRUKTÚRÁJA

L. Tóth Prof. Dr. DSc. SZIE Gépészmérnöki Kar, Folyamatmérnöki Intézet*, 2100 Gödöllő, Páter K u 1. Hungary (A Magyar Szélenergia Tudományos Egyesület Elnöke, (President of Hungarian Wind Energy Scientific Association)
Tel.: +36 28 522000, E-mail: toth.laszlo@gek.szie.hu

N. Schrempf Dr., Assoc. Prof., SZIE Gépészmérnöki Kar, Folyamatmérnöki Intézet*, 2100 Gödöllő, Páter K u 1. Hungary, Energetika Tanszék.
Tel.: +36 28 522000, E-mail: schremp.norbert@gek.szie.hu

Összefoglalás

Napjainkban is igen jelentősek a fejlesztési munkák, sokféle elképzelés van a szélerőművek hatékonyságának növelése és jobb kihasználhatósága céljából. Hazánkban a számottevő kapacitás bővítés 2006-ban kezdődött és 2010-ig tartott. Ekkora betelt a kiadott kvóta és azóta nincsenek újabb létesítések. évben megtorpant, miközben jelentős beruházási kedv figyelhető meg. A megépült szélerőmű kapacitás 330MW, s korszerű egységekből áll, igazodva a Magyarországi szélviszonyokhoz a területi széljárásokhoz. Ennek köszönhető az igen előnyös termelés (740 GWh/év) és a jó kihasználási tényező (24,1%), amellyel 2012-ben a negyedik helyet foglaltuk el az Európai országok listáján. Ezzel ~220 millió m³ /év földgázt takarítottunk meg, miközben ~400 000tonna CO₂ kibocsátást is elkerültünk.

Nem vitatható, hogy 9-10 éves megtérülésük után olcsóbb energiát termelnek, s kijelenthető, hogy a létesítésük pénzügyi szempontból is a társadalom egyik leginkább perspektivikus beruházása. Elemzéseink az igazolják, hogy 2020-ra Magyarország igen ambiciózus megújuló energia felhasználásra irányuló tervét a szélenergia jelenleginél jelentősebb felhasználása nélkül nem valószínű, hogy teljesíteni tudja.

Kulcsszavak: Szélerőművek, Magyarország szélenergia kapacitása, Szélenergia költsége

Az előadás elkészítését a TÁMOP 4.2.1.B-11/2/KMR-2011-0003 számon nyilvántartott

„AZ OKTATÁS ÉS KUTATÁS SZÍNVONALÁNAK EMELÉSE A SZENT ISTVÁN EGYETEMEN” című program támogatta.

1. ELŐSZÓ

A szélenergia hazai fejlesztések áttekintése

Az 1980-90-es években a mérőoszlopokon végzett energetikai célú szélmérések azt bizonyították, nagyobb magasságban (100-120m) Magyarország megkülönböztetett területein megfelelő, a szélerőművek működtetéséhez alkalmas szélviszonyok uralkodtak. Az első, kifejezetten szélerőmű telepítésre vonatkozó mérést (1998-'99), a Kisalföld térségében a SZIE munkatársai. 2002-ben az első villamos hálózatra kapcsolt 600 kW teljesítményű, Enercon gyártmányú 65 m oszlopmagasságú szélerőmű - ugyancsak a SZIE mérései alapján - az ország középső részén, Kulcs település térségében létesült (hazai forrásokból az E-ON RT közreműködésével). Az erőmű kedvező vizsgálati eredményei alapján lezárult azon vita, hogy Magyarország területe gazdaságosan alkalmas-e szélenergia hasznosítására.

2005. évben az új VILLAMOS ENERGIA TÖRVÉNY úgy rendelkezett, hogy a szélből termelt villamos energiát az állam támogatja, az ún. KÁT támogatás keretén belül. E támogatás lehetővé

tette, hogy a szélenergia beruházások a vállalkozók részére 9-11 év alatt megtérüljenek. Ezt követően a kormányzat a hazai bejegyzésű vállalkozások részére ún. „széltendert” írt ki: 330 MW teljesítmény létesítésére.

