

ELŐSZÓ

Hans van Steen

A megújuló energiaforrások szabályozási politikájával és előmozdításával foglalkozó, *Regulatory Policy and Promotion of Renewable Energy* nevű egység vezetője,



Energiaügyi és Közlekedési Főigazgatóság (DR TREN), Európai Bizottság

Nagy öröm számomra, hogy bevezetőt írhatok az Európai Szélergia Társaság (EWEA) által, az Európai Bizottság támogatásával, az Intelligens Energia – Európa program keretében készült *Szélergia – a tények c.* dokumentum új kiadása elé.

Az Európai Unió (EU) szintjén az energiával és az éghajlatváltozással kapcsolatos kihívások a legmagasabb prioritású politikai kérdések közé tartoznak, ráadásul egyre jobban beigazolódik, hogy a szélergia a megoldás fontos része lehet. A tiszta és biztonságos energiatermeléshez való konkrét hozzájárulása révén a szél biztosítja, hogy egyre nagyobb mennyiségű villamos energia előállítása történjen fosszilis tüzelőanyagok felhasználása nélkül, az értékes édesvíz hűtési célokra való felhasználása nélkül, valamint üvegházhatású gázok és ártalmas légszennyező anyagok kibocsátása nélkül.

A szélergia bevezetése továbbra is sikertörténet az EU-ban. Egyre több tagállam csatlakozott a kezdeti élenjárókhoz, és a szélergia kiaknázása továbbra is a villamosenergia-termelés egyik leggyorsabb növekedést mutató formája Európában. A szélturbina-technológia folyamatosan javul, egyre nagyobb és hatékonyabb technológiák kerülnek bevezetésre, és a part menti alkalmazások egyre inkább meghatározóvá válnak.

Az Európai Bizottságnak meggyőződése, hogy a megújuló energia hatalmas kiaknázatlan lehetőségeket rejt Európában. A megújuló energia célként elfogadott 20%-os részesedése az EU 2020-as energiaszerkezetében egyszerre nagyra törő és elérhető.

Ennek a célszintnek a teljesítése nem válhat valósággá, ha nincs meg az erős elkötelezettség minden szinten, beleértve a nemzeti kormányokat és magát a megújuló energia-ipart is. A szélergia nagyléptékű integrálása a villamosenergia-hálózatokba és piaci bevezetése komoly kihívásokat állít a szektor elé – olyan kihívásokat, amelyek szükségessé teszik a kutatóknak, az átviteli rendszerek irányítóinak, az energiavállalatoknak, a szabályozó szervezeteknek, az energiapolitika kialakítóinak és a többi érdekelt félnek a szoros együttműködését és a megfelelő megoldások konstruktív mérlegelését.

Ez a kiadvány kitűnő, felettébb olvasmányos és átfogó áttekintést nyújt a szélergia szempontjából fontos legkülönbözőbb kérdésekről. Tekintettel a szél növekvő jelentőségére az európai energiaszektorban, a kiadvány fontos referenciadokumentum – nem csupán magának a szektornak, hanem a politika kialakítóinak és a döntéshozóknak a számára is.

AZ EWEA ELŐSZAVA

Arthouros Zervos

Elnök, Európai Szélerergia Társaság



Öt éve, hogy megírtam az előszót a *Szélerergia – a tények* c. dokumentum 2004-es kiadása elé. Ez alatt a rövid időszak alatt nagy horderejű, pozitív változások mentek végbe az európai szélerergia-iparban. Az iparágat 2004-ben övező környezeti, szabályozási, technológiai, pénzügyi és politikai kérdések zöme mostanra kielégítő választ kapott.

Ennek az elképesztő sikertörténetnek talán a legrelevánsabb bizonyítéka az összegzett telepített szélerergia-kapacitás. 2003 végére az EU 15 országa több mint 28 000 megawatt (MW) összkapacitású szélturbinát telepített. 2007 végére az időközben 27 országra bővült EU-ban ugyanez a kapacitás meghaladta az 56 000 MW-ot.

Ez az 56 000 MW az EU teljes villamosenergia-szükségletének 3,7%-át fedezte, 30 millió átlagos európai háztartás igényével egyenértékű energiát termelt, 91 millió tonna szén-dioxid kibocsátását kerülve el. Ráadásul több milliárd eurót sikerült megtakarítani az importált tüzelőanyag költségein 2007-ben, miközben több mint 11 milliárd eurót fektettek be a szélturbinák telepítésébe Európában.

Az éghajlatváltozásra és az energiára összpontosuló politikai figyelem is jelentősen fokozódott az elmúlt öt év folyamán. A politikusok megvalósítható és hatékony megoldásokat keresnek a növekvő olajárak, a fogyatkozó fosszilis tüzelőanyag-tartalékok és a külföldi energiaellátástól való függőség jelentette kihívásokra, valamint a globális felmelegedés potenciális pusztításaira. Választott vezetőink ma – jobban, mint bármikor – megoldásokat keresnek ezekre az összetett és kritikus fontosságú kérdésekre.

Ennek eredményeként az EU azt a kötelező erejű célt tűzte ki, hogy energiaellátásának 20 százalékát a szél és egyéb megújuló energiaforrások kell, hogy biztosítsák 2020-ra. Ennek a célnak az eléréséhez az európai villamosenergia-igény több mint egyharmada kell, hogy megújuló energiaforrásokból származzon, és a várakozások szerint a szélerergia a teljes igény 12–14 százalékát (180 GW-ot) fogja szolgáltatni. Így a szélerergia vezető szerephez fog jutni a helyben termelt, zöld energia állandó biztosításában.

Úgy érezzük, itt az ideje a *Szélerergia – a tények* c. dokumentum átdolgozásának, hogy foglalkozni tudjunk a további változásokkal ebben az Európában és világszinten egyaránt gyorsan növekvő iparágban. A piac és a turbinák mérete egyaránt mérhetetlenül megnövekedett 2003 óta – és ez teljesen új mérlegelést tesz szükségessé. A nagy mennyiségben előállított pluszenergia szükségessé teszi, hogy tisztességes, hatékony és átlátható módon kezeljük a hálózathoz való hozzáférést, az új, megerősített távvezetéseket, és a rendszerek működtetését érintő kérdéseket. A viszonylag új keletű part menti szélerergia-ipar döbbenetesen nagy potenciállal rendelkezik, de segíteni kell, hogy felcseperedjen, és az ellátási láncban a gyors fejlődés miatt keletkező szűk keresztmetszetek kiküszöbölése még a jövő feladata.

Reményeim szerint a *Szélerergia – a tények* c. dokumentum ezen legfrissebb kiadása segít utat nyitni a valóban fenntartható jövő felé. Meggyőződésem, hogy a szélerergia-ipar legyőzi az előtte álló kihívásokat, és még nagyobb sikert ér majd el.

Arthouros Zervos

Elnök, EWEA

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Az Európai Szélenergia Társaság (EWEA) hálásan köszöni azoknak a szerzőknek a munkáját, akik hozzájárultak a *Szélenergia – a tények* című dokumentum új kiadásához.

I. rész

Paul Gardner, Andrew Garrad, Lars Falbe Hansen, Peter Jamieson, Colin Morgan, Fatma Murray és Andrew Tindal, *Garrad Hassan and Partners, Egyesült Királyság* (www.garradhassan.com); José Ignacio Cruz és Luis Arribas, *CIEMAT, Spanyolország* (www.ciemat.es); Nicholas Fichaux, *Európai Szélenergia Társaság (EWEA)* (www.ewea.org).

II. rész

Frans Van Hulle, *EWEA és Paul Gardner, Garrad Hassan and Partners.*

III. rész

Poul Erik Morthorst, *Risø DTU National Laboratory, Technical University of Denmark* (www.risoe.dk); Hans Auer, *Energy Economics Group, University of Vienna*; Andrew Garrad, *Garrad Hassan and Partners*; Isabel Blanco, *UAH, Spanyolország* (www.uah.es).

IV. rész

Angelika Pullen, *Globális Szélenergia Tanács (GWEC)* (www.gwec.net); Keith Hays, *Emerging Energy Research* (www.emerging-energy.com); Gesine Knolle, *EWEA*.

V. rész

Carmen Lago, Ana Prades, Yolanda Lechón és Christian Oltra, *CIEMAT, Spanyolország* (www.ciemat.es); Angelika Pullen, *GWEC*; Hans Auer, *Energy Economics Group, University of Vienna.*

VI. rész

Arthouros Zervos, *National Technical University of Athens, Görögország* (www.ntua.gr); Christian Kjaer, *EWEA*.

Koordinátorok

Zoé Wildiers, Gesine Knolle és Dorina Iuga, *EWEA*

Szerkesztők

Christian Kjaer, Bruce Douglas, Raffaella Bianchin és Elke Zander, *EWEA*

Nyelvi szerkesztők

Rachel Davies, Sarah Clifford, Chris Rose

Köszönetet mondunk továbbá az értékes adatokért és a szöveg lényeges kiegészítéseikért az alább felsorolt szervezeteknek, valamint az EWEA többi tagszervezetének a tőlük kapott támogatásért és hozzájárulásukért.

Megújuló Energiaforrás Termelők Szövetsége (APPA, Spanyolország)

Ausztiai Szélenergia Társaság

Brit Szélenergia Társaság

Bolgár Szélenergia Társaság

Ciprusi Energia Intézet

Cseh Szélenergia Társaság

Dán Szélipari Társaság

ECN, Hollandia

Ente Per Le Nuove Tecnologie, l'Energia e l'

Ambiente-Centro Ricerche (ENEA, Olaszország)

Észt Szélenergia Társaság

Finn Szélenergia Társaság

Francia Környezet- és Energiagazdálkodási

Ügynökség (ADEME, Franciaország)

GE Wind Energy, Németország

Görög Szélenergia Társaság

IV SZÉLENERGIA – A TÉNYEK - KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Instituto de Engenharia Mecanica e Gestao Industrial
(INEGI, Portugália)

Ír Szélenergia Társaság

KEMA Power Generation and Sustainables, Hollandia

Lett Szélenergia Társaság

Horváth Mérnöki Iroda, Magyarország

Német Szélenergia Társaság

Román Szélenergia Társaság

Szlovák Szélenergia Társaság

Svéd Védelmi Kutatási Ügynökség

Vestas Wind Systems, Dánia

VIS VENTI Szövetség a Szélenergia Támogatásáért,
Lengyelország

Végezetül az Európai Szélenergia Társaság köszönetet mond az Európai Bizottság Energiaügyi és Közlekedési Főigazgatóságának (DG TREN) a jelen projekthez (EIE/07/230/SI2.466850) nyújtott értékes támogatásért és hozzájárulásért.

A *Szélenergia – a tények* c. dokumentumban szereplő információk nem feltétlen tükrözik az Európai Szélenergia Társaság vagy az Európai Bizottság formális álláspontját.



SZÉLENERGIA – A TÉNYEK

VEZETŐI ÖSSZEFOGLALÓ



VEZETŐI ÖSSZEFOGLALÓ

A *Szélergia – a tények* c. dokumentum 2004 februárjában közzétett utolsó kiadása óta a szélergia-szektor lélegzetelállító sebességgel fejlődött, és mára magas prioritású politikai kérdéssé nőtte ki magát. Az energiaválság fenyegetése miatt egyre sürgetőbbé válik, hogy azonnali és konkrét megoldások szülessenek az energiával és az éghajlatváltozással kapcsolatos kihívásokra, amelyekkel a világ jelenleg szembe kell, hogy nézzen. A szélergia pontosan ezt kínálja.

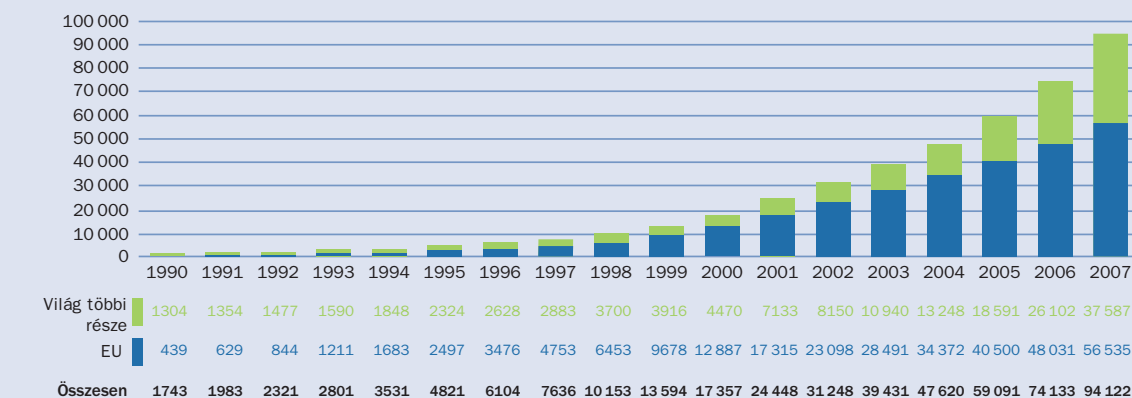
A tájékozott választások és politikai döntések meghozatalához elengedhetetlen a szélergia-szektor világos és mély megértése. A jelen kiadvány ennek a tudásanyagának a terjesztéséhez igyekszik hozzájárulni azáltal, hogy részletes tájékoztatást nyújt a szélergia-szektorról. A *Szélergia – a tények* c. dokumentum átfogó áttekintést nyújt napjaink szélergiával kapcsolatos alapvető kérdéseiről, úgymint: a szélergia-erőforrások felbecslése, technológia, szélfarmtervezés, part menti szélergia, kutatás és fejlesztés, hálózatba történő integrálás, gazdaságtan, ipar és piacok, környezeti előnyök, forgatókönyvek és célok.

2004 óta a szélergia bevezetése drámai módon nőtt. A globális telepített kapacitás a 2003. végi

40 000 megawatttról (MW) 2007 végére 94 000 MW-ra nőtt, vagyis az átlagos éves növekedési sebesség majdnem 25% volt. Európa elismerten világelső a szélergia-technológia terén. A 2007. végi adatok szerint a világ teljes szélergia-kapacitásának 60%-a Európában lett telepítve, és az európai vállalatok világpiaci részesedése 2007-ben 66% volt. A villamosenergia-szektorbeli részesedés Dániában elérte a 21%-ot, Németországban és Spanyolországban pedig kb. 7 és 12% volt. Regionális szinten az elért eredmények még lenyűgözőbbek: az észak-németországi Schleswig-Holstein szövetségi tartományban a telepített szélergia-kapacitás meghaladja a 2500 MW-ot, ami a régió teljes villamosenergia-szükségletének 36%-ának fedezésére elég, a spanyolországi Navarrában pedig az energiafogyasztás 70%-át a szélergia biztosítja.

