

A szélenergia-hasznosítás éghajlati adottságai az Alföldön

KEVEINÉ BÁRÁNY ILONA

A 20. sz. végén a hagyományos energiahordozók (szén, kőolaj, földgáz, hasadóanyagok) készletei világszerte jelentősen csökkentek. A világgazdaság energiagondokkal küzd, ami új energiaforrások feltárását sürgeti. Az állandóan megújuló energiaforrások, közöttük a víz-, a szél- és a napenergia intenzívebb kihasználása a jövőben megoldaná az energiagondok egy részét, ugyanakkor a hagyományos energiahordozók felhasználásának környezetkárosító hatását is mérsékelhetné.


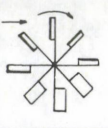


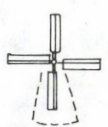



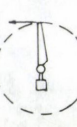
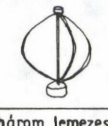
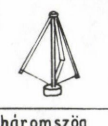
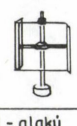
Munkámban a megújuló erőforrások közül a szélenergia-hasznosítással, közelebbről az Alföld szélenergia-potenciáljának a vizsgálatával foglalkozom, egy korábbi tanulmány (BÁRÁNY I.—VÖRÖS E.—WAGNER R. 1970) megállapításait tovább fejlesztve.

A szélenergia-kutatás azért is fontos, mert a belőle származó energia előállításának költsége — amennyiben az azonnal felhasználásra kerül — a vízenergia költségeinek harmadrésze (a beruházás is olcsóbb, mint a



1. kép. Századunk első felében működő, az olívaolaj sajtolásához szükséges energiát biztosító szélmalomok Palma de Mallorcán (A szerző felvétele)

Windmills in Palma de Mallorca, operating in the first half of this century and supplying power for olive seed pressing (Photograph taken by the author)

lassú járású	ellenállást hasznosító függőleges v. vízszintes tengely			
		félig leárnyékolt	síkban kibillenő	Savonius - rotor
gyors járású	a felhajtó erőt hasznosító tengely vízszintes			
		Görög vitorlás szélmalom	Holland szélmalom	amerikai szélturbina
	függőleges			
		három lapátos rotor	két lapátos rotor	egy lapátos rotor
				
		három lemezes háromszög alakú H - alakú		
		Darrieus		

1. ábra. A szélenergia-konverterek típusai (M. GRAUTHOFF és W. KUTTLER nyomán)

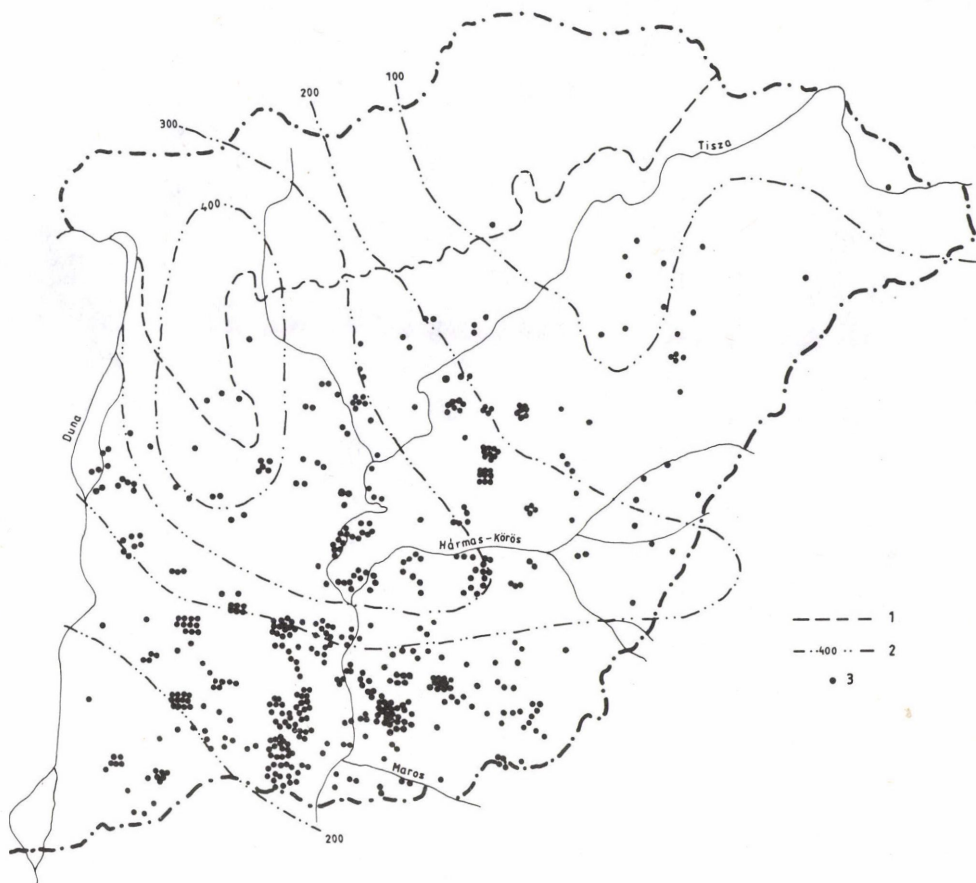
Types of wind power converters (after GRAUTHOFF, M. and KUTTLER, W.)

