

## Érdemes-e korszerűbbre cserélni a szélerőművek berendezéseit?

**Pálosi Dániel**

Gábor Dénes Főiskola, 1115 Budapest, Etele út 68.

### ÖSSZEFOGLALÁS

*A szélenergia elektromos áram termelésére való hasznosítása már kis teljesítményű szélerőművek alkalmazása esetén is jelentős környezetvédelmi eredményeket mutat fel, hiszen „egy 600 kW teljesítményű szélgenerátor a fosszilis erőművekkel szemben évi 15 tonna CO<sub>2</sub>-tól kíméli meg a környezetet” (Tóth és Horváth, 2003). A Magyarországon fellendült szélenergia ipar egyre nagyobb területigénnyel rendelkezik, így a jövőben egyre kevesebb projekthelyszín kínálkozik a befektetők részére. Az újonnan épülő szélerőművek toronymagasság-emelése mellett a már meglévők repowering lehetősége is fennáll a jövedelmezőbb üzemeltetésre. A cikkben felvázolásra került projektek esetében pénzügy matematikai eszközökkel bizonyítható, hogy ugyanazon projekthelyszínen létesített kis teljesítményű szélerőmű alacsonyabb jövedelmezőséget mutat, mintha a húsz éves életciklusának lejártá előtt egy nagyobb teljesítményű szélerőműre cseréljük le; figyelembe véve az összes a csere miatt keletkező jövedelem-kiesést, valamint átépítési költséget.*

(Kulcsszavak: környezetvédelem, energiasűrűség, területigény, szélerőmű csere, jövedelmezőség)

### Is it worth modernizing wind power machines?

Dániel Pálosi

Dénes Gábor Applied University, H-1115 Budapest, Etele út 68.

### ABSTRACT

*The utilization of wind energy for electricity production shows remarkable results for the environment even at a lower capacity level; as „a wind power plant with a capacity of 600 kW saves yearly 15 tons of CO<sub>2</sub> for the environment compared to the production of fossil power plants” (Tóth and Horváth 2003). The boom of wind-energy industry has resulted in constantly growing territorial needs; so the number of project locations for investors keeps on decreasing. For a more profitable operation, the opportunity of repowering of already-built wind power machines has to be mentioned, besides the raising of tower height of the new ones. In the cases showed in this article it can be proved by financial-mathematical methods that a wind power machine located on the same territory, with a lower capacity, shows a lower profitability as if it was repowered by a high-capacity machine before the end of its lifecycle of twenty years; taking into account the opportunity cost and reconstruction cost of the replacement.*

(Keywords environmental protection, energy-density, territorial need, repowering, profitability)

## BEVEZETÉS

Megéri-e nagyobb teljesítményű gépek alkalmazása Magyarországon a már meglévő, kis teljesítményű szél erőművek helyett? – azaz, szóba jöhet-e a repowering, mint beruházási döntés a szélenergetikai projektek jövedelmezőségének és termelési hatékonyságának növelése érdekében.

A magyarországi szélenergia termelési kapacitások az európai tendenciákhoz mérten folyamatos növekedést mutatnak. Az Európai Szélenergia Ügynökség adatai szerint, míg egész Európában 2004-ről 2006 végéig 34.205 MW-ról 48.027 MW-ra<sup>1</sup>, addig Magyarországon 6 MW-ról 61 MW-ra emelkedett az installált szél erőmű teljesítmény. A Magyar Szélenergia Társaság közlése alapján 2007 júliusában Magyarországon 42 szél erőmű (*1. táblázat*) működött 63,275 MW beépített teljesítménnyel. 2010-ig ez a szám összesen 330 MW-ig bővíthet (*Kircsi és Tóth, 2006*).

A technológiai fejlődés következtében a szélenergia kiaknázása szempontjából kevésbé vonzó területek is felhasználhatóak erre a célra. Az egyre magasabbra nyúló szél erőmű tornyok lehetővé teszik nagyobb szélesebességek hasznosítását, ami azt jelenti, hogy az elsődleges bevételi forrás, a megtermelt elektromos áram mennyiségének, növekedése a megtérülési idő redukálásához vezethet.