A túljelentkezés és az elbírálások körüli bonyodalmak ellenére a nyertesek a ~330 MW kapacitást, a mérések és értékelések során javasolt korszerű berendezések felépítésével megvalósították.

2. A MŰSZAKI- ÉS KAPACITÁSFEJLŐDÉS JELLEMZŐI

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

Növekvő tendenciájú a lapátkerekek átmérője (egyre inkább $D > 100\text{m}$), hiszen a teljesítmény a szélesebb mértéke mellett a lapátkerék által súrolt felület nagyságától függ.

A szélerőművek maximális várható teljesítménye (P_p jelzés is használatos):

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

ahol

ρ - a levegő sűrűsége [kg/m^3],

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

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

A szélesebb mértéke fontossága a v^3 hatvány miatt jól értelmezhető. Ezért az építések előtti fontos a pontos jellemzőinek a meghatározása az erre célra létesített mérőtornyokon (1. ábra). Alapvető fontosságú a v változását a talajtól kiindulva a 2. ábra szemlélteti.

Konkrét típusú szélerőműnél az adott szélesebb mérték tartományhoz tartozó teljesítmény (P_x):

$$P_x = c_{px} \cdot \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A \cdot v_x^3 \quad (\text{kW})$$

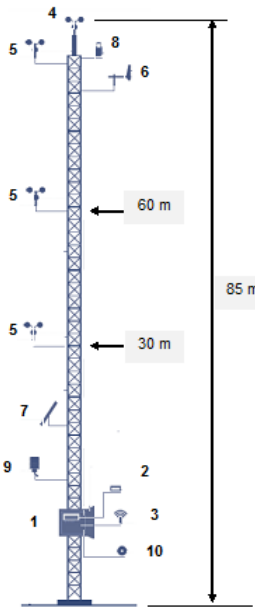
Ahol a c_{px} = az n számú tartományra osztott szélesebb mérték átlagértékei (v_{nx}) alapján, a besorolás szerinti adott szélesebb mérték tartományhoz tartozó teljesítménytényező. (Függvénye az aerodinamikus, a villamos és a mechanikus hatástényezők együttesen, kísérletekkel kerül meghatározásra. E függvényeket: szélesebb mérték és teljesítmény ($P-v$), valamint a szélesebb mérték és teljesítménytényező (c_p-v) diagramokat a gyártók szolgáltatják).

A c_p-v diagramban a c_p legnagyobb értékénél található a P_n = névleges teljesítmény. A szélerőmű éves mért energiatermelése (kWh/év) és a névleges teljesítmény alapján meghatározható a kihasználási szám (K_F):

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

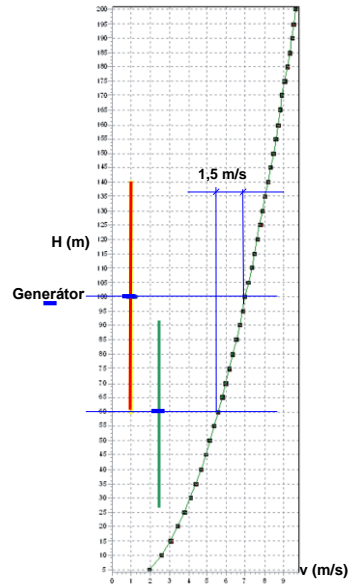
A K_F értékét tizedes formában pl. $0,16-0,45$, vagy százalékosan adják meg $16-45\%$.

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



1. ábra

Hazai fejlesztésű 85 m magas mérőtorny
Az ábra jelei: 1- műszerdoboz, 2- adatrögzítő, 3- adattovábbító, 4- anemométer(kontrol), 5- anemométerek 30, 60 és 80 m magasságban, 6- szélirány érzékelő, 7 – energiaforrás (napelem, PV), 8- jelzőfény, 9- páratartalom, 10- légnyomás.