vízi-erőműveknél). A szélre telepített erőművek főként az energiahordozókban szegény mezőgazdasági területeken tölthetnek be jelentős szerepet. A kisebb farmgazdaságokban a mezőgazdasági kisgépek meghajtásával, öntözővíz szivattyúzásával, valamint a közmű hálózattól távol fekvő tanyás települések kommunális energia igényének kielégítésével szolgálhatják az ottani lakosságot.

A szél-erő-hasznosítás régóta foglalkoztatja az emberiséget. Európában legkorábban a Németalföldön építettek szélmalomokat az itt nagy gyakorisággal előforduló hasznosítható szélre. Hollandiában a tenger által elöntött belső területek lecsapolásakor a vízszivattyúzás energiaigényének kielégítésére építettek szél-erőműveket. A mediterrán területeken az öntözővíz szivattyúzás mellett az olívaolaj sajtolására használták a szélmalomokban termelt energiát (1. kép).

A múlt század utolsó negyedéig Európaszerte megnövekedett a szélmalomok száma. Az Egyesült Államokban már a múlt század végén gyártottak olyan szél-erőműveket, amelyek kis szélességnél (2,5 m/s) is tudtak dolgozni, de a nagyobb szélre is (7-8 m/s) jól hasznosították. A Szovjetunióban századunk 40-es éveiben kezdték gyártani a soklapátos gyorsjárású szél-erőműveket.

Napjainkban világszerte igen széles körű hasznosításuk, ennek megfelelően mára a szélkonverterek sokféle típusát kísérletezték ki. KÖTHE nyomán M. GRAUTHOFF és W. KUTTLER (1988) rendszerezték a



2. ábra. A szélmalomok előfordulása az Alföldön (20. sz. eleje). — 1 = makrokörzet határa; 2 = szélcsend előfordulás gyakorisági vonala; 3 = szélmalom