Fontos megemlíteni, hogy a szél erőművek telepítésére alkalmas területeket kellő határfokkal hasznosítsuk, ami azt jelenti, hogy minél nagyobb névleges teljesítményű erőműveket kell alkalmazni. Termelési adatok azt mutatják, hogy ugyanazon területen kitelepített magasabb teljesítményű (2 MW) szél erőmű akár a 4-szeresét is megtermelheti annak az elektromos áramnak, ami egy kis teljesítményű (600 kW) szél erőművel elérhető lenne.

Ennek következtében két cél elérése szükséges:

- nagy teljesítményű szél erőművek alkalmazása az új beruházásokban
- repowering, azaz a kis teljesítményű gépek lecserélése nagyobb teljesítményűre, a nagyobb energiasűrűség elérése érdekében.

A 2007. júliusában a német Környezetvédelmi Minisztérium Szövetségi Környezetvédelmi Hatósága által kiadott szélenergia stratégiai terve alapján régi, kis teljesítményű szél erőművek repoweringjének jövedelmezősége az évek előrehaladtával egyre nő (*Umweltbundesamt, 2007*). A tanulmány alapján, a helyi adottságok figyelembevételével mintegy 12 évnek kell eltelnie ahhoz, hogy a repowering jövedelmező legyen. Az *1. táblázatban* látható, hogy Magyarországon az első szél erőmű 2000-ben épült, ami azt jelenti, hogy a jövedelmező repowering beruházások 2010 után várhatóak.

---

<sup>1</sup> Európai Szélenergia Ügynökség: Installált szél erőmű energia 2006 végéig (*European Wind Energy Association: Wind power installed in Europe by end of 2006 (Cumulative)*) [http://www.ewea.org/fileadmin/ewea\\_documents/documents/publications/statistics/070129\\_Wind\\_map\\_2006.pdf](http://www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/documents/publications/statistics/070129_Wind_map_2006.pdf),

Európai Szélenergia Ügynökség: Installált szél erőmű energia 2004 végéig (*European Wind Energy Association: Wind power installed in Europe by end of 2004 (Cumulative)*) [http://www.ewea.org/fileadmin/ewea\\_documents/documents/graphs\\_maps\\_tables/europe\\_data\\_05\\_final.pdf](http://www.ewea.org/fileadmin/ewea_documents/documents/graphs_maps_tables/europe_data_05_final.pdf)

## 1. táblázat

## Telepített szélenergia kapacitás Magyarországon 2007. július 31.

Helyszín (1)	Torony- szám [db] (2)	Gyártó(3)	Típus (4)	Egység- teljesítmény [kW] (5)	Összes teljesítmény [kW] (6)	Üzembe helyezés ideje(7)
Inota/Várpalota	1	NORDEX	N-250	250	250	2000
Kulcs	1	ENERCON	E-40	600	600	2001.05.23.
Mosonszolnok	2	ENERCON	E-40	600	1200	2002.12.19.
Mosonmagyaróvár	1	ENERCON	E-40	600	600	2003
Mosonmagyaróvár	1	ENERCON	E-40	600	600	2003
Bükkaranyos	1	VESTAS	V27	225	225	2004
Erk	1	ENERCON	E-48	800	800	2005
Újrónafő	1	ENERCON	E-48	800	800	2005
Szápár	1	Vestas	V90 NH80	1800	1800	2005
Vép	1	ENERCON	E-40	600	600	2005
Mosonmagyaróvár	5	ENERCON	E-70	2000	10000	2005
Mezőtúr	1	Fuhrländer	MV77	1500	1500	2006
Törökszentmiklós	1	Fuhrländer	MV77	1500	1500	2006
Mosonmagyaróvár	5	Vestas	V90	2000	10000	2006
Felsőzsolca	1	Vestas	V90	1800	1800	2006
Csetény	2	Vestas	V90	2000	4000	2006
Ostffyasszonyfa	1	ENERCON	E-40	600	600	2006
Levél	12	Gamesa	G90	2000	24000	2006
Mosonszolnok	1	ENERCON	E-48	800	800	2007
Csorna	1	ENERCON	E-48	800	800	2007
Mecsér	1	ENERCON	E-48	800	800	2007
<b>Összesen (8):</b>	<b>42</b>				<b>63275</b>	

Forrás (Source): Magyar Szélenergia Társaság, 2007, (Hungarian Wind Energy Association, 2007) <http://www.mszt.hu/index.php?mid=53>