Nagy előrelépést hozott 2007 márciusa, amikor az EU államfői kötelező erejű célkitűzésként elfogadták, hogy 2020-ra az energia 20%-a megújuló forrásokból kell, hogy származzon. 2008 januárjában az Európai Bizottság a megújuló energiaforrásokra vonatkozó törvénytervezetet nyújtott be, mely olyan stabil és rugalmas EU-keretrendszert javasol, amely a szélergia

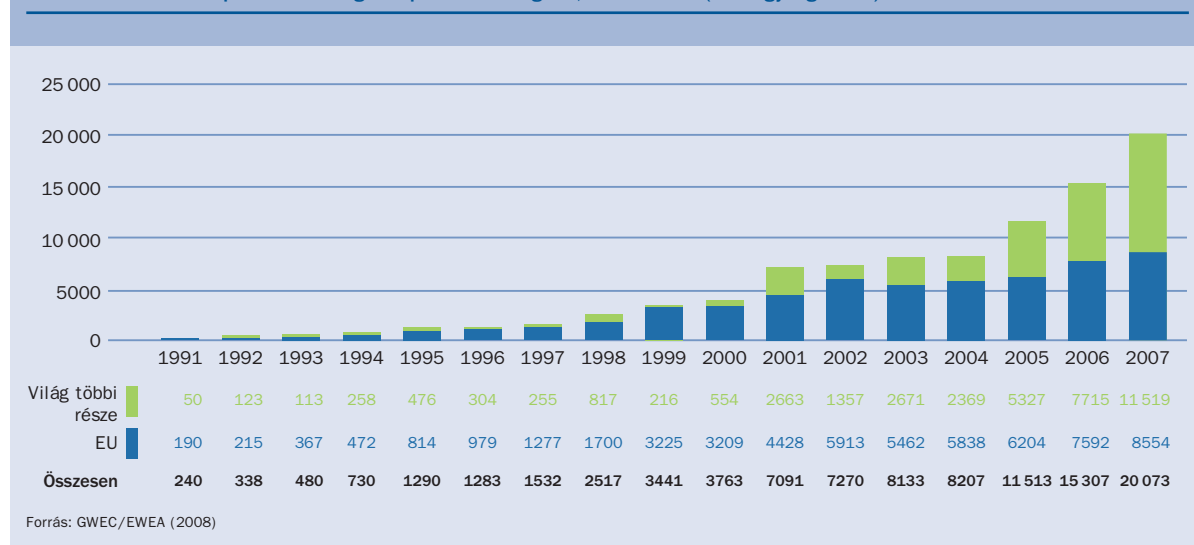
S.1. ábra: Összegzett szélergia-kapacitás a világban, 1990–2007 (MW egységekben)



Forrás: GWEC/EWEA (2008)

4 SZÉLENERGIA – A TÉNYEK - VEZETŐI ÖSSZEFOGLALÓ

S.2. ábra: Évente telepített szélenergia-kapacitás a világban, 1991–2007 (MW egységekben)



nagymértékű növekedését biztosítaná Európában. Ha a szélenergia ezután is ilyen pozitív politikai támogatást kap, akkor az EWEA előrevetített adatai szerint a szélenergia telepített kapacitása 2010-re eléri a 80 000 MW-ot az EU 27 tagállamában. Ez összességében a villamosenergia-ellátás 5%-át kitevő részese-dést jelentene. 2020-ra ez a szám a várakozások szerint 12–14%-ra nő, így a szélenergia 107 millió átlagos európai háztartás energiaigényének megfelelő termelést biztosít majd.

I. rész: Technológia

Az I. rész a minden területen gyors fejlődésen átesett szélenergia-ipari technológia összes aspektusát érinti. Rengeteget tanultunk, de még mindig nagyon sok felfedeznivaló maradt – az alaptudománynak tekintett meteorológia, aerodinamika és anyagtudomány területén éppúgy, mint az olyan alkalmazási területeken, mint a karbantartási stratégiák, a szélfarmok (szélparkok) tervezése és a villamosenergia-hálózatok megtervezése. Vannak továbbá mindeddig kipróbálatlan turbinatervezési koncepciók, melyek komoly

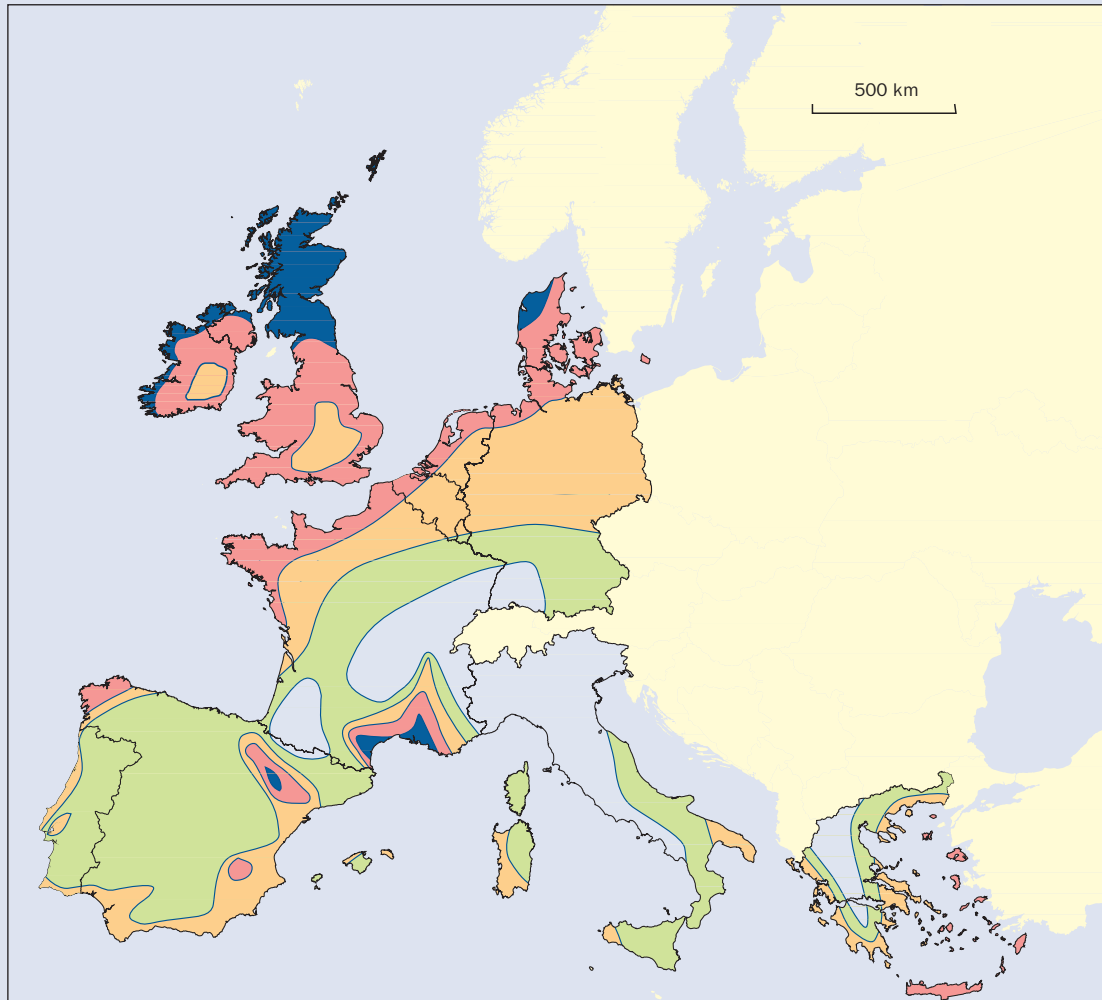
mérlegelést érdemelhetnek. Ez a rész a széltechnológia alapjait, jelenlegi állapotát és a lehetséges jövőbeli tendenciákat ismerteti.

A SZÉLENERGIA-ERŐFORRÁSOK FELMÉRÉSE

A szélenergia-erőforrások becslése jól bevált módszerekkel történik. Az I.1. fejezet ismerteti a nagy területek szélenergia-potenciáljának becslését, mely a régióban rendelkezésre álló erőforrások felmérésére és a régió belüli legjobb területek kijelölésére szolgál, továbbá adott helyszínek szélpotenciáljának és energiatermelésének becslésére is kiterjed. Az energiatermelés becslésének pontossága mind a projekt tulajdonosa, mind a projektet finanszírozó szervezetek számára kulcsfontosságú, ezért a fejezet bemutatja az energiatermelést befolyásoló tényezőket.

Az I.2. fejezet az előrejelzéssel is foglalkozik, mivel ma már ez is fontos része a szélenergia-iparnak. A villamosenergia-piac szerkezetétől függően a projekt tulajdonosa vagy az energia felvásárlója számára jelentős pénzügyi hasznot hajthat a szélenergia-termelés

S.3. ábra: Európa szárazföldi széltérképe



Szélerőforrások 50 méterrel a talaj szintje fölött ötféle topográfia mellett

	Szélárnyékos felszín		Nyílt síkság		Tengerpart		Nyílt tenger		Dombok, hegygerincek	
	ms ⁻¹	Wm ⁻²	ms ⁻¹	Wm ⁻²	ms ⁻¹	Wm ⁻²	ms ⁻¹	Wm ⁻²	ms ⁻¹	Wm ⁻²
Dark Blue	>6,0	>250	>7,5	>500	>8,5	>700	>9,0	>800	>11,5	>1800
Red	5,0–6,0	150–250	6,5–7,5	300–500	7,0–8,5	400–700	8,0–9,0	600–800	10,0–11,5	1200–1800
Orange	4,5–5,0	100–150	5,5–6,5	200–300	6,0–7,0	250–400	7,0–8,0	400–600	8,5–10,0	700–1200
Light Green	3,5–4,5	50–100	4,5–5,5	100–200	5,0–6,0	150–250	5,5–7,0	200–400	7,0–8,5	400–700
White	<3,5	<50	<4,5	<100	<5,0	<150	<5,5	<200	<7,0	<400

Forrás: Risø DTU

6 SZÉLENERGIA – A TÉNYEK - VEZETŐI ÖSSZEFOGLALÓ

pontos előrejelzése. A nagy szélergia-részesedésű villamosenergia-rendszerek irányítóinak is szüksége van előrejelzésre a rendszerek működésének optimalizálásához.

SZÉLTURBINA-TECHNOLÓGIA

A gyors műszaki haladás a szélturbina-technológia területén a legszembetűnőbb. Az I.3. fejezet bemutatja a turbinák méretének, teljesítményének és összetettségének rendkívül gyors növekedését, melyet legjobban a kereskedelmi forgalomban kapható turbinák méretének 20 év alatt 100-szorosára történő növekedése szemléltet (S.4. ábra). A szélturbinák ránézésre egyszerű gépeknek tűnhetnek, van azonban néhány olyan alapvető követelmény, amely ezt a mérnöki ágazatot az összes többitől megkülönbözteti:

- a gépnek erőműként kell működnie, felügyelet nélkül, és egyszerű energiánál többet kell nyújtania a villamosenergia-hálózatnak;
- a szél a másodpercestől az évesig terjedő időskálán változik, ennél fogva a mechanikai terheléstől

az energiatermelésig mindenben bizonytalanság jelenik meg;

- a technológiának az energia költsége tekintetében egyéb megújuló energiaforrásokkal és a hagyományos energiatermeléssel is versenyeznie kell.

Az I.3. fejezet ezért a szélerőművek fejlődésével foglalkozik, és elmagyarázza, hogy jelenleg miért a háromlapátos, széliránnyal szemben álló („upwind”), változtatható sebességű, szabályozott beállítási szögű turbinák a legelterjedtebbek. A tervezés jelenlegi fő meghatározói a hálózattal való kompatibilitás, az energia költsége (mely a megbízhatóságot is tartalmazza), a hangkibocsátás, a külső kinézet és a helyszíni körülményeknek való megfelelés.

Mindamellet még sok a megoldatlan műszaki kérdés. A jelenleg gyártott nagyméretű turbinák között vannak:

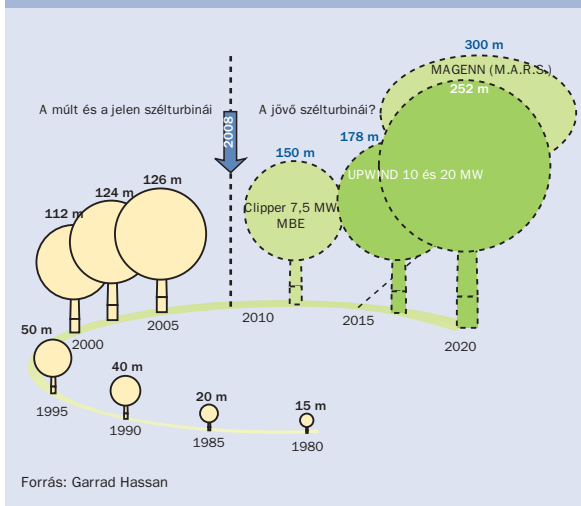
- nagy átmérőjű, alacsony fordulatszámú generátorokat tartalmazó koncepciók;
- nagy fordulatszámú generátorokat és áttételeket használó koncepciók; valamint
- közbülső megoldások, közepes fordulatszámú generátorokkal és kevesebb áttételi szinttel

Hasonlóképpen meglepő lehet, hogy a „standard” szárazföldi szélfarmokra tervezett szélturbinák optimális mérete mindmáig nem egyértelmű. A jelen fejezet ezen műszaki kérdések némelyikét tárgyalja, a zárószakasz pedig néhány radikális alternatív koncepciót tekint át.

SZÉLFARMTERVEZÉS

Az I.4. fejezet a szélturbinák szélfarmokká kombinálását, az elhelyezést befolyásoló tényezőket és az építés módját ismerteti. A szélfarmtervezés kulcsfontosságú a költségek csökkentésének és a nyilvánosság általi elfogadásnak a szempontjából, szárazföldi és part menti szélfarmok esetében egyaránt – különösen azért, mert némelyik jelenlegi szélfarm nagyobb, mint a nagyméretű hagyományos villamosenergia-termelő erőmű.

S.4. ábra: A kereskedelmi forgalomban kapható szélturbinák méretének növekedése



A szélturbinák elrendezése a szélfarmon belül nemcsak az energiatermelést befolyásolja, hanem a külső megjelenést és a zajhatásokat is a közelben. Ez a fejezet elmagyarázza, hogyan optimalizálható kifejezetten a szélenergia-ipar számára kifejlesztett szoftverek segítségével az elrendezés úgy, hogy az ilyen szempontok is figyelembe legyenek véve.

A fejezet ismerteti ezenkívül az szélfarm tervezésének építőmérnöki és villamosmérnöki vonatkozású fontos kérdéseit is. Mivel a szélenergia-ipar egyre nagyobb tapasztalatra tesz szert a különböző körülmények között létrehozott projektek terén, egyre világosabban értjük a költségeket és egyéb fontos kérdéseket, így a kockázatok nem nagyobbak, mint a hasonló méretű egyéb építőmérnöki vagy erőművi projektek esetében.