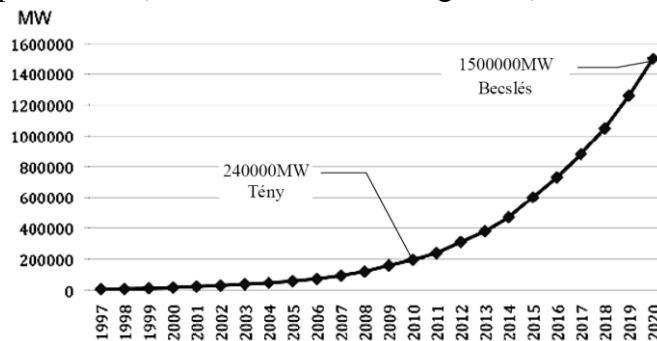


2. ábra

A 85 m magas szélmérő oszlopon mért adatok alapján számított átlagos szélprofil (a szélsébség különbség - 1,5 m/s- a 60 és a 100m gondolamagasságú gépnél)

Szélerőmű létesítések a világban

A szélerőmű gyártás ma a világon a legdinamikusabban fejlődő iparág. Az évente épített kapacitásokat szemlélteti a 3. ábra a legnagyobb beruházókra vonatkoztatva. 2007-ig a három másikkal szemben Európa első volt, 2008-ban az USA megelőzte, s 2009- ben már Kína is. Jelenleg



3. ábra

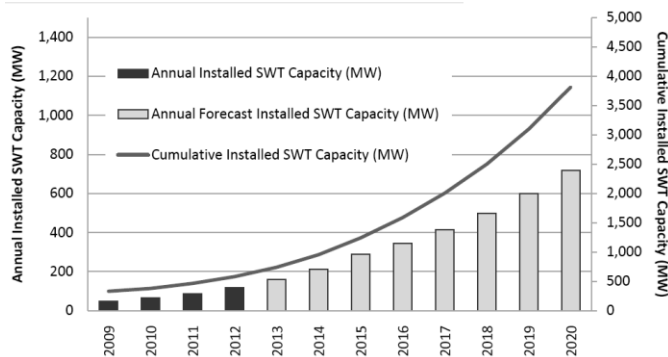
A világ szélerőmű kapacitásának fejlődése 2020-ig.

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

Kína egymaga annyit épít, mint Európa és az USA együttesen. Ha elfogadjuk a 4. ábra szerinti WWEA becslést akkor 2020-ban (egy év alatt) ugyanannyi kapacitást kell létrehozni, mint amennyi

az elmúlt 10 év alatt épült. Ez 240 milliárd dollár/év beruházást igényel! Összesen a 2020. év végéig 1000-1200 milliárd dollár beruházást igényel a feltételezett igény. Ez hatalmas gyártó és fejlesztő bázist igényel. Ebben és egyéb megújuló energia iparban (gyártásban, munkahelyteremtésben – szellemi és fizikai egyaránt) csak akkor lehetünk szereplők, ha magunk is felhasználók vagyunk és felhasználjuk korporatív előnyeinket a térségünkön belül.

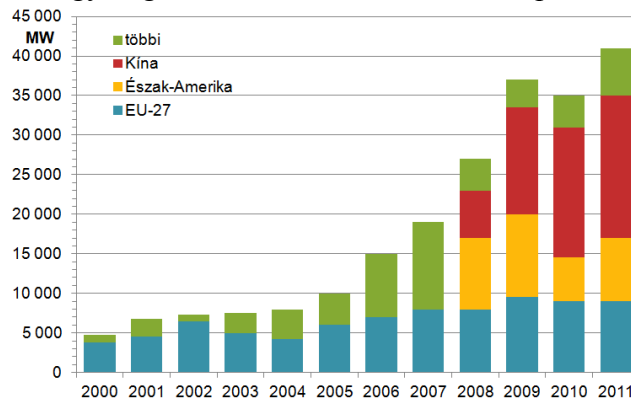
A világban a kisméretű, un. háztartási méretű szél erőművekből ~700000 egység üzemelt 2012-ben (4. ábra), egységenként átlagosan 0,2-0,6kW teljesítménnyel. E berendezések 50%-a Kínában 25%-a az USA-ban működik (Hazánkban jelenleg 200-250 egység üzemel). Energetikai jelentőségük nem számottevő, lokálisan oldhatnak meg energia ellátási problémákat (gyakran szimbólumként jelennek meg a fenntarthatóság példaként).