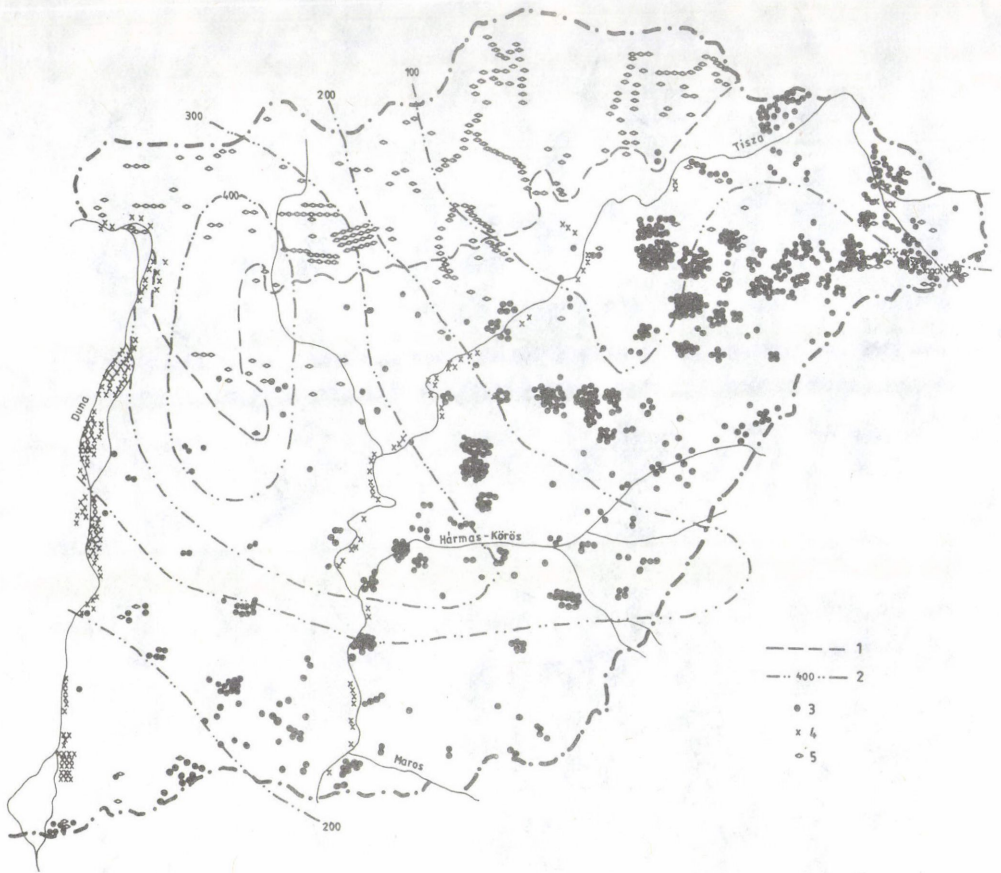
Occurrence of windmills in the Great Plain (early this century). — 1 = macroregion boundary; 2 = frequency line of calm; 3 = windmill

különböző típusú konvertereket (1. ábra). Alapvetően két fő típust, a gyors- és lassú járású konvertereket különítették el. A rendszerezésnél a tengely állását és a hasznosított erőtypust vették figyelembe (felhajtóerő, ellenállás). A két alaptípus közül a vízszintes tengelyű rotorok nagyobb teljesítményűek, mint a függőleges tengelyű berendezések.

Magyarországon a török hódoltság után jelentek meg nagyobb számban a szélmalomok, bár helyenként már a 15. sz.-ban is előfordultak. Elterjedésük a 17. sz.-ban vált általánossá. A legtöbb szélmalmot hazánkban 1866 és 1885 között építették. Számuk az 1800-as évektől a következőképpen alakult az Alföldön (LAMB-RECHT K. 1911 alapján): 1863: 475, 1873: 854, 1885: 650, 1894: 712, 1906: 691 db.

A múlt század végén az ország szélmalmainak 95,5%-a az Alföldön helyezkedett el, ami már önmagában is megerősíti azt a hipotézist, miszerint az Alföld elegendő hasznosítható szélenergiával rendelkezik. (Az energiaszűkében lévő Alföldön ekkor még nem ismerték a szénhidrogén mezőket.)

Annak ellenére, hogy Magyarországon korán megkezdődött a szélerő-kihasználás, a szélenergiával kapcsolatos kutatások csak a század 20-as éveiben indultak meg. Meteorológiai szempontból a kérdéskör



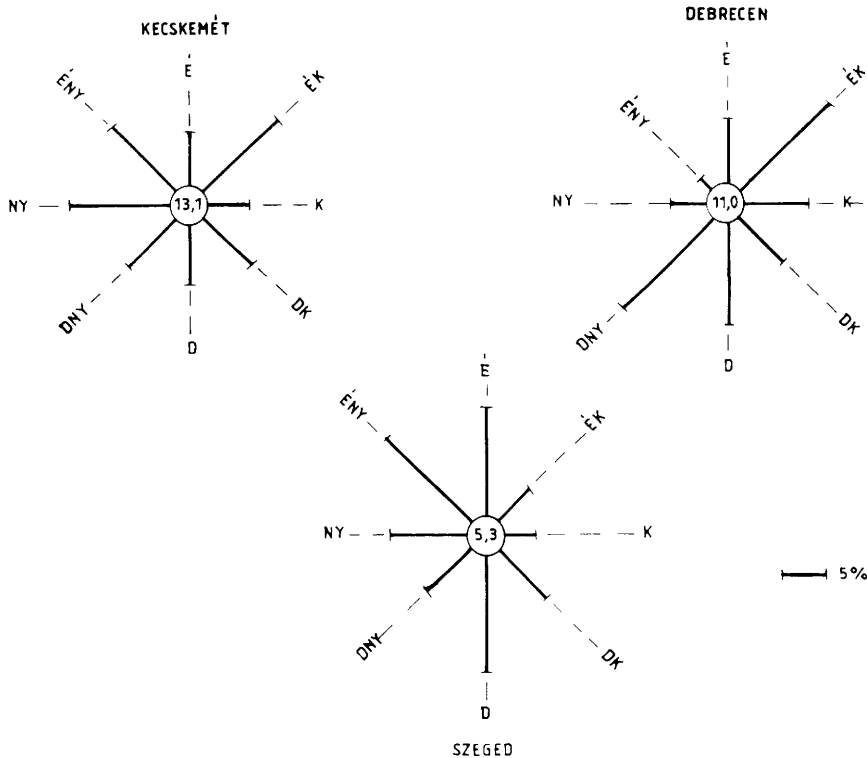
3. ábra. Az állati erővel hajtott malmok elterjedése a K-i országrészben. — 1-2 = a jelmagyarázatot I. a 2. ábránál; 3 = szárazmalmok; 4 = hajómalmok; 5 = vízimalmok