PART MENTI SZÉLENERGIA



Az I.5. fejezet a part menti (offshore) szélenergiaiával foglalkozik, mindenekelőtt kiterjeszti a szárazföldi szélenergia kérdéseinek I.2., I.3. és I.4. szakaszokban szereplő tárgyalását a part menti létesítményekre. Bár ez a piac jelenleg lényegesen kisebb, mint a szárazföldi, ma már több nemzet energiapolitikájának alapvető része, és a jövőbeli kilátások nagyok. A part menti szélenergia-piac jellemző vonása, hogy a projektek lényegesen nagyobb léptékűek és nagyobb kockázatúak, mint a legtöbb szárazföldi projekt, és valószínűnek tűnik, hogy ezeket a projekteket más szervezetek fogják kifejleszteni és megépíteni. A turbinák felállítására különleges vízi járműveket és módszereket fejlesztettek ki, és a part menti turbinák elérése a költségeket, a rendelkezésre állást és a biztonságot befolyásoló egyik fő tényezőnek bizonyult.

A turbinatechnológia is más a part menti projektek esetében. Nyomós okai vannak, hogy az egyedi turbinaméret miatt lényegesen nagyobb, így ezt a piacot a legalább 5 MW teljesítményű turbinák veszik célba. Az eltérő környezet és a megbízhatósággal szembeni még magasabb szintű követelmények miatt a kétféle technológia ennél finomabb részletekben is különbözik. Talán nagyobb valószínűséggel jelennek majd meg valódi újítást jelentő modellek a part menti piacon, mint a szárazföldi piacon, így a fejezet zárószakasza az újítást jelentő koncepciókat, például az úszó turbinákat tekinti át.

KIS SZÉLTURBINÁK

A skála másik végével az I.6. fejezet foglalkozik, mely a több különböző igény kielégítésére szolgáló kis és nagyon kis szélturbinákat mutatja be. A vidék villamosításán és az elszigetelt otthonok, hajók és távközlési létesítmények villamos energiával történő ellátásán túlmenően a városi területeken a „mikro-áramtermelés” iránt ígérkező jelentős igény is mozgatórugója a kisméretű szélturbinák tervezését célzó műszaki fejlesztéseknek, melyek a gazdaságosság szempontjából jelentős javulásokat eredményezhetnek. Emellett a

8 SZÉLENERGIA – A TÉNYEK - VEZETŐI ÖSSZEFOGLALÓ

növekvő tüzelőanyagárak is ösztönzik a fejlesztéseket a komoly műszaki kihívást jelentő nagy szélenergia-részarányú szél-dízel rendszerek területén. Ezek a piacok mind saját jellemzőkkel bírnak, együttesen pedig széles skálát fednek le. Ennélfogva a kis szélturbinák ágazata sokkal nagyobb változatosságot mutat, mint a hagyományos nagy szélturbináké. Ezen piacok közül jó néhány komoly növekedési potenciállal rendelkezik.

KUTATÁS ÉS FEJLESZTÉS

Az I.7. fejezet a szélenergia-technológia terén tett kutatási-fejlesztési (R&D) erőfeszítéseket mutatja be. Elterjedt tévedés a szélenergiát érett technológiának tekinteni, ami alapján kézenfekvőek volnának a kisebb a kutatási-fejlesztési erőfeszítések. Ráadásul a megújuló energiaforrások Európában előirányzott 20%-os részesedése az energiatermelésből új kihívásokat teremt. Az Európai Szélenergia-technológiai Platform, a TPWind (www.windplatform.eu) nemrég közzétett stratégiai kutatási programjában egy nagyra törő jövőképet festett Európáról. Ebben 2030-ra 300 GW szélenergia-kapacitás telepítésére kerül sor, ami az EU villamosenergia-fogyasztásának akár 28%-át is biztosíthatja. A TPWind jövőképe ezenkívül a part menti szélenergiára vonatkozó célkitűzést is tartalmaz; eszerint 2030-ra ez biztosítaná az EU villamosenergia-fogyasztásának mintegy 10%-át. Közbenső lépésként 40 GW kapacitás épülne ki 2020-ra – szemben a ma telepített 1 GW-tal.

A kutatás-fejlesztés elengedhetetlen a TPWind jövőképeének hatékony megvalósításához, valamint a célkitűzések megvalósításának támogatásához. A szélenergia-szektorról alkotott 2030-as jövőképeének megvalósítása érdekében a TPWind kijelölte a kutatás-fejlesztési prioritásokat. Négy tematikus terület lett azonosítva:

1. szélenergia potenciál;
2. szélturбина-technológia;
3. szélenergia integrálása;
4. part menti létesítmények kiépítése és működtetése.



A TPWind 2030-as jövőképeének megvalósításához és a szélenergia nagyléptékű kiépítéséhez alapvető fontosságú a stabil és jól definiált piaci, politikai és szabályozási környezet nyújtotta támogatás. A piacra való bevezetés stratégiája egyéb célok mellett a költség csökkentésére és a szélenergiának a természetes környezetbe történő hatékony integrálására is törekszik.

Ennek egyik sarkalatos pontja a kutatás-fejlesztés finanszírozása. A szélenergia kutatására és fejlesztésére jelenleg fordított teljes összeg az EU-ban nem elegendő a megújuló energiaforrások energiaszerkezetbeli részesedése vonatkozásában kitűzött európai célok, illetve a növekedésre és a munkahelyek számára vonatkozó lisszaboni célkitűzések eléréséhez.

A legkritikusabb elem az európai hozzájárulás. A stratégiai energiatechnológiai terv (SET-terv) számos eszközt javasol a helyzet megoldására, egyebek között az Európai ipari kezdeményezéseket és az Európai szélenergia-kezdeményezést.

II. rész: Hálózatba történő integrálás

A szélenergia időben változik, elsősorban az időjárás változékonyságak következtében. A változások időskálája a másodpercestől az évesig terjed. Ezeknek a változásoknak és előre jelezhetőségüknek a megértése elsődleges fontosságú a szélenergiának az energiarendszerbe történő integrálása és optimális felhasználása szempontjából. Ezeket a kérdéseket a II.1. és a II.2.

fejezet tárgyalja. A villamosenergia-szolgáltató rendszerek természetüknél fogva változóak, igény és ellátás tekintetében egyaránt. Kialakításuk azonban olyan, hogy konfigurációjuk, vezérlőrendszereik és egymással való összekapcsolásuk révén hatékonyan tudják kezelni ezeket az ingadozásokat.

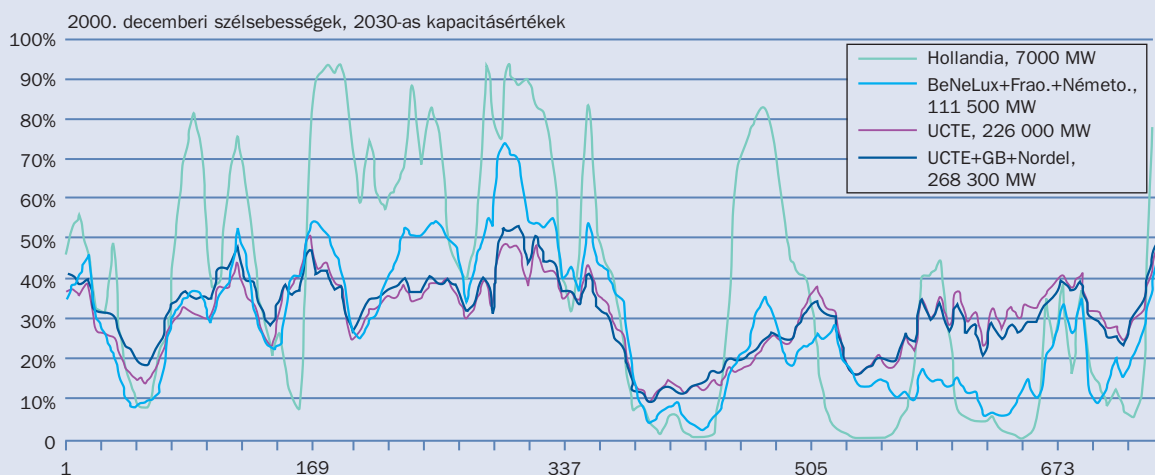
A változékonyság csökkentése érdekében a szélerőmű kimenő teljesítményét a lehető legnagyobb mértékben fel kell halmozni. Az ingadozások csökkentésének előnyén túl a szélfarm kimeneti teljesítményének földrajzi felhalmozása a rendszer magasabb szintű stabil szélenergia-kapacitását eredményezi. Az előre jelezhetőség kulcsfontosságú a szélenergia változékonyságának kezeléséhez. Minél nagyobb a terület, annál pontosabban jósolható meg a felhalmozott teljes szélenergia, ami kedvező hatással van a szükséges kiegyenlítő tartalékok mennyiségére, különösen akkor, ha az energiapiac kapuzárási idejei tekintetbe veszik a szélenergia-előrejelzés lehetséges pontosságát szintjeit.

A szélenergia nagyléptékű integrálását abban az összefüggésrendszerben tekintjük, melyben az európai villamosenergia-igény jövőbeli kielégítésében a szél jelentős részesedéssel bír. Míg a villamosenergia-igénynek mintegy 4%-át biztosította a szélenergia 2008-ban, az EWEA a villamosenergia-igény jövőbeli alakulásától függően 12–14%-os részesedési célt tűzött ki 2020-ra és 21–28%-osat 2030-ra.

AZ ÁRAMTERMELŐ RENDSZEREK TERVEZÉSE ÉS MŰKÖDTETÉSE

A változó igény és ellátás kezelésének bevált vezérlési módszerei és a rendelkezésre álló rendszertartalékok teljességgel alkalmasak a szélenergia további ingadozásainak kezelésére 20%-os szélenergia-részesedésig, jölehet a pontos szint az adott rendszer természetétől függ. Becslések szerint a megkövetelt többlettartalék a szélenergia 10%-os részesedése esetén a telepített szélenergia-kapacitás 2–4%-a, az energiarendszer

S.5. ábra: Példa a szélfarmok földrajzi elhelyezésének kimenőteljesítmény-ingadozást csökkentő hatására



Megjegyzés: Az ábra a szélenergia-kapacitás óránkénti kimeneti teljesítményét hasonlítja össze négy situációban. Az eredmények szimulált széltelejesítmény-adatokból lettek kiszámítva. A szimulációk a 2000 decemberében mért szélsősebességeken és a 2030-ra becsült szélenergia-kapacitásokon alapulnak.

Forrás: www.trade-wind.eu

10 SZÉLENERGIA – A TÉNYEK - VEZETŐI ÖSSZEFOGLALÓ

rugalmasságától, a rövid távú előrejelzések minőségétől és az energiapiacok kapuzárási idejétől függően. Magasabb részesedési szint esetén szükségessé válhat a rendszereknek és üzemeltetési módszereknek megváltoztatása a szélenergia további integrálásához; ezt a kérdéskört a II.3. fejezet tárgyalja. Az integrációs erőfeszítések és költségek méréséklése érdekében az energiarendszer kialakításának rugalmasabbnak kell lennie. Ez rugalmas generátoregységek, tároló rendszerek, az igény oldalán jelentkező rugalmasság, az összekapcsolási kapacitások rendelkezésre állása és az energiapiac rugalmasabb szabályai kombinációjával érhető el.

Az S.1. táblázat részletesen áttekinti és besorolja, hogy milyen hatásai vannak a szélenergianak az energiarendszerekre.

Az S.6. ábra grafikus áttekintést nyújt az energiarendszerbe integrált szélenergia különféle hatásairól. Az ábra világosan mutatja a helyi és a rendszer egészére kiterjedő hatásokat, csakúgy, mint az energiarendszer különféle aspektusait – egyebek között a

hálózati infrastruktúrát, a rendszertartalékokat és a rendszer megfelelőségét – befolyásoló rövid és hosszú távú hatásokat.

A HÁLÓZATI INFRASTRUKTÚRA FEJLESZTÉSE

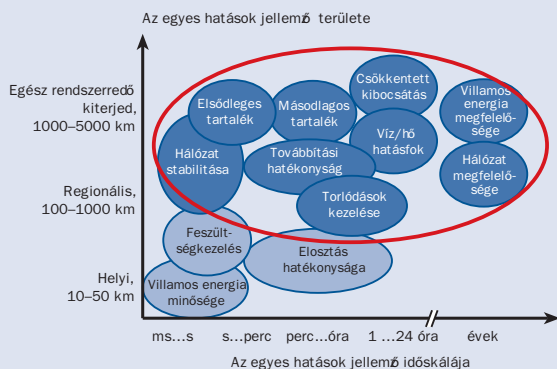
A szélenergia, mint az energiatermelés térben szétosztott és változó kimeneti teljesítményű forrása, infrastrukturális befektetéseket tesz szükségessé, valamint az új technológiai és hálózatkezelési koncepciók gyakorlati megvalósítását. Ezeket a II.4. fejezet tárgyalja. A szélenergia nagyléptékű integrálásához elengedhetetlen az átviteli kapacitás jelentős megnövelése és egyéb fejlesztési lépések megtétele, az Európai Unió tagállamaiban és tagállamai között egyaránt. Jelentős javulás érhető el a hálózatok optimalizálásával és egyéb „puha” intézkedésekkel, azonban az új távvezetékek kiépítése is szükséges lesz. Ugyanakkor megfelelő és tisztességes eljárásokat kell kidolgozni annak érdekében, hogy a szélenergia számára is

S.1. táblázat: A szélenergia integrálási költségekkel járó hatásai az energiarendszerre

	Hatás vagy érintett elem	Terület	Időskála	Szélenergia hozzájárulása
Rövid távú hatások	Feszültségkezelés	Helyi/regionális	Másodperces/perces	A szélfarmok (dinamikus) feszültségfenntartást tudnak biztosítani (kialakítástól függően).
	Energiatermelési hatékonyság (hő és víz)	Rendszer	1–24 óra	A hatás függ a rendszer működtetésének és a rövid távú előrejelzések használatának módjától.
	Átvitel és elosztás hatékonysága	Rendszer vagy helyi	1–24 óra	A részesedési aránytól függően a szélfarmok befektetési többletköltségeket vagy többlethasznot eredményezhetnek. A térben kiterjedt szélenergia-rendszerek csökkenthetik a hálózati veszteségeket.
	Tartalékok szabályozása	Rendszer	Néhány perctől néhány óráig	A szélenergia részlegesen hozzá tud járulni az elsődleges és másodlagos szabályozáshoz.
	Fel nem használt (szél)energia	Rendszer	Órák	Nagyon nagy részesedési arány esetén a széltelejesítmény meghaladhatja a rendszer által maximálisan felvehető határértéket.
Hosszú távú hatások	A rendszer megbízhatósága (termelés és átvitel megfelelősége)	Rendszer	Évek	A szélenergia hozzá tud járulni az energiarendszer megfelelőségének biztosításához (kapacitás kihasználtság).

Forrás: EWEA

S.6. ábra: A szélenergia hatásai a rendszerre



Megjegyzés: A „Task 25” csoport hatáskörébe tartozó problémák pirossal be vannak karikázva.