4. ábra

Kisméretű szél erőművek (SWT = Small Wind Turbines) kapacitásának fejlődése napjainkig és a jövőben
(Forrás: WWEA 2012, 11th World Wind Energy Conference)

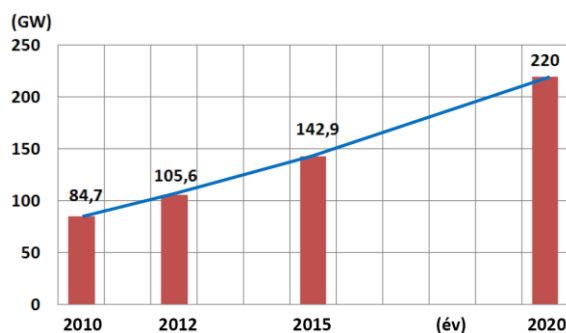
Az utóbbi években a legnagyobb fejlesztéseket Kína hajtotta végre (5. ábra). 2006. évig Európának vezető szerepe volt a világgal szemben. 2008. évben az USA, majd 2009. évben Kína is megelőzte Európát és 2011. évben Kína egymaga többet investált, mint Európa és USA együttesen.



5. ábra

A fejlődési trend napjainkig a világban
(2008-tól a **többi**-t 3 részben jellemezve) Adatforrás:
Mind Power Barometer – EUROBSERV'ER – 2013. febr.

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

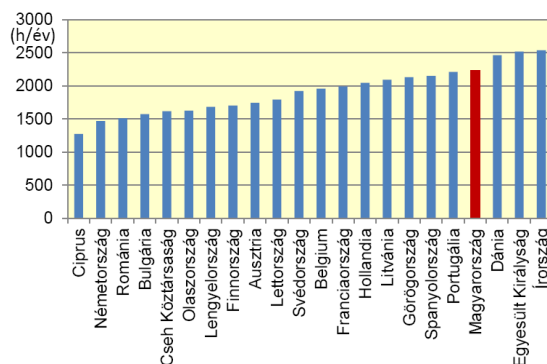
Az EU27 országainak cselekvési tervei alapján a szélerőenergia kapacitás változása *Adatforrás: Wind Power Barometer – EUROBSERV'ER – 2013. febr.*

3. TERMELESI KÖLTSÉGEK

Az erőművek kihasználása

A szélerőművek termelési egységköltségét az évi 2000 óra kihasználás mellett szokás megadni.

A hazai erőműpark korszerű, a hazai szélviszonyokhoz igazított. Ezért is vagyunk előkelő helyen az erőmű kihasználásban az országok sorrendjében (7. ábra). Sajnos az egy főre vetített szélerőenergia termeléssel az EU 27-ben az utolsó előtti negyedik helyen vagyunk.



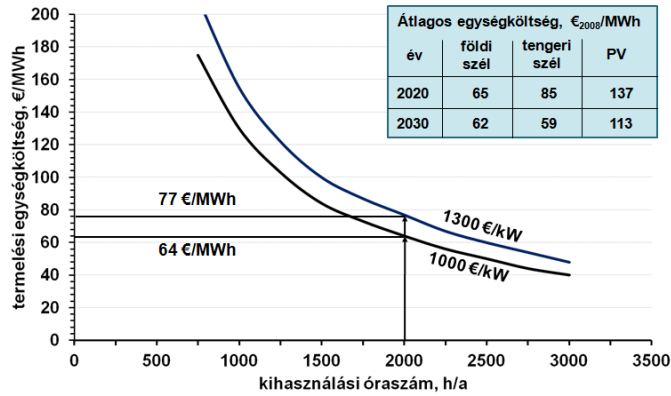
7.ábra

A szélerőműve kihasználtsága (h_n/év) az EU 27 országaiban (sorrendben 2190h_n/év értékkel a 4. helyen vagyunk) *Adatforrás:*

Wind Power Barometer – EUROBSERV'ER – 2013. febr.