Distribution of animal-driven mills in the E part of Hungary. — 1-2 = for legend see Fig. 2; 3 = dry mills; 4 = boat mills; 5 = water mills

speciális vizsgálatokat igényelt. A szélirányok és a szélsébség területi eloszlásának vizsgálata mellett azok vertikális eloszlását is ismerni kellett, mivel a hasznosítható szélelfordulás gyakorisága a magasság növekedésével jelentősen nő.

A szélviszonyokkal, mint természeti erőforrással KAKAS J. és MEZŐSI M. (1956) foglalkoztak. A Budapest térségében végzett méréseik alapján (1955) megállapították, hogy a 3,45 m/s évi szélsébség átlag az év 5024 órájában alkalmas vízszivattyúzásra hasznosítható szél erőmű működtetéséhez (ez napi 13,6 működő órát jelent). LEDÁCS KISS A. (1956, 1958) több vonatkozásban vizsgálta a szélenergiahasználat hazai lehetőségeit, s véleménye szerint már az 50-es években mód nyílt volna 22 kWh teljesítményig a szélenergia hasznosításra, mivel ilyen teljesítményű szél erőműveket ekkor már forgalmaztak a világpiacon. SZABÓ P. Z. (1964) — a Martonvásár—Erdőhalom szél erőművi teljesítményt alapul véve — is indokoltak tartotta több szél erőmű építését Magyarországon.

Meteorológiai oldalról a nem megfelelő számban fellelhető mérőállomások adatainak hiányát a szélsébség idősorainak modellezésével kísérik meg pótolni a kutatók (TAR K.—TERDIK D. 1989). Módszerük



4. ábra. A szélirányok évi átlagos gyakorisága három alföldi állomáson
Annual average wind direction frequency for three Great Plain stations

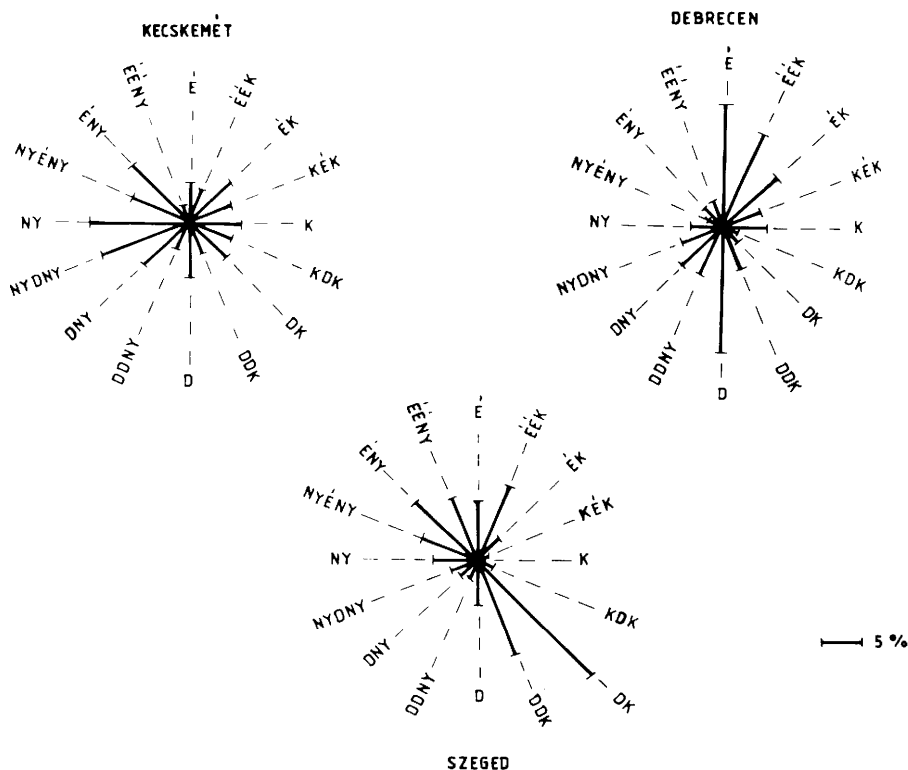
segítségével néhány nap átlagos szélességi adatából meg lehet határozni adott napokra a napi összes szélenergiát, ami azt jelenti, hogy a helykiválasztásnál néhány megelőző széladat felvétele után már következtetni lehet az adott hely szélereő-potenciáljára.