Források: IEA Wind Task 25; Holttinen (2007)

biztosított legyen a hálózathoz való hozzáférés – még ott is, ahol a hálózati kapacitás korlátozott. A nemzetek közti part menti hálózat kiépítése nem csupán a hatalmas part menti erőforrásokhoz való hozzáférést biztosítaná, hanem az országhatárokon átvitelő energiátörsdét is fellendítené, és könnyítené a torlódási problémákat a meglévő összekapcsolásoknál. Az európai hálózatok javításához a hálózattervezés koordinálásának erősítésére van szükség európai szinten, valamint magasabb szintű együttműködésre az összes érintett fél között, különös tekintettel az átviteli rendszerek irányítóira (TSO). Elosztási szinten aktívabb hálózatkezelés szükséges. A hálózat alkalmasabbá tétele a megnövekedett nemzetek közti és regionális villamosenergia-szállítás kezelésére mind a szélenergia-iparnak, mind a belső villamosenergia-iparnak érdeke.

Az S.7–S.9. ábrákon az északi-tengeri part menti hálózati konfigurációk három példája látható.

A HÁLÓZATRA CSATLAKOZÁSSAL SZEMBEN TÁMASZTOTT KÖVETELMÉNYEK

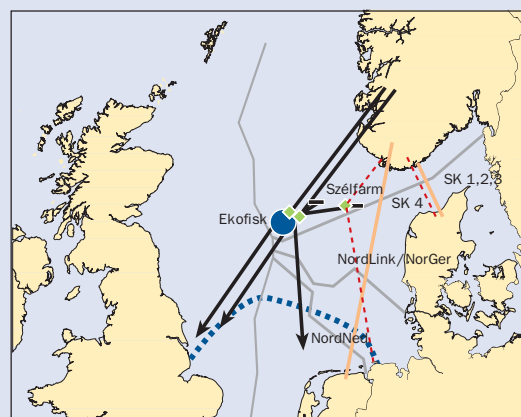
A hálózati kódexeknek a toleranciára, az aktív és reaktív teljesítmény szabályozására, a védőberendezésekre és az energia minőségére vonatkozó

S.7. ábra: A szélenergia Európán keresztül történő szállítására szolgáló nagyfeszültségű „superhálózat”



Forrás: Dowling és Hurley (2004)

S.8. ábra: A Statnett által javasolt part menti hálózat



Forrás: Statnett (2008)

12 SZÉLENERGIA – A TÉNYEK - VEZETŐI ÖSSZEFOGLALÓ

S.9. ábra: A Greenpeace-tanulmányban vizsgált part menti hálózat



Forrás: Woyte (2008)

specifikus műszaki követelményei módosulnak, ahogy a szélenergia részesedése nő, és a szélenergia további erőművi funkciók betöltésére válik alkalmassá, úgymint az aktív szabályozásra és a hálózat-támogató szolgáltatások biztosítására (II.5. fejezet). Az is elképzelhető, hogy a változások inkább a szabályozási szolgáltatások piaca, semmint a kötelező előírások felé jelentenek elmozdulást. Elvileg ez gazdasági szempontból megalapozott, hiszen a szerződést

ekkor a szolgáltatást legjobban nyújtani képes energiatermelő kapná meg.

Ahogy a szélenergia részesedési aránya nő, egyre nagyobb szükség van a hálózati kódexek harmonizált követelményrendszerének kidolgozására. Ez a szélenergia-ipar és a rendszerek irányítóinak összehangolt erőfeszítését igényli.

A SZÉLENERGIA HOZZÁJÁRULÁSA A RENDSZER MEGFELELŐSÉGÉHEZ

A szélenergia alacsony részesedési szintje mellett a szélenergia kapacitás kihasználtsága (azaz a „stabil” kapacitás, mint a teljes telepített szélenergia-kapacitás tört része) az átlagos termelés (terhelési tényező) közelébe esik a vizsgált időtartam – általában a legnagyobb igényű időszak – alatt. Észak-európai országok esetében ez jellemzően 25–30% a szárazföldi és akár 50% is a part menti szélenergia esetében. A szélenergia rendszerbeli részesedési arányának növekedésével a relatív kapacitás kihasználtság csökken. Amint azonban a II.6. fejezetben rámutatunk, ez nem azt jelenti, hogy kevesebb hagyományos energiakapacitás váltható így ki, hanem azt, hogy a rendszer újabb szélerőművel történő bővítése a szélenergia magas részesedési szintje mellett kevesebbet vált ki, mint a rendszerbe bevont első szélerőművek.

PIACTERVEZÉS

A szélenergia gazdaságos integrálásának érdekében a piaci szabályok megváltoztatására van szükség Európaszerte a piacok működésének felgyorsítására és a (jellemzően három órás vagy rövidebb) kapuzárási idők lerövidítésére. Ezzel minimálisra csökkenthető az előrejelzési bizonytalanság és az utolsó pillanatban jelentkező kiegyenlítési igény. A piaci és kiegyenlítési területek földrajzi bővítése, valamint a határokon átvitelő energiatőzsde megfelelő piaci szabályai várhatóan további komoly gazdasági hasznot eredményeznek.

A SZÉLENERGIA INTEGRÁLÁSÁNAK GAZDASÁGTANA

A szélenergia nagy mennyiségben történő bevezetése az energiarendszerbe sokféle – pozitív és negatív – gazdasági hatással jár. A szélenergia integrálásának költségét két fő tényező határozza meg: a kiegyenlítési igény és a hálózati infrastruktúra (II.7. fejezet). Az energiarendszerbeli kiegyenlítési többletköltség a szélenergia ingadozó természetéből fakad, ami változtatásokat tesz szükségessé a többi energiatermelő számára a kínálat és a kereslet közti megjelölhetetlen eltérések kezeléséhez. A nemzeti tanulmányok azt bizonyítják, hogy ezek a többletköltségek a szélenergia termelési költségének és az energiarendszer teljes kiegyenlítési költségének csupán kis töredékét jelentik.

Az S.10. ábra a költségeket mutatja a szélenergia részesedésének függvényében, több tanulmány alapján. A kiegyenlítési költségek a szélenergia részesedésével lineárisan nőnek, de abszolút értékük mérsékelt, és sehol sem éri el a 4 €/MWh-t 20%-os szinten (sőt, az esetek nagy részében 2 €/MWh alatt marad).

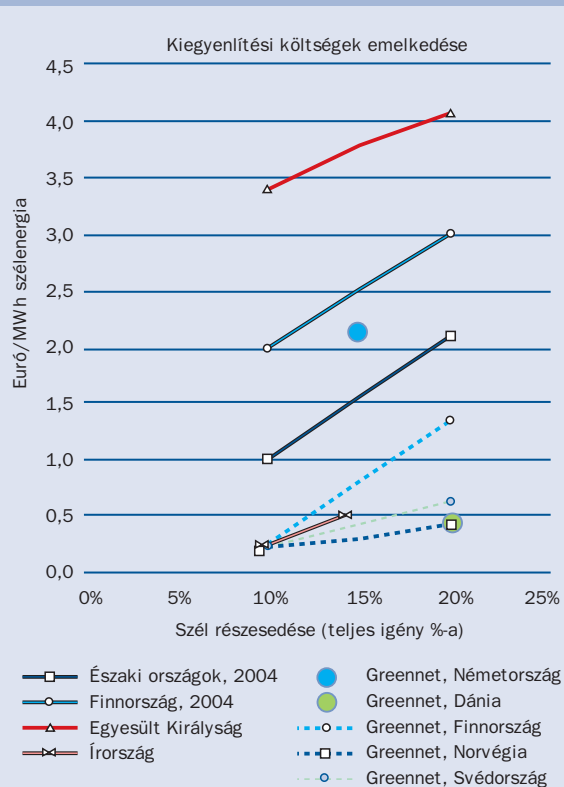
A hálózatfejlesztési költségek a szélerőművek hálózatra csatlakoztatásának szükségességéből és a megnövekedett energiaáram távvezeték- és elosztóhálózaton történő szállításához szükséges többletkapacitásból adódnak. A hálózatoknak ezenkívül alkalmasnak kell lenniük a feszültségkezelés javítására, továbbá az országok közti összekapcsolási kapacitás fokozása szükséges a szélenergia-erőforrás egész földrészre kiterjedő természetéből adódó előnyök optimális kiaknázásához. A fenti igényeket kielégítő infrastrukturális fejlesztések többféle hasznot is hoznak a rendszernek, így a költséget nem szabad kizárólag a szélenergia-termeléshez kapcsolni.

Az energiarendszereknek a jelentős mennyiségű szélenergia bevonásával történő módosítása a szélenergia részesedésével lényegében lineárisan növekvő költségekkel jár. A „gazdasági optimum” azonosítása nem egyszerű, mivel a költségekhez hasznok is

társulnak. A hasznok közé tartozik a fosszilis tüzelőanyagok fogyasztásának csökkenése és az energiafüggőség mérsékléséből adódó költségcsökkenés. Ezek már láthatóan meg is mutatkoznak az alacsonyabb árakban azokon az energiatőzsdéken, ahol nagy mennyiségben kínálják a szélenergiát. Az eddig elvégzett tanulmányok szerint az eredményeknek a szélenergia nagy részesedési arányára történő extrapolálása világosan mutatja, hogy a szélenergia 20%-os részarányt meghaladó mértékű integrálása az EU energiarendszerébe gazdasági szempontból előnyös volna.

A tapasztalatok és a tanulmányok pozitív bizonyítékokkal szolgálnak a 2020-as, 2030-as és azon túli várt

S.10. ábra: A szélenergiához kapcsolódó kiegyenlítési és működtetési költségek becslése



14 SZÉLENERGIA – A TÉNYEK - VEZETŐI ÖSSZEFOGLALÓ

európai szélenergia-kapacitás integrálásának megvalósíthatóságára és megoldásaira vonatkozóan. Ma a legsürgetőbb kérdések az energiarendszerek tervezésével és működtetésével, a villamosenergia-hálózatok fejlesztésével, a csatlakozási szabályokkal és a villamosenergia-piac megtervezésével kapcsolatos problémák leggazdaságosabb kezelése köré csoportosulnak.

Az egyik kihívás a megfelelő piaci szabályok megalkotása, egyebek között az olyan ösztönző elemeké, amelyek lehetővé tennék, hogy az energiatermelés és az átvitel abba az irányba fejlődjön, hogy be tudja fogadni a változó kimenetű és decentralizált energiatermelést. Ezt mindenekelőtt a rugalmasság fokozásával és a nagyobb összekapcsolódási kapacitás biztosításával lehetne elérni. Európai szintű tanulmányokra van szükség, melyek műszaki és tudományos alapot szolgáltatnak a hálózat fejlesztéséhez és a piac megszervezéséhez.

III. rész: A szélenergia gazdaságtana

A szélenergia európai és világ szinten egyaránt gyorsan fejlődik. Az elmúlt 15 év folyamán a globális telepített szélenergia-kapacitás 2,5 GW-ról (1992) 94 GW fölé nőtt (2007 vége) – ami 25%-ot meghaladó átlagos éves gyarapodásnak felel meg. A turbinák hatásfokának folyamatos javulása és a magasabb tüzelőanyagárak miatt a szélenergia gazdasági versenyképessége nőtt a hagyományos energiatermeléssel

szemben. Azokon a szárazföldi helyszíneken, ahol a szél sebessége nagy, a szélenergia ma tisztán üzleti alapon működőképesnek tekinthető.

SZÁRAZFÖLDI SZÉLENERGIA

A szárazföldi szélenergia-projektek III.1. fejezetben tárgyalt beruházási költségeinek meghatározó tényezője a szélturbina költsége. Egy Európában telepített átlagos turbina teljes beruházási költsége kb. 1,23 millió €/MW, melybe bele van számolva az alapozással, villamos üzembe helyezéssel és tanácsadással kapcsolatos összes többletköltség is (2006-os árak). A fenti költségek hozzávetőlegesen a következőképpen oszlanak meg: turbina: 76%, hálózatra csatlakoztatás: 9%, alapozás: 7%. A költség többi összetevője – úgymint a vezérlőrendszerek és a földterület – a teljes költségnek csak kis hányadát teszik ki. A telepített szélenergia-kapacitás 1 kW teljesítményre vonatkoztatott költsége jelentős eltéréseket mutat az egyes országok között, és kb. 1000 €/kW-tól 1350 €/kW-ig terjed.

S.2. táblázat: Egy Európában telepített tipikus 2 MW teljesítményű szélturbina költség szerkezete (2006-€)

	Befektetés (1000 €/MW)	Részarány (%)
Turbina (ex gyár)	928	75,6
Alapozás	80	6,5
Villamos üzembe helyezés	18	1,5
Hálózatra csatlakoztatás	109	8,9
Vezérlőrendszerek	4	0,3
Tanácsadás	15	1,2
Földterület	48	3,9
Pénzügyi költségek	15	1,2
Út	11	0,9
Összesen	1227	100

Megjegyzés: A szerző számításai, az európai szélturbina-telepítések válogatott adatai alapján.

Forrás: Risø DTU



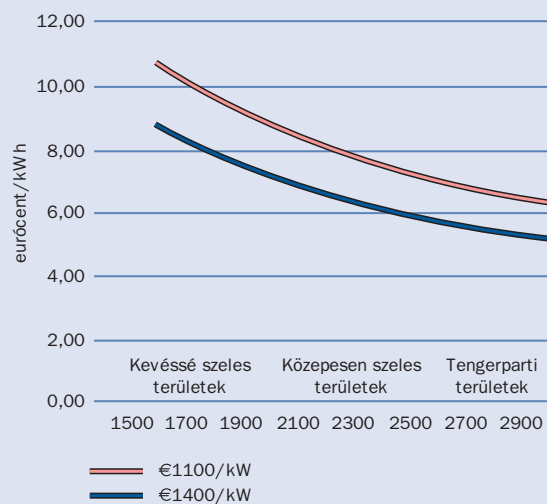
A hálózatra csatlakoztatott szélturbinák fejlesztését három fő tendencia uralta az elmúlt évek folyamán:

1. a turbinák nagyobbak és magasabbak lettek;
2. a turbinás energiatermelés hatékonysága folyamatosan nőtt;
3. az 1 kW teljesítményre vonatkoztatott befektetési költségek általában véve csökkentek, bár az elmúlt 3–4 év folyamán eltérések mutatkoztak ettől a tendenciától.

2007-ben a MW-osztályú (1 MW-nál nagyobb teljesítményű) turbinák piaci részesedése meghaladta a 95%-ot, vagyis a kisebb gépek részesedése nem egészen 5% volt. A MW-szegmensben egyre nagyobb lesz a 2,5 MW-os és nagyobb kapacitású turbinák jelentősége, még szárazföldi elhelyezés esetében is. A turbina energiatermelését a kiválasztott helyszínen uralkodó szélviszonyok, a turbina tengelymagassága és a termelési hatások határozzák meg. Így csupán a turbinák magasságának növelése elegendőnek bizonyult az energiatermelés fokozásához. Hasonlóképpen, a szél sebességének adott helyszínen történő mérése és megbecslésére szolgáló módszerek az utóbbi években jelentősen javultak, ami az új turbinák elhelyezésének és gazdaságosságának javulását eredményezte.