A termelési egységköltség és a beruházások költsége

A 8. ábrán a nagyobb fajlagos beruházási költséget igénylő tengeri (felső görbe) és a szárazföldi gépek termelési egységköltsége látható az éves kihasználási óraszám függvényében (2008. évi árakon). A tengeri és szárazföldi gépek nem csak anyagukban (a tengeri korrozív viszonyok miatt), hanem kivitelben is eltérnek. A szárazföldi típusokat a magas oszlopok és nagytérű rotorok jellemzik, de a lapátszög-változtatás (pitch- control) gyorsabban megy végbe, hogy a változó szélerősségeket nagyobb hatékonysággal hasznosítsák.

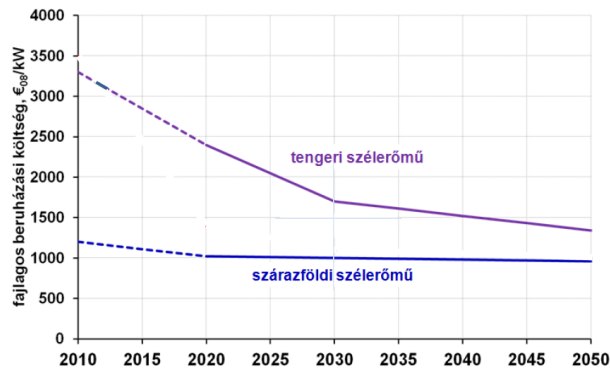


8.ábra

A szélerőművek termelési egységköltsége a kihasználási óraszám függvényében és a fejlesztések révén a csökkenés a 2020-as és 2030-as évekre (felső görbe a nagyobb beruházást igénylő tengeri rendszer). *Adatforrás:*

Wind Power Barometer – EUROBSERV'ER – 2013. febr.

Ahogy a 9. ábra diagramjaiból is látható jelenleg a tengeri szélből előállított villamos energia drágább. A jelenleg is folyó igen intenzív fejlesztések révén várhatóan a fajlagos beruházási költségeik közötti eltérés mérséklődik (lásd 9. ábrát). A tengeri szélerőműveknél a 2020-as évekig igen jelentős fajlagos költségcsökkenéssel lehet számolni.



9.ábra

A szélerőművek fajlagos beruházási költségeinek változása *Adatforrás:*

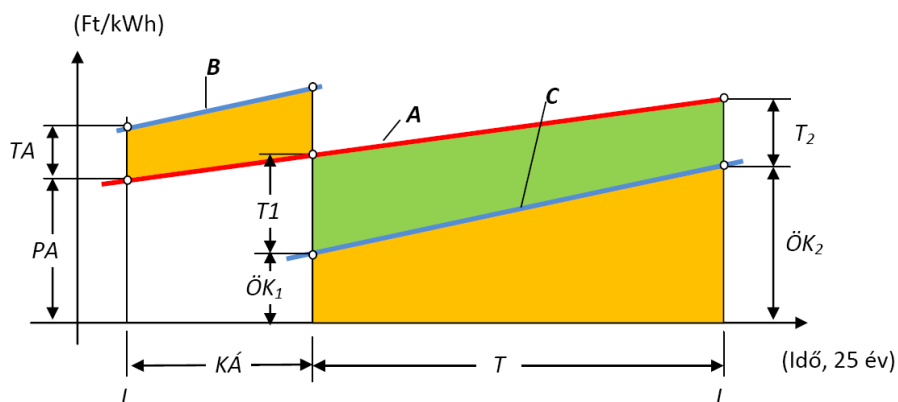
Wind Power Barometer – EUROBSERV'ER – 2013. febr.