Table 1: Built wind energy capacity in Hungary, 31 July 2007

Place(1), Number of machines(2), Producer(3), Type(4), Unit capacity[kW](5), Total capacity [kW](6), Starting time of operation(7), Total(8)

## ANYAG ÉS MÓDSZER

A cikkben két jövedelmezőségi analízis kerül levezetésre, illetve összehasonlításra azonos pénzügy matematikai eszközök segítségével. Az értékelt projekteknél 20 éves tervezési időszakkal számoltam. Míg az első projektben az alapberuházást egy 600kW névleges teljesítményű szél erőmű teszi ki, a második projekt esetében egy 2 MW-os szél erőmű beruházása kerül értékelésre azzal a különbséggel, hogy  $t_0$ -ban a 600kW-os gép repoweringjével indul. Ez azt jelenti, hogy a beszámításra kerülnek azon költségek, illetve megtakarítások, melyek a meglévő 600 kW-os gép lecsereléséből keletkeznek. A

projekthelyszín és a projekt beazonosítását lehetővé tevő pontosító információk az üzemeltető kérésére nem kerülnek bemutatásra.

A műszaki információk gazdasági adatokká való átalakítása az adott költség- illetve bevétel-csoportok kidolgozásával történik. Az árbevételből (nominális<sup>2</sup>) levonva az üzemi költségeket, egyéb költségeket, kamatköltségeket, tőketörlesztést, valamint a társasági adót, kapható meg a Free Cash Flow. A társasági adóalap megállapítása az üzemi költségek, egyéb költségek, kamatköltségek, illetve amortizáció az árbevételből való levonása után történik. A társasági adókulcs 16%-os.

A kalkulált pénzügyi adatok Európában kerülnek a számításokba 250 HUF/EUR árfolyam mellett.

A beruházási döntés alapja a jövőben jelentkező cashflow-k jelenérték-szummájának és  $t_0$ -ban felmerülő kiadások összegének összehasonlítása. A jövőbeli pénzáramok jelenértékeinek meghatározása diszkontálás módszerével történik. A nettó jelenérték (NPV, Net Present Value) döntési formula alapján összegzésre kerülnek a  $t_0$ -ban jelentkező kiadások ( $-I_0$ ) és a jövőbeni pénzáramok jelenértéke. Pozitív eredmény esetében az investíció megvalósítása jövedelmező, a tőke alternatív költségét jelentő diszkontráta figyelembevételével számított jelenértékek összege meghaladja a beruházási költségeket. Más megfogalmazásban a diszkontrátával történő korrekció után kapott pozitív jelenérték azt jelenti, hogy az adott beruházás rentábilisabb a piacon található alternatív befektetési lehetőségeknél (Bogner, 2004)

A számításokban felhasznált egyéb pénzügy matematikai mutatószámok, mint a megtérülési idő, nyereség-annuitás, illetve a belső megtérülési ráta is iránymutatást adnak a beruházás-döntési helyzetben.

A vizsgált projektek:

- Projekt 1: 600 kW-os Enercon E-40-es szélérőmű beruházás.
- Projekt 2: 600 kW-os Enercon E-40-es szélérőmű repoweringje egy 2000 kW-os Enercon E-70-es géppel.

## **EREDMÉNY ÉS ÉRTÉKELÉS**

A beruházások értékeléséhez szükséges pénzügyi adatok a 2. és 3. táblázat szerint alakulnak a különböző projektek esetében.

A beruházások 70%-át kitevő annuitásos hitelek 10 éves futamidővel és 6%-os éves kamattal értendők. A gépek értékcsökkenési kulcsa 14,5%-os ami azt jelenti, hogy közel 7 év az amortizációs idejük.

<sup>2</sup> Pénzügyminisztérium inflációs előrejelzése (*Inflation anticipations of Ministry of Finance*)

[www2.pm.gov.hu/web/home.nsf/portalarticles/D4CF8FD8BD01D444C1257073003C950E/\\$File/35\\_éves\\_inflacio\\_honlapra\\_2007.xls](http://www2.pm.gov.hu/web/home.nsf/portalarticles/D4CF8FD8BD01D444C1257073003C950E/$File/35_éves_inflacio_honlapra_2007.xls)

<b>2008</b>	<b>2009</b>	<b>2010</b>	<b>2011</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>
3,3%	3,0%	2,9%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,8%	2,7%	2,7%
<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>	<b>2024</b>	<b>2025</b>	<b>2026</b>	<b>2027</b>
2,7%	2,7%	2,7%	2,6%	2,6%	2,6%	2,6%	2,6%	2,5%	2,5%