A villamosenergia-termelés hatásfoka is drámai módon javult a berendezések jobb kialakításának köszönhetően. Az 1980-as évek végétől 2004-ig évente több mint 2%-kal csökkent a rotor által súrolt egységnyi területre vonatkoztatott összbefektetés. 2006-ban azonban a teljes befektetési költségek kb. 20%-kal megnöttek a 2004-es szinthez képest, elsősorban a szélturbinák iránti globális igény határozott fokozódása miatt, melyet tetézett az alapanyagok árainak emelkedése és a készletek egyre nagyobb hangsúlyt kapó korlátja. Az előzetes adatok azt jelzik, hogy az árak 2007-ben tovább emelkedtek. Jelenleg egy 2 MW-os szélturbina energiatermelési költsége 5,3–6,1 eurócent/kWh, a kiválasztott helyszín szélerőforrásától függően. A tapasztalati görbék elemzése szerint a

S.11. ábra: Szél által termelt 1 kW/h energia számított előállítási költsége a kiválasztott hely szélviszonyainak (a teljes terhelést jelentő órák számának) függvényében



Forrás: Rise DTU

költségtartomány 2015-re várhatóan 4,3–5,5 eurócent/kW/h-ra esik vissza.

PART MENTI FEJLESZTÉS

A part menti szélenergia (III.2. fejezet) a világ teljes telepített szélenergia-kapacitásának csupán mintegy 1%-át adja. Az eddigi fejlesztések elsősorban az Északi-tenger és a Balti-tenger környékét érintik. 2007 végén öt ország – Dánia, Írország, Hollandia, Svédország és az Egyesült Királyság – part menti telepítésű összkapacitása meghaladta az 1000 MW-ot. A kapacitás nagy része viszonylag sekély (20 m-nél kisebb mélységű) vízben lett telepítve, a parttól legfeljebb 20 km-re, az alapok és a tengeri kábelek költségeinek minimalizálása érdekében.

A part menti kapacitás költségei, a szárazföldi turbinákéhoz hasonlóan, emelkedtek az elmúlt évek folyamán. Az új part menti szélfarmok átlagos várható befektetési költsége a 2,0–2,2 millió euró/MW

16 SZÉLENERGIA – A TÉNYEK - VEZETŐI ÖSSZEFOGLALÓ

tartományba esik partközeli, kis mélységű létesítmények esetében. A szárazföldön elhelyezett turbinákhoz képest a költség szerkezetbeli fő különbségek a költségesebb alapokkal, a transzformátorállomásokkal és a tengeri távvezetékekkel állnak összefüggésben. A part menti létesítményekben termelt villamos energia költsége kb. 6–8 eurócent/kWh; a különbségek elsősorban a tenger mélységének, a parttól mért távolságnak és a befektetési költségeknek az eltéréseiből adódnak.

FINANSZÍROZÁS

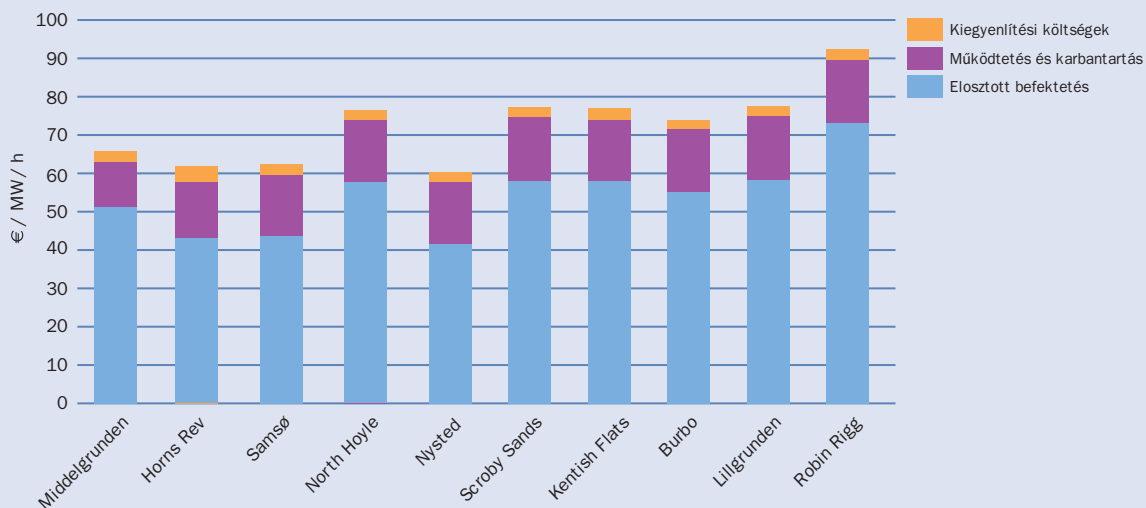
A szélenergia-üzletág természete átalakulóban van. Bár továbbra is sok kis projekt van magántulajdonban, határozott eltolódás figyelhető meg a közművállalatok tulajdonában lévő nagyobb projektek irányába – amint azt a III.3. fejezet ismerteti. Ez a változás új pénzeket hoz be az iparágba, és csökkenti a bankoktól való

függőséget a kezdeti költségek fedezése során. Időnként nagy tőkeerejű szponzorok is megjelennek a színen. A projektek mérete nő, és a nagyléptékű part menti projektek is egyre inkább beindulnak. Mivel a bankok a nagy projekteket részesítik előnyben, ez a változás pozitív. Ha az általános gazdasági viszonyok romlanak, akkor a projektek finanszírozása csorbát szenvedhet – azonban a megújuló energiákat övező erős politikai és környezetvédelmi támogatás eredményeképp a szélenergia finanszírozására továbbra is úgy tekintenek, mint nagyon vonzó lehetőségre.

ÁRAK ÉS TÁMOGATÁSI MECHANIZMUSOK

A megújuló energiaforrásokból előállított villamos energia (RES-E) támogatási mechanizmusai típusainak számba vételekor különbséget szokás tenni a közvetlen és a közvetett politikai eszközök között (III.4. fejezet). Míg a közvetlen politikai intézkedések

S.12. ábra: Néhány kiválasztott part menti szélfarm számított energiatermelési költsége, a kiegyenlítési költségeket is beleszámítva (2006-os árak)



Forrás: Risø DTU

a megújuló energiával kapcsolatos technológiák azonnali telepítését igyekezzenek ösztönözni, addig a közvetett eszközök a hosszú távú keretrendszeri feltételek javítására összpontosítanak. A szabályozási eszközökön túl önkéntes megközelítései is vannak a megújuló energiával kapcsolatos technológiák előmozdításának. Ezeknek legfőbb alapeleme az, hogy a fogyasztók hajlandók magasabb árat fizetni a zöld energiáért. A többi fontos besorolási kritérium között szerepel egyebek között az, hogy a politikai eszközök az árat vagy a minőséget érintik-e, illetve az, hogy a befektetést vagy a termelést támogatják-e. A RES-E támogatási programjainak áttekintésekor és értékelésekor fontos, hogy a különféle politikai eszközök sikerének mérése az alábbi kritériumok szerint történjen:

- **Hatásosság:** Jelentős növekedést eredményeztek a RES-E támogatási programok a RES-E-n alapuló kapacitások kiépítésében a további potenciálok vonatkozásában?
- **Gazdasági hatékonyság:** Mekkora volt az abszolút támogatási szint a RES-E-generátorok tényleges termelési költségeihez viszonyítva, és milyen tendenciát mutatott a támogatás az idő előrehaladtával?

Függetlenül attól, hogy nemzeti vagy nemzetközi támogatási rendszert tekintünk, egyetlen eszköz általában nem elegendő az RES-E hosszú távú növekedésének ösztönzéséhez.

A SZÉLENERGIA HATÁSA AZ ENERGIAÁRAKRA AZ ADOTT TERÜLETEN

Jó néhány országban a szélenergia egyre nagyobb részesedést szerez a teljes energiatermelésben (III.5. fejezet). Ez különösen Dániában, Spanyolországban és Németországban szembetűnő, ahol a szélenergia részesedése a teljes energiatermelésből rendre 21%, 12% és 7%. Ezekben az esetekben a szélenergia az energiapiac fontos szereplőjévé válik, mely jelentősen

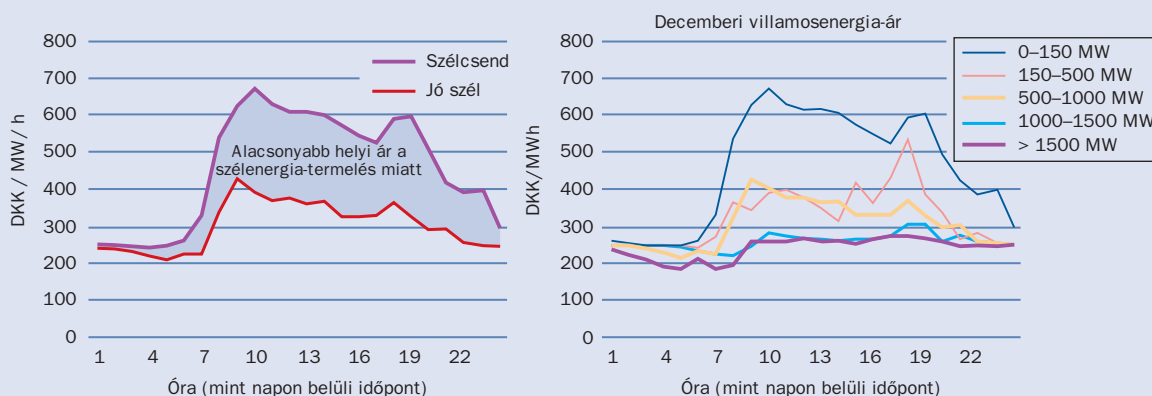
tudja befolyásolni az energiaárakat. Mivel a szélenergia marginális költségei nagyon alacsonyak (hiszen nincsenek tüzelőanyag-költségek), az ellátási görbe alja közelében lép be. Ennek hatására a görbe jobbra tolódik, ami alacsonyabb energiaárakat eredményez; az árcsökkenés mértéke az energiaigény árrugalmasságától függ.

Általában véve olyankor, amikor a szélenergia az energiaellátás jelentős hányadát szolgáltatja, az energia ára a szelesebb időszakokban várhatóan alacsonyabb, a szélcsendesebb időszakokban pedig magasabb. Egy Dániában végzett tanulmány azt mutatta, hogy a lakossági energiaárak (a szállítási és terjesztési tarifákat, az áfát és egyéb adókat leszámítva) 2004 és 2007 között körülbelül 4–12 százalékkal lett volna magasabb, ha a szélenergia nem járult volna hozzá az energiatermeléshez. Ez azt jelenti, hogy az energiafogyasztók 2007-ben kb. 0,5 eurócent / kW/h-t takarítottak meg annak köszönhetően, hogy a szélenergia csökkentette a villamosenergia-árakat. Ezt a fogyasztók által a szélenergia betáplálási tarifájaként fizetett kb. 0,7 eurócent / kW/h-val kell összehasonlítani. Bár a fogyasztók számára a szélenergia költsége még meghaladja a hasznot, bizonyosan elérhető a nettó kiadások jelentős csökkenése az alacsonyabb helyi árak révén.

Az elemzés – szerkezeti elemzési módszerek használatával számszerűsítve – vizsgálja a szélenergia hatásait a helyi energiaárakra. Ehhez egy vonatkoztatás alap (referencia) kerül kijelölésre, mely annak a helyzetnek felel meg, amelyben a szélenergia egyáltalán nem szerepel az energiarendszerben. Ezután a szélenergia növekvő részesedésének megfelelően több szint van azonosítva, és a szélenergiára épülő energiatermelés hatása a vonatkoztatási alaphoz viszonyítva kerül kiszámításra. Ezt mutatja be az S.13. ábra bal oldali diagramja, melyen a két görbe közti satírozott terület megközelítőleg a szélenergia értéke az alacsonyabb helyi energiaárak tekintetében.

18 SZÉLENERGIA – A TÉNYEK - VEZETŐI ÖSSZEFOGLALÓ

S.13. ábra: A szélenergia hatása a helyi energiaárakra a nyugat-dániai energiarendszerben 2005 decemberében



Forrás: Risø DTU

A SZÉLENERGIA ÉS A HAGYOMÁNYOS ENERGIA ÖSSZEHAJONLÍTÁSA

A hagyományos villamosenergia-termelés költségét általában négy költségösszetevő határozza meg:

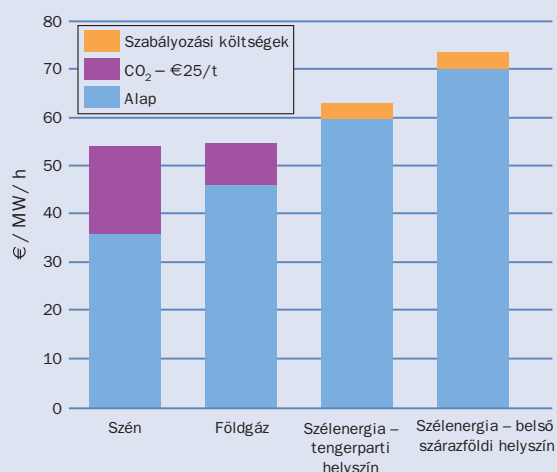
1. tüzelőanyag;
2. CO₂-kibocsátás (az európai CO₂-kibocsátás-kereskedelmi rendszer (ETS) által meghatározott módon);
3. működtetés és karbantartás;
4. beruházás, beleértve a tervezési és helyszíni munkákat is.

A szélenergia-termelés gyakorlati megvalósítása kiküszöböli az összes tüzelőanyag- és a CO₂-kibocsátási költséget, valamint a hagyományos erőművek működtetési és karbantartási költségeinek jelentős részét. A kiküszöbölt beruházási költségek nagysága függ attól, hogy mennyire képes a szélenergia-kapacitás kiváltani az új hagyományos erőművekbe történő beruházásokat. Ez közvetlen összefüggésben áll azzal, hogy miként történik meg a szélerőművek integrálása az energiarendszerbe.

A tanulmányok azt mutatják, hogy a változó szélenergia integrálásának költsége kb. 0,3–0,4 eurócent

1 kW/h szélből előállított villamos energia esetében, még akkor is, ha a szélenergia részesedése elég magas (kb. 20%, az irányítási rendszer természetétől függően). Az S.14. ábra a viszonyítási alapként szolgáló esetre

S.14. ábra: A hagyományos és szélerőművekben termelt energia költségének összehasonlítása, 2010 (állandó 2006-os €)



Forrás: Risø DTU

20 SZÉLENERGIA – A TÉNYEK - VEZETŐI ÖSSZEFOGLALÓ

szám 180 000-re emelkedik (III.7. fejezet). A szélenergiával kapcsolatos közvetlen foglalkoztatás jelentős része (kb. 77%-a) három országra összpontosul: Dániára, Németországra és Spanyolországra, ahol az összesített telepített kapacitás az EU egészének 70%-át teszi ki. A szektor azonban kevésbé koncentrált most, mint 2003-ban volt. Ennek oka a termelési és működtetési központok megnyitása a fejlődő piacokon, továbbá az, hogy a szélenergiához kapcsolódó sokféle tevékenység – egyebek között a támogatás, a működtetés és karbantartás, valamint számos mérnöki és jogi szolgáltatás – helyi szinten kerül elvégzésre. A szélturbinák és az alkatrészek gyártása adja a munkahelyek legnagyobb részét (59%).