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. Azoknál a szélerőműveknél, 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 árak érhetők el.

Költségösszetevők

Példaként vizsgáljuk meg a szélenergia költségének hosszabb távú, élettartam alatti alakulását. Egy ilyen – igen leegyszerűsített - folyamatot szemléltet a 10. ábra. Az üzembeállítást követően az energia árában a tőke-visszatérítés és a kamatköltség a meghatározó (KÁ 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 (PA). Ezért a szél erőmű a megtérülési időszakában (min. 8-10 év) támogatásban részesül ($TA = KÁT$). Tehát $TA+PA$ árat realizál az átvevőtől, s ezzel eleget tud tenni fizetési kötelezettségeinek. Az említett két fő kötelezettség kiegyenlítését követően az előállítás költsége a töredékére 25-30%-ára esik vissza ($ÖK_1$), s ez a költsége az élettartama miatti javítási és kiszabályozási költségek miatt növekszik ($ÖK_2$ -re). Ebben az időszakban (T) a villamos energia átlagára és a szélerőmű költsége közötti különbség jóval nagyobb, mint a korábban kapott támogatás. Állami beruháznál a különbség (a profit) az államé (a társadalomé), tehát a beruházás társadalmilag kifejezetten gazdaságos. Ezért is várható, hogy pl. Németországban a szélerőmű egységára 2015-2016. években már a piaci átlagár alatt várható, hiszen a 2006. évek előtt épült szél erőművek már megtérülnek. Az egyszerűség miatt nem számoltunk kibocsátási externáliák elkerülésének hozadékaival.

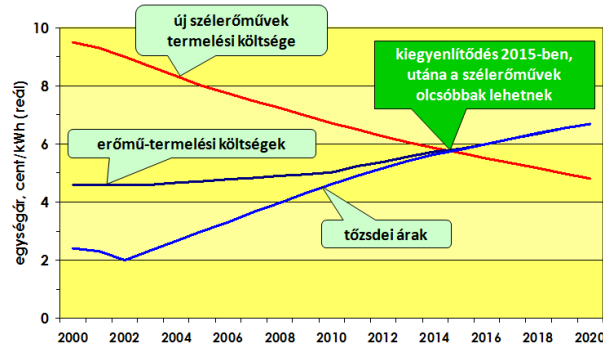


10.ábra

A szélerőműből termelt villany költségének alakulása a szél erőmű élettartama alatt.

Az ábra jelölései:

- PA = villamos energia jelenlegi piaci ára
- TA = állami támogatás (KÁT, v. METÁR)
- A = villamos energia árának növekedési trendje
- B = a támogatás növekedési trendje
- I-L = a berendezés élettartama = KÁ + T
- KÁ = a támogatás fizetésének időtartama
- T = A támogatás és a hitel visszafizetése utáni élettartam
- $ÖK_1$ = a szélerőmű előállításának önköltsége (működési, kiszabályozási, javítási, fenntartási költségek) a KÁT megszűnése után
- T_1 = a villamos energia piaci árának és a szélerőmű előállítási költségének különbsége (a KÁT végén)
- C = a szélből villamos energia előállításának trendje (növekvő üzemeltetési, javítási és karbantartás költségek miatt)
- $ÖK_2$ = a szélerőmű előállításának önköltsége (működési, kiszabályozási, javítási, fenntartási költségek) a KÁT megszűnése után, a gép leszerelésekor.
- T_2 = a villamos energia piaci árának és a szélerőmű előállítási költségének különbsége a lebontás idején
- T_1 , T_2 , A és C terület = a társadalom által elért „nyereség” a szélerőmű használata révén (A KÁT befektetés értékének min a 3-4 szerese)