## 2. Táblázat

## Az 1. Projekt pénzügyi adatai

<b>Költségoldal (1)</b>	
Tervezési költségek (2)	18 ezer €
Hálózatra csatlakozás költségei (3)	25 ezer €
Beszerzési költségek (gép, szállítás, beüzemelés) (4)	599 ezer €
Felépítés költsége (5)	38 ezer €
<i>Összesen</i> (6)	<i>680 ezer €</i>
<b>Forrásoldal (7)</b>	
Hitel (8)	476 ezer €
Saját tőke (9)	204 ezer €
<i>Összesen</i>	<i>680 ezer €</i>

Forrás (Source): Projekt üzemeltető (Project operator)

Table 2: Financial data of Project 1

Costs(1), Planning costs(2), Costs of grid connection(3), Purchase costs (machine, transport, operation)(4), Construction costs(5), Total(6), Capital(7), Credit(8), Equity(9)

## 3. táblázat

## A 2. Projekt pénzügyi adatai

<b>Költségoldal (1)</b>	
Tervezési költségek (2)	58 ezer €
600 kW-os gép leszerelése (3)	38 ezer €
600 kW-os gép bevétel kiesése (4)	442 ezer €
Hálózatra csatlakozás költségei (5)	189 ezer €
Beszerzési költségek (gép, szállítás, beüzemelés) (6)	2 319 ezer €
Felépítés költsége (7)	246 ezer €
<i>Összesen</i> (8)	<i>3 292 ezer €</i>
<b>Forrásoldal (9)</b>	
Hitel (10)	2 304 ezer €
Saját tőke (11)	988 ezer €
<i>Összesen</i>	<i>3 292 ezer €</i>

Forrás (Source): Projekt üzemeltető (Project operator)

Table 3: Financial data of Project 2

Costs(1), Planning costs(2), Demolition of the 600 kW machine(3) Income loss (opportunity cost) of the 600 kW machine(4) Costs of grid connection(5), Purchase costs (machine, transport, operation)(6), Construction costs(7), Total(8), Capital(9), Credit(10), Equity(12)

Ha tisztában vagyunk a szélerőművek technikai adataival és kitelepítési helyszínének meteorológiai adottságaival, kiszámítható a várható éves megtermelt villamos áram

mennyisége. Az egyes szélesebességek várható, órában megadott tartama és a szélesebességekhez tartozó teljesítmény meghatározza a különböző szélesebességeken és toronymagasságokban termelhető éves várható villamos áram mennyiségét kW-ban.

Az 1. Projekt esetében közel 1 millió kW várható éves elektromos áram termelhető meg 5,98 m/s-os átlagos éves szélesebesség mellett. A 4. és 5. táblázatokban bemutatásra kerülnek az Anyag és Módszer fejezetben kifejtett modell alapján számítható pénzügy matematikai mutatók.

A 4. táblázat adatai azt mutatják, hogy az optimális, 20 éves beruházási időtartam választása esetén a 7. évben térül meg a projekt (itt válik pozitívvá az NPV) és 631 ezer Euró az investíció jelenbeli értéke. Ezek mellett a beruházás belső megtérülési rátája 21%-os, ami azt jelenti, hogy mindaddig pozitív jelenértéket produkál az investíció, míg a piacon található hasonló befektetések jövedelmezőségi rátája meg nem haladja ezt az értéket.

#### 4. táblázat

##### Egyszerűsített számítási séma a 600 kW-os szélérőmű esetében ezer Euróban

Évek (1)	Bevétel (2)	Tőke- törlesztés (3)	Kamat- törlesztés (4)	Adó (5)	FCF (6)	NPV (7)	Annuitás (8)
2007					-204		
2008	92	-36	-29	0	27	-178	-186
2009	95	-38	-26	0	30	-150	-80
2010	98	-41	-24	0	33	-121	-44
2011	100	-43	-22	0	36	-92	-26
2012	103	-46	-19	0	39	-61	-14
2013	106	-48	-16	0	41	-30	-6
2014	109	-51	-13	-3	42	0	0
2015	112	-54	-10	-16	31	22	3
2016	115	-58	-7	-17	33	44	6
2017	118	-61	-3	-18	35	66	8
2018	121	0	0	-19	102	128	15
2019	125	0	0	-20	105	188	21
2020	128	0	0	-20	108	248	26
2021	131	0	0	-21	110	306	30
2022	135	0	0	-22	113	363	34
2023	138	0	0	-22	116	419	38
2024	142	0	0	-23	119	473	41
2025	146	0	0	-23	122	527	44
2026	149	0	0	-24	125	579	47
2027	153	0	0	-24	129	<b>631</b>	49