Az előző fejezetben körvonalazott 108 600 közvetlen foglalkoztatotton túl az európai szélenergia szektor a vele közvetlen kapcsolatban nem lévő szektorok foglalkoztatottságára is kihat. 2007-ben kb. 43 000 fő állt közvetett szélenergiái alkalmazásban. Így összességében 2007-ben az EU szélenergia szektora több mint 150 000 főt alkalmazott. Az EWEA elemzése arra a következtetésre jut, hogy az EU-ban minden új telepített MW kapacitás 15,1 új munkahely teremtését jelenti; továbbá az üzemeltetés, karbantartás és a meglévő telepítésekhez kapcsolódó más tevékenységek területén az összesített telepített kapacitás minden MW-já 0,4 munkahely teremtéséhez vezet.

IV. rész: Ipar és piacok

2001-ben az EU irányelvet fogadott el a megújuló energiaforrásokból származó villamosenergia-termelés előmozdítására belső villamosenergia-piacán. Mindmáig ez a világon a legjelentősebb törvényi szabályozási lépés a megújuló forrásokból származó villamos energia, közte a szélenergia integrálására. Ez az irányelv 21%-os céllelőirányzatot tartalmaz a megújuló energiaforrásokból előállított villamos energiának az EU teljes villamosenergia-igényében 2010-re betöltendő részarányára vonatkozóan, továbbá szabályozza azokat a villamosenergia-piacokat, amelyeken ezek működnek. Ez az irányelv roppant sikeresnek bizonyult a megújuló energiaforrások, mindenekelőtt a szélenergia támogatásában, és kulcsfontosságú tényező az európai megújulóenergia-iparágak globális sikerének és az európai szélenergia-vállalatok globális vezető pozíciójának magyarázatához.

A megújuló energiaforrásokból előállított villamos energia 2001-es irányelvének fokozatos megvalósítása a tagállamokban, valamint az Európai Tanács 2007 márciusában tartott tavaszi csúcstalálkozóján hozott egyhangú döntés a kötelező erejű célkitűzés elfogadásáról a megújuló energiaforrásokból előállított villamos energia 2020-ra elérendő 20%-os részarányára vonatkozóan olyan lépések, melyek a helyes irányba vezetnek, és egyben a növekvő politikai

S.3. táblázat: Közvetlen foglalkoztatás a szélenergia-vállalatoknál néhány európai országban

Ország	Közvetlen munkahelyek száma
Ausztria	700
Belgium	2000
Bulgária	100
Csehország	100
Dánia	23 500
Egyesült Királyság	4000
Finnország	800
Franciaország	7000
Görögország	1800
Hollandia	2000
Írország	1500
Lengyelország	800
Magyarország	100
Németország	38 000
Olaszország	2500
Portugália	800
Spanyolország	20 500
Svédország	2000
EU többi országa	400
ÖSSZESEN	108 600

Forrás: Saját becslések az alábbi források alapján: EWEA (2008a); ADEME (2008); AEE (2007); DWIA (2008); Környezetvédelmi Szövetségi Minisztérium, Németország, BMU (2008)

elkötelezettség jelei is. Az Európai Bizottság 2008. januári javaslatán alapuló új irányelvet 2008 decemberében elfogadta az Európai Parlament és a Tanács. Ez a megújuló forrásokból származó energia részarányát az EU-ban a 2005-ös 8,5%-ról 2020-ra 20%-ra emelné, ami azt jelenti, hogy 2020-ban az EU villamos energiájának több mint egyharmada kell, hogy megújuló energiaforrásokból származzon, szemben a 2007-es 15%-kal. Az már ma is világos, hogy ehhez a fejlődéshez a szélenergia fog a legjobban hozzájárulni.

AZ EU ENERGIASZERKEZETE

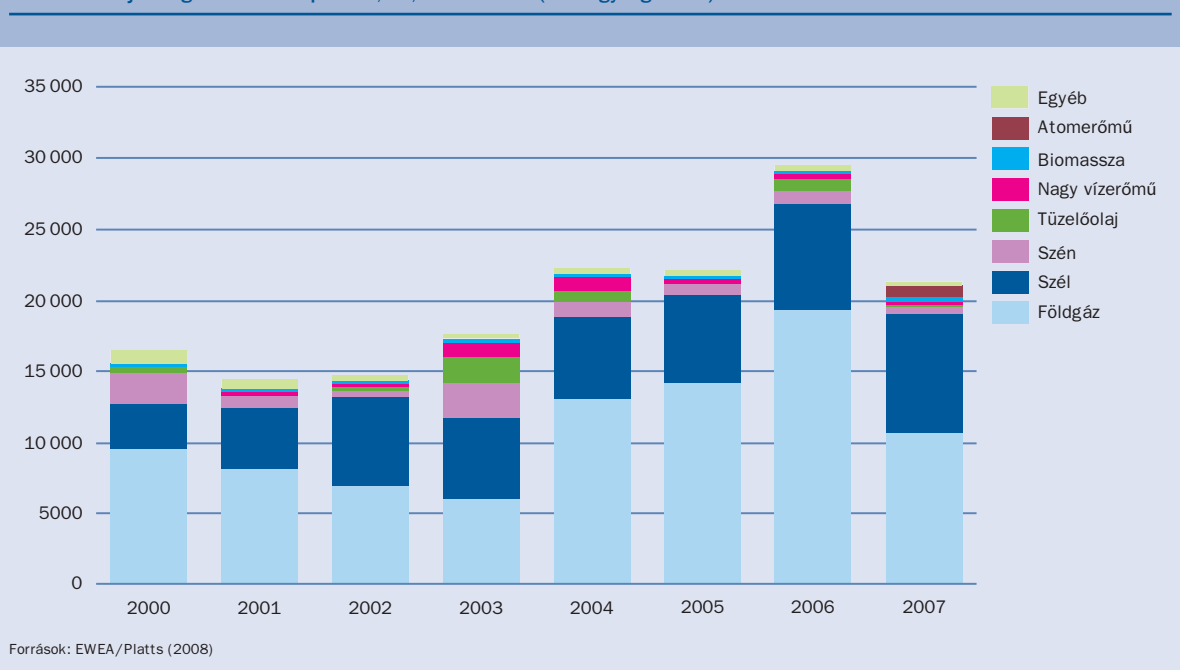
Bár a jelenleg 430 GW összkapacitású hőenergia-termelés hosszú ideje az európai energiatermelés gerince, melyhez a nagy vízerőművek és atomerőművek is hozzájárulnak, az európai tendencia a hagyományos energiaforrásoktól egyre jobban a megújuló energiákhoz kapcsolódó technológiák felé tolódik el (IV.1. fejezet). 2000 és 2007 között az EU teljes energiatermelési kapacitása 200 GW-tal

nőtt, és 2007 végére 775 GW-ot tett ki. Az energiaszerkezet két legfigyelemreméltóbb változása a gázkapacitás közel megkétszereződése, 164 GW-ra, és a szélenergia-kapacitás megnégyszereződése, 13 GW-ról 57 GW-ra.

SZÉLENERGIA AZ EURÓPAI ENERGIAPIACON

Az EU élenjár a megújuló energiaforrásokkal kapcsolatos technológiák bevezetését megkönnyítő politikai intézkedések tekintetében. A 2000 és 2007 között telepített kapacitás vonatkozásában látványos, évi 20%-os összesített növekedést (S.16. ábra) felmutató szélenergia kétséget kizáróan meghatározó fontosságú energiaforrássá lépett elő az európai energiatermelési piacon. Az elmúlt öt év folyamán telepített teljes energiatermelési kapacitás harminc százalékát a szélenergia adta, mely ezzel az EU utolsó tíz év során telepített kapacitása tekintetében a második helyet foglalja el a földgáz (55%) mögött. 2007-ben az EU éves telepített kapacitásának 40%-át tette ki a

S.16. ábra: Új energiatermelő kapacitás, EU, 2000–2007 (MW egységekben)



22 SZÉLENERGIA – A TÉNYEK - VEZETŐI ÖSSZEFOGLALÓ

szélenergia, és a szélenergia minden egyéb energia-termelő technológiánál, még a földgáznál is nagyobb növekedést mutatott Európában.

A szélenergia részesedése a teljes telepített kapacitás 10%-a fölé emelkedett, és az országos energiaszükséglet több mint 5%-át biztosította őt európai piacon: Németországban, Spanyolországban, Dániában, Portugáliában és Írországban, sőt, Spanyolországban és Dániában még a 10%-os határt is átlépte.

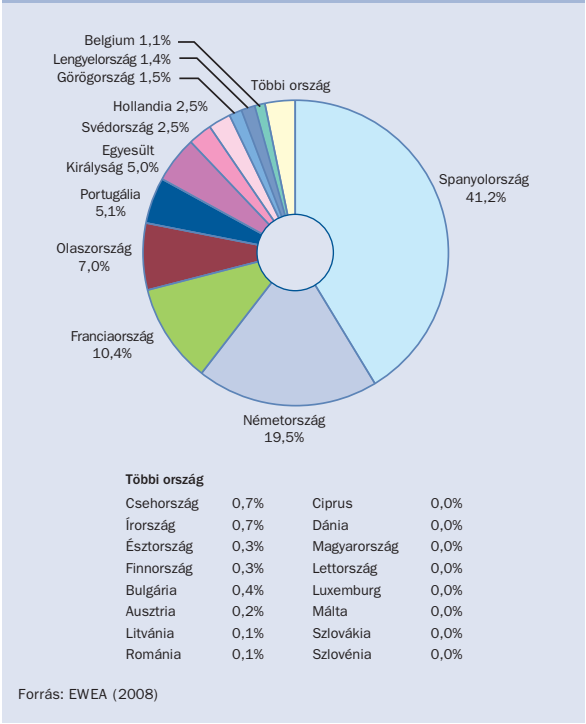
AZ EU SZÉLENERGIA-PIACÁNAK JELENLEGI ÁLLAPOTA

Az elmúlt 11 év folyamán az EU telepített szélenergia-kapacitása átlagosan évi 25%-kal emelkedett,

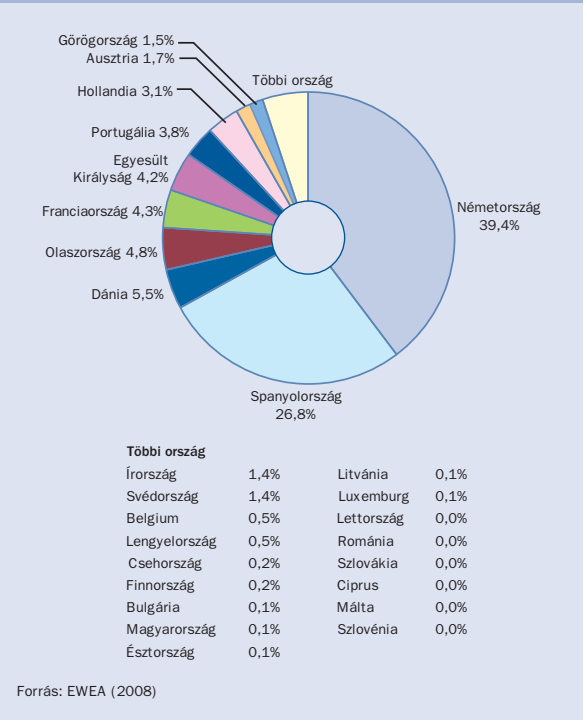
4753 MW-ról (1997) 56 535 MW-ra (2007) (IV.2. fejezet). Az éves telepítések tekintetében az EU szélturbina-piaca évente 19%-kal nőtt, 1277 MW-ról (1997) 8554 MW-ra (2007). 2007-ben Spanyolország volt mesz-sze a legnagyobb szélturbina-piac, melyet Németország, Franciaország és Olaszország követett. Jelenleg nyolc ország – Németország, Spanyolország, Dánia, Olaszország, Franciaország, az Egyesült Királyság, Portugália és Hollandia – rendelkezik 1000 MW-ot meghaladó telepítéssel. Németország, Spanyolország és Dánia, a szélenergia három úttörő országa, az EU telepített szélenergia-kapacitásának 70%-át mondhatja magáénak (lásd az S.17. és S.18. ábrát).

Az EU teljes telepített szélenergia-kapacitása, mely 2007 végén meghaladta az 56 000 MW-ot, az EU 27

S.17. ábra: A tagállamok piaci részesedése az új kapacitásból (2007)



S.18. ábra: A tagállamok piaci részesedése a teljes kapacitásból (2007 vége)



S.4. táblázat: Összegzett szélenergia-telepítés az EU-ban, és előrevetítés 2010-re (MW egységekben)

Ország	Összegzett telepítések								
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2010
Ausztria	77	94	140	415	606	819	965	982	1200
Belgium	13	32	35	68	96	167	194	287	800
Bulgária					10	10	36	70	200
Ciprus			0	0	0	0	0	0	0
Csehország			3	9	17	28	54	116	250
Dánia	2417	2489	2889	3116	3118	3128	3136	3125	4150
Egyesült Királyság	406	474	552	667	904	1332	1962	2389	5115
Észtország			2	2	6	32	32	58	150
Finnország	39	39	43	52	82	82	86	110	220
Franciaország	66	93	148	257	390	757	1567	2454	5300
Görögország	189	272	297	383	473	573	746	871	1500
Hollandia	446	486	693	910	1079	1219	1558	1746	3000
Írország	118	124	137	190	339	496	746	805	1326
Lengyelország			27	63	63	83	153	276	1000
Lettország			24	27	27	27	27	27	100
Litvánia			0	0	6	6	48	50	100
Luxemburg	10	15	17	22	35	35	35	35	50
Magyarország			3	3	3	17	61	65	150
Málta			0	0	0	0	0	0	0
Németország	6113	8754	11 994	14 609	16 629	18 415	20 622	22 247	25 624
Olaszország	427	682	788	905	1266	1718	2123	2726	4500
Portugália	100	131	195	296	522	1022	1716	2150	3500
Románia			1	1	1	2	3	8	50
Spanyolország	2235	3337	4825	6203	8264	10 028	11 623	15 145	20 000
Svédország	231	293	345	399	442	510	571	788	1665
Szlovákia			0	3	5	5	5	5	25
Szlovénia			0	0	0	0	0	0	25
EU összegzett*	12 887	17 315	23 098	28 491	34 372	40 500	48 031	56 535	80 000

Megjegyzés: *2004-től: az EU-25 alapján; 2007-től: az EU-27 alapján.

Forrás: EWEA (2008)

tagállama villamosenergia-igényének 3,7%-át termeli meg egy átlagosan szeles évben.

A 2007 végéig telepített 1080 MW-nyi part menti szélenergia-termelő kapacitás az EU telepített

kapacitásának 1,9%-át tette ki, és a szélenergia-termelés 3,5%-át adta az EU-ban. A piac továbbra is a 2003-as szint alatt van, és a fejlődés az előzetesen vártnál lassabb volt.