11.ábra

Prognózis a várható piaci árakra
(Tombor 2008, WWEA 2007, és mások)

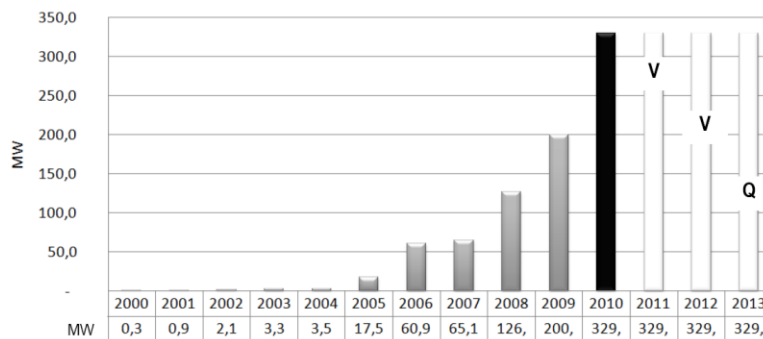
4. A HAZAI HELYZET

A meglévő kapacitás

A Magyarországon megvalósult gépek 90%-ánál a gondolatmagasság a hazai szélviszonyokat követve 90-120 m és a teljesítmény 2,0MW. Az építés ütemét a 12. ábra szemlélteti.

A termelés a tervezettnél megfelelő 610-700 GWh/év. Az ebből számítható országos átlagos kapacitás kihasználási tényező ~21-24 % (ebbe bele kell érteni a leállásokat is). Egyes parkoknál 23-25%-os értéket is kimutattak. Megállapítható, hogy a megelőző mérések és a segítségükkel készített szélterkép becslése megfelelő.

A jelenlegi szélenergia-kapacitás évente ~200 millió m³ földgáz kiváltását eredményezi, miközben ~400 000tonna CO₂ kibocsátást is elkerülünk.



12.ábra

Magyarország szélenergia-kapacitásának alakulása
(V = változatlan, Q = új építés nem valószínű)

A Nemzeti Cselekvési Terv alapszáma

Az NCST szerint 2020-ig a 14,65 %-os megújuló program keretében a tervezett ~ 1530MW megújuló villanyból 750MW a szélenergia, tehát a jelenlegi 330MW-hoz (Lásd 1. ábra) további 410MW szélenergia-kapacitást kell létesíteni.

2009. évben a 410 MW kapacitásra 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 pályázat esetén is legfeljebb (a gépszállítási határidőkre figyelemmel) 2015. második félévében létesülnek újabb kapacitások.

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

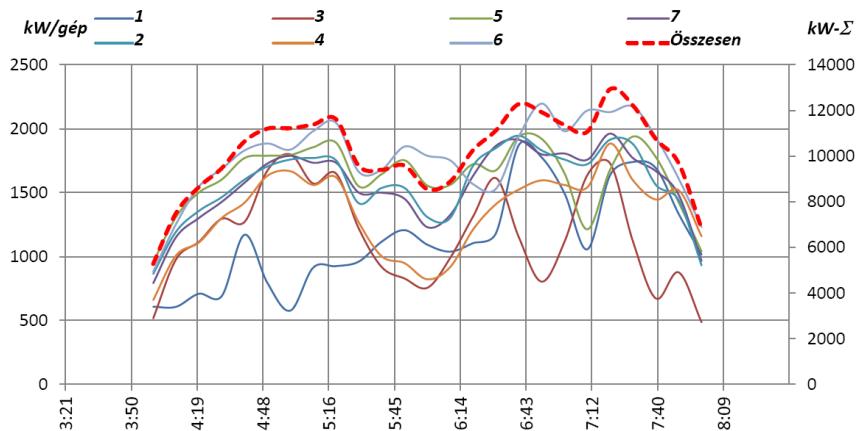
A szélenergia beruházásai eddig sem kaptak állami támogatást. A beruházási, vállalkozói kedv nagy, már három évvel ezelőtt is mintegy 1000-1200 MW kapacitást jelentő beruházási-terv kivitelezésre alkalmas stádiumban volt. Ha kitűzött NCST cél szerinti villamos kapacitást 2020-ra el szeretnék érni, akkor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