*Table 4: Simplified calculation scheme in the case of the 600 kW windpower machine in thousand Euros*

*Years(1), Income(2), Credit redemption(3) Interest payment(4) Tax(5), Free cash flow(6), Net present value(7), Annuity(8)*

Az 2. Projekt esetében 4 millió kW várható éves elektromos áram termelhető meg 6,33 m/s-os átlagos éves szélesség mellett.

A 5. táblázat adatai azt mutatják, hogy az optimális, 20 éves beruházási időtartam választása esetén a 15. évben térül meg a projekt (itt válik pozitívvá az NPV) és 1,1 millió Euró az investíció jelenbeli értéke, a belső megtérülési rátája, pedig 10%-os.

## 5. táblázat

### Egyszerűsített számítási séma a 2000 kW-os szélenergiaeszköz esetében ezer Euróban repowering figyelembevételével

Évek (1)	Bevétel (2)	Tőke-törlesztés (3)	Kamat-törlesztés (4)	Adó (5)	FCF (6)	NPV (7)	Annuitás (8)
2007					-988		
2008	296	-175	-138	0	-17	-1004	-1051
2009	283	-185	-128	0	-30	-1031	-552
2010	303	-196	-117	0	-10	-1040	-380
2011	322	-208	-105	0	9	-1032	-289
2012	334	-221	-92	0	21	-1015	-232
2013	378	-234	-79	0	65	-966	-188
2014	355	-248	-65	0	42	-935	-160
2015	365	-263	-50	-50	1	-935	-143
2016	385	-279	-34	-56	16	-924	-128
2017	406	-295	-18	-62	31	-905	-115
2018	423	0	0	-68	356	-690	-82
2019	437	0	0	-70	367	-478	-53
2020	443	0	0	-71	372	-273	-29
2021	457	0	0	-73	384	-71	-7
2022	471	0	0	-75	395	128	12
2023	497	0	0	-80	418	328	30
2024	512	0	0	-82	430	526	46
2025	527	0	0	-84	443	720	60
2026	541	0	0	-87	455	910	73
2027	556	0	0	-89	467	<b>1097</b>	86

Table 5: Simplified calculation scheme in the case of the 2000 kW windpower machine considering repowering in thousand Euros

See Table 4

## KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Az eredményeket összevetve megállapítható, hogy a második projekt esetében magasabb jelenértéket ér el a beruházás, így ezen változat megvalósítása tűnik jövedelmezőbbnek. Tehát pénzügyi szempontból is megfontolandó a régi építésű, kis teljesítményű szélenergiaeszközök lecserélése újabb változataikra. Természetesen minél később kerül leváltásra a használatban lévő gép, annál kevesebb költség (opportunity cost) keletkezik a még várható cashflowkból, tehát az új gép előbb tudja kigazdálkodni az ebből származó pénzügyi hátrányt.

## **IRODALOM**

- Bíróné Kircsi A., Tóth P. (2006): A magyarországi szélenergia hasznosítás tapasztalatai és jövője. In: Energiagazdálkodás, 47. 5. Budapest
- Bogner S. (2004): Investitionsbeurteilung. Bécs : Wirtschaftsuniversität Wien
- Tóth L., Horváth G. (szerk.) (2003): Alternatív energia. Szélmotorok, szélgenerátorok. Budapest : Szaktudás Kiadó Ház
- Umweltbundesamt (2007): Entwicklung einer Umweltstrategie für die Windenergienutzung auf Land und auf See. Umweltbundesamt, Dessau [online] <URL: (<http://www.umweltdaten.de/publikationen/fpdf-l/3241.pdf>)> [2007.10.07.]

Levelezési cím (*Corresponding author*):

**Pálosi Dániel**

H-2461 Tárnok, Templom u. 18.

Tel.: 36-70-516-6618

e-mail: [palosi\\_daniel@freemail.hu](mailto:palosi_daniel@freemail.hu)