EURÓPAI SZÉLENERGIA-IPAR: SZEREPLŐK ÉS BEFEKTETÉSI TENDENCIÁK

A szélerenergia látványos növekedése, mint az új energiatermelési kapacitásba történő befektetés meghatározó tényezője, az ipari értéklánc egészéről a szereplők széles skálája számára bizonyult vonzóknak (IV.3. fejezet). Az adott helyszínrre összpontosító, helyi mérnöki vállalatoktól a globális, vertikálisan integrált közműszolgáltatókig nagyon sokan részesei lettek a szélerenergia európai növekedése történetének.

A szélerenergia széles körű, nagyléptékű elterjedésében élen járó régióban, Európában a legszorosabb a verseny a piaci részesedésért durván egy tucatnyi szolgáltató között zajlik. Az európai piacon a piaci részesedés eloszlása felettébb stabilan alakult, és a fő szolgáltatók között 2003–2004-ben lezajlott konszolidáció óta kevés jelentős eltolódás volt tapasztalható. 2004 és 2007 között három piaci szereplő egyenként 15% feletti részesedést mondhatott magáénak az éves kapacitás-növekedés tekintetében; őket négy résztvevő követte egyenként 5–10%-os részesedéssel.

Az ellátási lánc kezelése kulcsfontosságú mozgatórugója a versenynek, kifejezetten a szélturbina-ellátás terén. A turbinagyártók és alkatrészellátók közti kapcsolatok az elmúlt három év folyamán egyre inkább kritikus jelentőségűvé váltak, és az ezeket övező feszültség is egyre fokozódott, hiszen a felszökő kereslet a gyártási idő lerövidülését, nagyobb befektetéseket és magasabb szintű agilitást tett szükségessé a gyorsan növekvő szektor kiaknázásához.

Ezenkívül az európai szélerenergia-értékláncban dinamikus eltolódás figyelhető meg: az eszközök tulajdonviszonyainak átrendeződésével a fejlődést az érett piacokon keresik, és az egyre inkább páneurópaivá váló színen a résztvevők a lépték maximalizálására törekednek. A szélerőművek fejlesztése, tulajdonlása és működtetése iránt érdeklődő szereplők számának jelentős megnövekedése új szintre emelte a versenyt, világossá téve, hogy az olyan meghatározó elemek,

mint a helyi piac ismerete, a műszaki szakértelem és a pénzügyi kapacitás döntő fontosságúak az értékláncban elfoglalt pozíciók megszerzéséhez.

A KULCSSZEREPLŐK POZÍCIÓJA

A szélerenergia-eszközök tulajdoni eloszlásának európai eltolódása világosan mutatja az iparág léptékének növekedését és földrajzi terjeszkedését. A szélerenergia az 1990-es évek végének Dániában és Németországban összpontosuló, farmerek tulajdonában lévő magányos turbinákból összeálló iparágából mára több tucat, egyenként több GW telepített kapacitást birtokló nemzetközi résztvevőt felvonultató iparaggá fejlődött. Az európai piac szerkezetét jelenleg öt tulajdoni blokk jellemzi:

1. közművek;
2. Európa legnagyobb független energiatermelői (IPP-k);
3. egyéb spanyol IPP-k;
4. német befektetők;
5. egyéb európai befektetők/IPP-k.

Az elmúlt öt év folyamán a legszembeeszközőbb tendencia a közművek iparági részvételének fokozódása volt. A közművek részesedése a teljes telepített szélerenergia-kapacitásból 17%-ról (2002) 25%-ra (2007) emelkedett. A legnagyobb ugrás 2005 és 2006 között volt tapasztalható: a régió szélerenergiával foglalkozó vezető közművei az 500 MW-ot jóval meghaladó éves bővítéseket hajtottak végre.

TERVEZETT JÖVŐBELI BEFEKTETÉSEK

A 2007-től 2010-ig terjedő időszakra Európa birtokolt kapacitás tekintetében első 15 közműve és IPP-je olyan folyamatban lévő és tervezett építéseket jelentett be, amelyeknek összkapacitása meghaladja a 18 GW-ot. Ez a telepített kapacitásra vonatkozó jelenlegi költségbecslések alapján jóval 25 milliárd euró

fölötti befektetést jelent a szélenergia-iparba. Összességében az európai szélenergia-piac évente várhatóan 9 GW-ot meghaladó telepített kapacitással nő 2010-ig; ez az éves befektetések tekintetében 10 milliárd eurót meghaladó, majdnem 16 milliárd eurós összeget jelent.

Összességében a szélenergia európai piaci környezete kezd nagykorúvá válni, és a technológia egyre jobban megveti a lábát a teljes villamosenergia-piacon. Bár a szél a hagyományos energiaforrások mellett az energiatermelési szerkezet szerves részévé vált az olyan piacokon, mint Németország, Spanyolország és Dánia, továbbra is kettős kihívással kell szembenéznie, hiszen egyrészt a többi megújuló energiaforrásra épülő technológiával kell versenyre kelnie, másrészt bizonyítania kell, hogy megfelelő választás az olyan nagy energiatermelők számára, akik portfóliójuk bővítéséhez és diverzifikálásához keresnek lehetőséget.



A GLOBÁLIS SZÉLENERGIA-PIACOK ÁLLAPOTA

A globális szélenergia-ipar, melyet a IV.4. fejezet tárgyal, 2007-ben zárta eddigi legjobb évét, 20 000 MW kapacitás telepítésével. Ebben a fejlődésben az Egyesült Államok, Kína és Spanyolország járt az élen. A világszerte telepített kapacitás ezzel 94 122 MW-ra

nőtt. Ez a 2006-os piachoz viszonyítva 31%-os növekedést jelent, és összességében a globális telepített kapacitás kb. 27%-ának felel meg.

A telepített kapacitás tekintetében az első öt ország Németország (22,3 GW), az Egyesült Államok (16,8 GW), Spanyolország (15,1 GW), India (7,8 GW) és Kína (5,9 GW). Gazdasági érték tekintetében a globális szélenergia-piac 2007-ben kb. 25 milliárd eurót (37 milliárd dollárt) ért az új termelő berendezések vonatkozásában, és 34 milliárd euró (50,2 milliárd dollár) teljes befektetést vonzott.

Továbbra is Európa a vezető szélenergia-piac: az itt végrehajtott új telepítések tették ki a világ egészének 43%-át, és európai vállalatok biztosították a világ szélenergia-kapacitásának 66%-át 2007-ben.

AZ EGYESÜLT ÁLLAMOK ÉS KÍNA PIACÁNAK FELLENDÜLÉSE FOLYTATÓDIK

Az Egyesült Államok rekordszintű, 5244 MW kapacitástelepítésről számolt be 2007-ben, ami több mint kétszerese a 2006-os adatnak. Ez teszi ki az ország új energiatermelő kapacitásának mintegy 30%-át. Összességében az Egyesült Államok szélenergia-termelő kapacitása 45%-kal nőtt 2007-ben, és a teljes telepített kapacitás jelenlegi értéke 16,8 GW. Míg Európában a szélenergia a 2008-as villamosenergia-igény mintegy 4%-át fedezi, addig az Egyesült Államokban a szélfarmok 2008-ban kb. 48 milliárd kW/h villamos energiát termelnek, ami az Egyesült Államok villamosenergia-ellátásának alig több mint 1%-át jelenti.

Kína 2007-ben 3449 MW-tal bővítette szélenergia-kapacitását, ami 2006-hoz képest 156%-os piaci növekedésnek felel meg, és ezzel a teljes telepített szélenergia-kapacitás tekintetében az ország jelenleg az ötödik helyet foglalja el, 6000 MW-ot meghaladó értékkel (2007 vége). A szakértők véleménye szerint azonban ez még csak a kezdet, és az igazi fejlődés csak ezután várható Kínában. Az európai gyártók előnyös helyzetben vannak a piaci lehetőség kihasználásához.

ADMINISZTRATÍV ÉS HÁLÓZAT-HOZZÁFÉRÉSI KORLÁTOK

Napjainkban a megújuló energiaforrásokból származó villamos energiának az európai villamosenergia-piacra történő integrálása előtt több akadály is tornyosul. A IV.5. fejezet a fejlesztő nézőpontjából tekinti át négy EU-tagállam példáján, milyen korlátokat kell leküzdeni az építési engedélyek, a területi tervezési engedélyek és a hálózathoz való hozzáférés megszerzéséhez.

Korlátokkal akkor kell szembenézni, ha azok az eljárások, amelyeknek megfelelően kell, hogy eljárjon a projekt fejlesztője, nincsenek koherens módon kidolgozva; ide tartozik az átláthatóság hiánya és a túlzott adminisztrációs követelményrendszer. Minden európai tagállamban felmerülnek efféle korlátok, azonban ezek hatása a megújuló energiaforrásokon alapuló megoldások bevezetésére országonként eltérő. Az adminisztratív, társadalmi és pénzügyi szinten, valamint a hálózathoz való hozzáféréssel kapcsolatosan jelentkező korlátok komoly akadályokat gördítenek a befektetések és a szélenergia versenyképessége elé az európai és globális piacokon.

V. rész: Környezet

Az egyes energiaforrások hasznosítása nem azonos mértékben van negatív hatással a környezetre, és nem egyformán járul hozzá a természeti erőforrások kimerítéséhez. A fosszilis energiahordozók felhasználása kimeríti a természeti erőforrásokat, és elsősorban ez a felelős a környezeti hatásokért. Ezzel szemben a megújuló energiaforrások kiaknázása általában, és a szélenergiaé konkrétan, kevés környezeti hatással jár, és ezek lényegesen alacsonyabb szintűek, mint a hagyományos energiatermelés hatásai.

KÖRNYEZETI HASZNOK

Az V.1. fejezet az életciklus-elemzés (LCA) módszertanát ismerteti a kibocsátások és a környezeti hatások

értékelésének vonatkozásában, továbbá releváns európai tanulmányok alapján elemzi teljes életciklusukra kiterjedően a szárazföldi és part menti szélfarmok villamosenergia-termelésének kibocsátását és környezeti hatásait. Ugyanez a fejezet vizsgálja ezenkívül a szélen alapuló villamosenergia-termelés által elkerült kibocsátást és környezeti hatásokat a fosszilis energiahordozókon alapuló villamosenergia-termeléssel összevetve.

KÖRNYEZETI HATÁSOK

Bár a szélenergia-termelés környezeti hatásai jóval kisebb mértékűek, mint a hagyományos energiatermelési módokéi, felmérésükre mindamellett szükség van. Az állatvilágra és a közeli lakosságra kifejtett lehetséges negatív hatásokat mind szárazföldi, mind part menti rendszerek esetében elemezték. A konkrét környezeti hatásokat, úgymint a tájképre, a zajra, a madarak és tengeri élőlények populációira kifejtett hatásokat és az elektromágneses zavarokat az V.2. fejezet vizsgálja.

A szélenergia az energiatermelésből adódó CO₂-kibocsátás csökkentése révén kulcsszerepet játszik az éghajlatváltozás elleni küzdelemben. A nemzetközi széndioxid-piacok megjelenése, melyet a Kiotói Egyezmény által bevezetett rugalmas mechanizmusok segítettek elő, valamint a javított regionális kibocsátás-kereskedelmi rendszerek, mint például az Európai kibocsátás-kereskedelmi rendszer (ETS), további ösztönzést



nyújthatnak a megújuló energiával, konkrétan a szél-energiával kapcsolatos technológiák fejlesztésére és bevezetésére.

POLITIKAI INTÉZKEDÉSEK AZ ÉGHAJLATVÁLTOZÁS MEGFÉKEZÉSÉRE

A szélenergia alkalmas arra, hogy drámai módon csökkentse az energiaszektor CO₂-kibocsátását. Az V.3. fejezet áttekintést nyújt a nemzetközi szén-dioxid-piacok fejlődéséről, felméri a Tiszta Fejlesztési Mechanizmus és az Együttes Végrehajtás program hatását a szélenergiára, és vázlatosan kijelöli az utat az éghajlatváltozás kihívására válaszoló, 2012 utáni nemzetközi szabályrendszer felé. Ezenkívül körvonalazza az EU kibocsátás-kereskedelmi rendszerét (ETS), elemezve annak teljesítményét napjainkig, az elosztási módot és a 2012 utáni időszakra vonatkozó javaslatokat.

KÜLSŐ TÉNYEZŐK ÉS A SZÉLENERGIA ÖSSZEHASONLÍTÁSA MÁS TECHNOLÓGIÁKKAL

A villamosenergia-piacok jelenleg nem veszik számításba a külső hatásokat és a szennyezés költségeit. Ezért fontos a különböző villamosenergia-termelési technológiák külső hatásainak azonosítása, és az ezekhez kapcsolódó költségek kiszámítása. A külső költségek ekkor összevethetők a villamosenergia-termelés belső költségeivel, és az egymással versengő energia-termelési rendszerek, például a hagyományos villamosenergia-előállítási technológiák, összehasonlíthatók a szélenergiával (V.4. fejezet).

A tudomány az 1980-as évek végén kezdett foglalkozni a villamosenergia-termelés külső költségeivel. Ebben mérföldkő volt az „Externalities of Energy” (ExternE) c. tanulmány, mely megpróbált következetes módszertant kidolgozni a villamosenergia-termelő technológiák külső tényezőinek értékelésére. Az ExternE projekt módszertana és a vele kapcsolatos munkák rendszeres időközönként frissítésre

kerülnek. E projekt értékelése szerint a szélenergia külső költségei 0,26 eurócent / kW/h alatt vannak, míg a hagyományos (fosszilis tüzelőanyagokon alapuló) villamosenergia-termelésé lényegesen magasabb.

Az V.4. és az V.5. fejezetben a *Szélenergia – a tények* c. kiadvány ismerteti a hagyományos fosszilis tüzelőanyagokon alapuló villamosenergia-termelésről a szélenergiára történő áttérés révén elkerült kibocsátásra és külső költségekre vonatkozó empirikus elemzések eredményeit az EU 27 tagállamában 2007-ben, 2020-ban és 2030-ban. A szélenergia révén elkerült külső költségek 2007-ben meghaladták a 10 milliárd eurót, és ez az összeg várhatóan emelkedni fog az elkövetkező évtizedek folyamán a szélenergia részesedésének növekedésével (S.5. táblázat).

A SZÉLENERGIA ÉS A SZÉLFARMOK TÁRSADALMI ELFOGADÁSA

A szélenergiával kapcsolatos EU-beli tapasztalatok szerint a szélenergia sikeres fejlődésének meghatározó tényezője a társadalmi elfogadás (V.6. fejezet). A szélenergiával kapcsolatos társadalomkutatás három fő kérdéskörre összpontosított:

1. a szélenergia társadalmi támogatása szintjének felmérése (nyilvánosság általi elfogadás);
2. a társadalmi reakció azonosítása és megértése helyi szinten (közösségi elfogadás);

S.5. táblázat: Elkerült külső energiaköltségek

	2007	2020 (becsült)	2030 (becsült)
A szélenergia hozzájárulása az elkerült külső költségekhez (milliárd €, 2007-es árak)	10,2	32,9	69,2

Megjegyzés: A 2020-ra és 2030-ra becsült környezeti hasznok gyakorlatban történő teljes elérésének előfeltétele a pénzügyi támogatási eszközök folyamatos hozzáigazítása a mindenkorai körülményekhez, valamint a szélenergia piaci integrálása előtt álló akadályok felszámolása.