Magyarországon a létesítésbe az állam közvetlen tőkét nem invesztál, csak a szükséges mértékű KÁT támogatást adja, mint minden megújulóra. Az állam által megelőlegezett KÁT megjelenik az áram eladási árban tehát viszonylag rövidtávon visszatérül. Ha e költséggel nem kívánna emiatt a villany árát növelni, akkor érvényesíthetné a korábban bemutatottak megfelelően a megtérülés utáni időszakban a termelőknél, hiszen ekkor már jelentős a profitjuk. A szélenergia felhasználás révén csökken az ország fosszilis energia függősége és a CO₂ eladásból bevétele is származik. Tehát az állam mindenképpen előnyt élvezhet.

A korszerű szélenergia beruházások bizonyított és **garantált** élettartama 20 év, de a szakszerű szervizeléssel és állagmegóvással - a tapasztalatok szerint - 25 évnél nagyobb a várható tényleges élettartam. A jövőben a becslések szerint vitathatatlanul fajlagosan olcsóbb lesz a szélenergia termelt áram, mint a szén- vagy gázenergia termelt áram, a teljes termelési költséget figyelembe véve. Nem elhanyagolható a technológiai fejlődés és a növekvő tüzelőanyag-költségek.

Konkrétan, ha egy magyarországi korszerű szélenergia befektetési költsége megtérül (mai támogatás mellett ez ~10 év) az előállított villamos energia költsége a szabályozási költségekkel együtt 8-10Ft/kWh-ra mérséklődik. Ennél olcsóbb energia nincs, és ezt még legalább 10 évig produkálják (de nem kizárt a 20 év sem).

A szélenergia, amint a többi természetfüggő megújuló, hálózati a kiegyenlítést igényelnek.



13. ábra

Egy hazai 7db 2MW-os egységből álló, 6 km hosszúságban elnyúló szélparkban az egyes gépeinek és a park összesített teljesítménye

A 13. ábra jól szemlélteti, hogy egy hazai 7db 2MW-os egységből álló, 6 km hosszúságban elnyúló szélparkban az egyes gépek között ~5órás időtartamban 300-400% eltérések is adódtak a

szél horizontális egyenetlensége miatt, miközben az park átlagos (összes = Σ) termelése a felpörgési és leállási résztől eltekintve 30-35%-ot változott.

Tehát a parkoknak önmagukban, de országosan is jelentős kiegyenlítő hatásuk van. Fontos megjegyezni, hogy a szélerőműveket üzemeltetők nem zárkoznak el a kiszabályozási költségek átvállalásától, de szükség szerint a visszaterheléstől sem. A hazai szélparkoknál végzett kalkulációk szerint a kiszabályozás piaci árfüggő. A hazai szélpark tulajdonosoknál a kiszabályozási átlagár (2011-2012. években) 0,8-1,5Ft/kWh értékre adódott. Tehát lényegesen nem befolyásolja a termelési költséget.

Fontos megjegyezni, hogy a jelenleginél nagyobb kapacitásoknál sem lehetetlen a hazai villamos rendszer kiszabályozása, mivel a tartalék kapacitás a villamos energia rendszerben ma is jelen vannak. 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 (az üzembeállítás óta) csak egy hónap során érte el a 60%-ot. A hazánkban a meglévő erőmű kapacitás ~9000MW, a csúcspozíció 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, miközben nő a határkeresztesző vonalak teljesítménye is.

Irodalom

- [1.]Tóth G. – Schrempf N. – Tóth L. (2005): A szélenergia prognosztizálása, üzemi tapasztalatok, MTA AMB, K + F Tanácskozási 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 szélterkép 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
- [9.][Small Wind World Report 2012 Summary](#), BONN, 3 – 5 JULY 2012 Germany