3. a fő érdekelt felek és a politika kialakítói általi társadalmi elfogadás szempontjából kulcsfontosságú kérdések elemzése (érdekelt felek általi elfogadás).

A szélfarmok fejlesztésének és kezelésének módja, valamint az, ahogyan a nyilvánosság ezekkel kapcsolatba kerül, fontosabb lehet az új projekteket övező közönségkapcsolatok alakulása szempontjából, mint a technológia tisztán fizikai vagy műszaki jellemzői. Az ilyen tényezők jelentősen befolyásolják a technológiának otthont adó közösségek, a fejlesztők és a hatóságok közötti kapcsolatokat. A műszaki kérdések társadalmi elfogadásának kezelésére nincsenek rögzített szabályok, de ennek a széles kérdéskörnek a megfelelő mérlegelése révén a kezdeményezés előmozdítói és a hatóságok tanulhatnak a múlt tapasztalataiból, és módot találhatnak a nagyközönség szélenergia-fejlesztés iránti elkötelezettségének fenntartására és fokozására.

VI. rész: Forgatókönyvek és célok

Az Európai Bizottság megújuló energiaforrásokról szóló 1997-es tanulmánya a megújuló energiának az EU energiaszerkezetében szerzett részesedésének megkétszerezését tűzte ki célul 2010-re (12%, szemben az 1997-es 6%-kal). Ebben szerepelt az EU-beli szélenergia-kapacitás 2010-re 40 000 MW-ra növelésének célja is; ez éves szinten 80 TW/h villamosenergia-termelést és 72 millió tonna (Mt) CO₂-kibocsátás elkerülését jelentené. A 40 000 MW-os célt 2005-re sikerült elérni.

Az Európai Bizottság tanulmányában szereplő 40 000 MW-os cél jelentette az EWEA célkitűzését 1997-ben, azonban három évvel később, a német, spanyol és dán szélturbinapiac erőteljes fejlődése miatt az EWEA 50%-kal magasabb célt tűzött ki: 60 000 MW-ot 2010-re és 150 000 MW-ot 2020-ra (VI.1. és VI.2. fejezet). 2003-ban az EWEA ismét megemelte célkitűzését, ezúttal 25%-kal, vagyis 75 000 MW-ra 2010-re és 180 000 MW-ra 2020-ra. Az EU 12 új

tagállammal való bővülése miatt az EWEA a 2010-es előirányzott célt referencia-forgatókönyvében 80 000 MW-ra emelte, a 2020-ast nem módosította, viszont újabbat tűzött ki 2030-ra: 300 000 MW-ot (S.19. ábra).

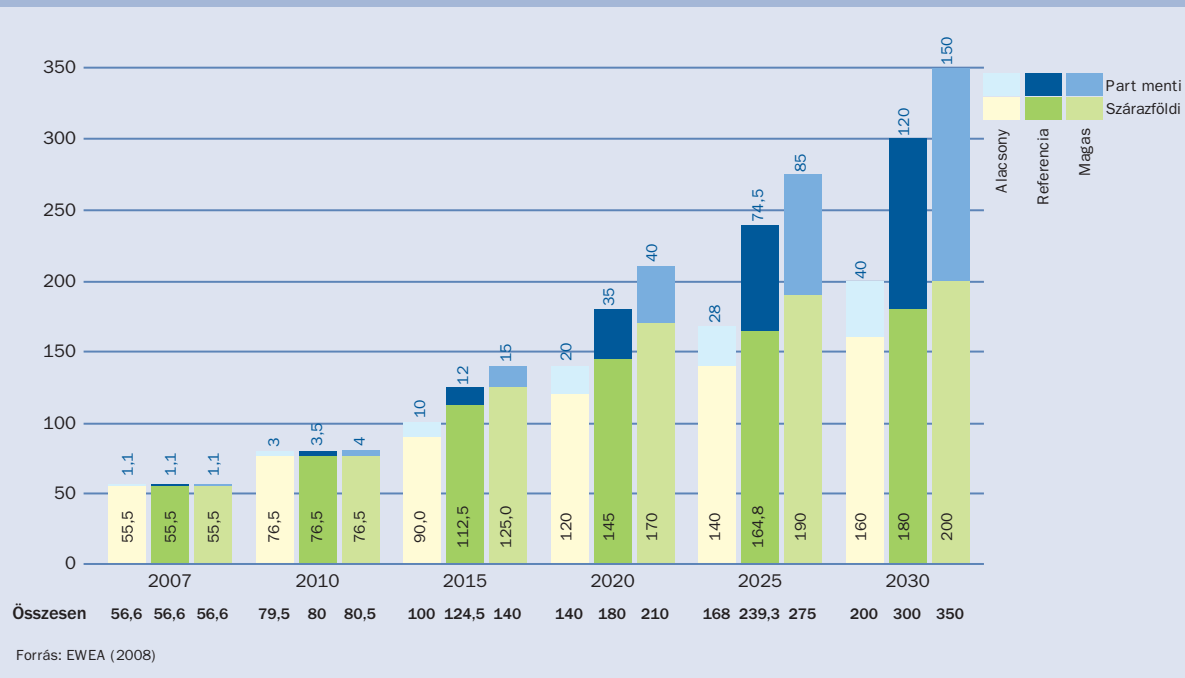
Ha a referencia-forgatókönyv megvalósul, a szélenergia-termelés 2010-re 177 TW/h-ra, 2020-ra 477 TW/h-ra, 2030-ra pedig 935 TW/h-ra emelkedik (VI.3. fejezet). Az Európai Bizottság alapforgatókönyve a villamosenergia-igény 33%-os növekedésével számol 2005 és 2030 között (4408 TW/h). Feltéve, hogy az EU villamosenergia-igénye az Európai Bizottság előrejelzésének megfelelően alakul, a szélenergia részesedése a villamosenergia-fogyasztásból eléri az 5%-ot 2010-ben, a 11,7%-ot 2020-ban és a 21,2%-ot 2030-ban.

Ha az energiahatékonyság növelésére irányuló politikai törekvések elérik céljukat, akkor a szélenergia részesedése a villamosenergia-igény jövőbeli kielégítéséből meghaladja az alapforgatókönyvben szereplő értéket. 2006-ban az Európai Bizottság az energiahatékonysággal és a megújuló energiaforrásokkal kapcsolatos új forgatókönyvekkel állt elő 2030-ra vonatkozóan. Ha az EU villamosenergia-igénye az Európai Bizottság „megújuló energiahordozók arányának és a hatékonyságnak kombináltan magas” (RE&Eff) esete szerinti előrejelzésnek megfelelően alakul, akkor a szélenergia részesedése a villamosenergia-igényből eléri az 5,2%-ot 2010-ben, a 14,3%-ot 2020-ban és a 28,2%-ot 2030-ban (lásd S.6. táblázat).

Az Európai Bizottság 1996 óta öt alkalommal módosította alapforgatókönyvét. Az Európai Bizottság legújabb, 2008-as alapforgatókönyve szerint ez alatt a 12 év alatt a szélenergia-kapacitás vonatkozásában 2010-re és 2020-ra kitűzött cél majdnem megtízszereződött: 8000 MW-ról 71 000 MW-ra (2010), illetve 12 000 MW-ról 120 000 MW-ra (2020).

Némileg meglepő módon a 2008-as alapforgatókönyv lényegesen kisebb értékeket jelöl ki a szélenergia-kapacitásra, mint a 2006-os alapforgatókönyv. A 2010-re előrevetített 71 000 MW-os kapacitás azt

S.19. ábra: Az EWEA három szélenergia-forgatókönyve (GW egységekben)



jelenti, hogy az európai szélenergia-piac a jelenlegihez képest kb. 50%-kal szűkül a következő három év folyamán. A jelenlegi piaci eredmények, a növekedési tendenciák és a független piacelemzések következtetéseinek fényében úgy tűnik, az Európai Bizottság

alapforgatókönyve nem megfelelően veszi figyelembe a jelenlegi valós helyzetet, és szemmel láthatóan alábecsüli a szektor hosszú távú kilátásait.

Mind az Európai Bizottság, mind az IEA szélenergiára vonatkozó alapforgatókönyve azt feltételezi, hogy a piac növekedése jelentősen lelassul – az Európai Bizottság szerint (az EWEA forgatókönyvéhez képest) 50%-kal –, és így éri el a 2010-re kitűzött 71 GW-os célt. Emelt szintű forgatókönyveik azonban összhangban vannak az EWEA 2010-es céljával, sőt, az Európai Bizottság 2006-os forgatókönyve még az EWEA 2020-ra kitűzött 180 GW-os céljánál is nagyra törőbb.

A turbinaárak 2005 óta emelkedtek, ugyanakkor a szélenergia egyik legfontosabb előnye az, hogy az energiahordozó ingyen van. Ezért a szélenergia-termelés teljes költsége a szélturbina 20–25 éves élettartamának egészére nagy pontossággal megjósolható. Sem a szén, az olaj vagy a gáz jövőbeli ára, sem a szén-dioxid-kibocsátás ára nem lesz hatással a szélenergia-termelés költségére.

S.6. táblázat: A szélenergia részesedése az EU villamosenergia-igényéből

	2000	2007	2010	2020	2030
Szélenergia-termelés (TW/h)	23	119	177	477	935
Villamosenergia-igény referenciaértéke (TW/h)*	2577	3243	3568	4078	4408
Villamosenergia-igény a RE&Eff esetben (TW/h)*	2577	3243	3383	3345	3322
A szélenergia részesedése (referencia-forgatókönyv)	0,9%	3,7%	5,0%	11,7%	21,2%
A szélenergia részesedése (RE&Eff eset)	0,9%	3,7%	5,2%	14,3%	28,2%

*Források: Eurelectric, EWEA és Európai Bizottság

30 SZÉLENERGIA – A TÉNYEK - VEZETŐI ÖSSZEFOGLALÓ

S.7. táblázat: A megtakarítás (milliárd euróban) alakulása a tüzelőanyagár és a (tonnánkénti) CO₂-kibocsátási ár függvényében

Összesen (a tüzelőanyag ára 90 dolláros hordónkénti olajának felel meg; a CO₂-kibocsátás tonnánkénti ára 25 €)

	2008–2010	2011–2020	2021–2030	2008–2020	2008–2030
Befektetés	31 062	120 529	187 308	151 591	338 899
Elkerült CO ₂ -kibocsátási költség	21 014	113 890	186 882	134 904	321 786
Elkerült tüzelőanyag-költség	51 165	277 296	455 017	328 462	783 479

Összesen (a tüzelőanyag ára 50 dolláros hordónkénti olajának felel meg; a CO₂-kibocsátás tonnánkénti ára 10 €)

	2008–2010	2011–2020	2021–2030	2008–2020	2008–2030
Befektetés	31 062	120 529	187 308	151 591	338 899
Elkerült CO ₂ -kibocsátási költség	8 406	45 556	74 753	53 962	128 714
Elkerült tüzelőanyag-költség	30 456	165 057	270 843	195 513	466 356

Összesen (a tüzelőanyag ára 120 dolláros hordónkénti olajának felel meg; a CO₂-kibocsátás tonnánkénti ára 40 €)

	2008–2010	2011–2020	2021–2030	2008–2020	2008–2030
Befektetés	31 062	120 529	187 308	151 591	338 899
Elkerült CO ₂ -kibocsátási költség	33 623	182 223	299 011	215 846	514 857
Elkerült tüzelőanyag-költség	67 002	363 126	595 856	430 128	1 025 984

Forrás: EWEA (2008)

Amint a VI.4. fejezet rámutat, valószínűleg ez a szélenergia legjelentősebb versenyhelyzeti előnye a globális energiapiacra.

A szélenergiába történő befektetések összesített értéke a 2000-től 2030-ig terjedő három évtizedben 390 milliárd euró lesz. Az EWEA referencia-forgatókönyve szerint az EU 27 tagállama 2008 és 2030 között kb. 340 milliárd eurót fog a szélenergiába befektetni.

Amint az S.7. táblázatból leolvasható, a CO₂-kibocsátás és a tüzelőanyagok árára vonatkozó feltételezések megváltoztatása drámai hatással van a szélenergia telepítése révén elkerült tüzelőanyag- és CO₂-kibocsátási költségekre. Ha az egész időszak alatt mind a CO₂-kibocsátási ár, mind a tüzelőanyagár alacsony (10 €/t, illetve 50 dolláros hordónkénti olajárral egyenértékű) lesz, akkor a szélenergiába tett

befektetések a következő 22 év folyamán 783 milliárd euró helyett mindössze 466 milliárd eurós megtakarítást eredményeznek a tüzelőanyag- és a CO₂-kibocsátási költségekben. Ha azonban mind a CO₂-kibocsátási ár, mind a tüzelőanyagár magas (40 €/t, illetve 120 dolláros hordónkénti olajárral egyenértékű) lesz, akkor 1000 milliárd eurót meghaladó megtakarítás jelentkezik majd a tüzelőanyag- és CO₂-kibocsátási költségekben a 2000 és 2030 közti három évtized alatt.

Az S.7. táblázat az olaj (hordónkénti) ára és a CO₂-kibocsátás (tonnánkénti) ára függvényében mutatja a megtakarítás alakulását.

The Globális Szélenergia Tanács (GWEC) előrejelzése szerint a szélturbinák globális piaca több mint 155%-kal fog nőni, így a teljes telepített kapacitás a 2007-ben érvényes 94 GW-ról 2012-re 240,3 GW-ra nő (VI.5. fejezet).

Mindenekelőtt az Egyesült Államok és Kína piacán várható drámai növekedés.

A kereslet növekedésétől függően a szélenergia a globális villamosenergia-fogyasztás 11,5–12,7%-át tudja

biztosítani 2020-ban a GWEC szerint, és nem kevesebb mint 20,2–24,9%-át (vagyis a világ villamosenergia-szükségletének egyötödét–egynegyedét) 2030-ban (VI.6. fejezet).

Copyright © European Wind Energy Association 2009

Minden jog fenntartva

A szélenergia szektor dinamikusan és folyamatosan fejlődik, ezért az ebben a könyvben szereplő adatok és ábrák, melyek a 2008 októberi helyzetet mutatják, kissé elavultakká válhatnak 2009-re. Minden naprakész statisztika és információ megtalálható a "Wind Energy – The Facts" honlapján: www.windfacts.eu.

Ezen kiadvány tartalmáért egyedül a szerzők felelősek. Nem feltétlenül tükrözi az Európai Közösség véleményét. Az Európai Bizottság nem vállal semmilyen felelősséget az abban található információk bármilyen felhasználásáért.