A szélereő-hasznosítás vizsgálatának szükségességét a fenti kutatások megerősítik. Ebből az alapfelfogásból kiindulva vizsgálom meg a század elején az Alföldön működő szélmalomok eloszlását, s vetem össze azt az Alföld szélviszonyaival. Amennyiben a szélereő-megoszlás kapcsolatba hozható a szélmalomok egykori elhelyezkedésével, akkor bizonyos, hogy vannak olyan területek az Alföldön, ahol a szélereő nem csak a szélmalomok, hanem a mezőgazdasági kisgépek meghajtására, ill. villanyvilágításra is felhasználható.

A szélviszonyok vizsgálatokor a 15-20 m-es, ill. az 50 m-es légréteg energiakészletét kell vizsgálnunk, mivel a kis- és közepes, valamint a nagyteljesítményű szélrotorok gazdaságos működtetésére ebben a lég-
rétegben mutatkoznak az eddigi tapasztalatok szerint a legkedvezőbb lehetőségek.

A szélmalomok elterjedését a hivatalos térképanyag 1:75 000-es ma. térképei alapján rajzoltam meg (2. ábra). A folyók mentén egyáltalán nem, vagy csak kisebb számban találunk szélmalomokat, itt az üzembiztos hajómalomok működtek (3. ábra). A térképek alapján az Alföldön 538 szélmalom és 810 szárazmalom települt (a vizsgálatokhoz homogén térképanyag nem állt rendelkezésünkre, meg kellett elégedni azzal, hogy a felhasznált térképek helyesbítése 1906-1920 között mozgott).

A szélmalomok zöme az Alföld D-i részén épült. Szegedtől Ny-ra, ÉNy-ra és ÉK-re Kistelek, Dorozsma, Hódmezővásárhely a szélmalomok telephelye. Ugyanakkor a közeli tanyavilágban, valamint Kiskunhalas, Kiskőrös, Kiskunfélegyháza, Mindszent, Szépvár, Orosháza környékén is sok szélmalomot találunk. Az Alföld



5. ábra. A 3,4—5,4 m/s (3 B°) sebességű szelek évi iránygyakorisága
 Annual frequency of direction of 3.4—5.4 metre per sec (ca 3 B°) velocity winds

szélmalmainak mintegy 70%-a ezen a területen helyezkedett el, ami arra is utal, hogy itt voltak a legkedvezőbbek a szélviszonyok a malmok működtetéséhez. Ettől a területtől távolodva minden irányban csökken a szélmalmok száma.

A szélviszonyok vizsgálatokor — kiemelve a szélcsend-minimumokat — a szélmalmok elhelyezkedése és a szélcsend-minimumok közötti szoros összefüggés ismerhető fel a Dél-Alföldön. Ennek viszont kifejezetten ellentmond az Alföld ÉK-i része. Amennyiben a malmok elterjedését és a szélviszonyokat mechanikusan szemléljük, arra a következtetésre juthatunk, hogy az Alföldön itt a legnagyobb a szélcsend-gyakoriság. Ugyanakkor WAGNER R. (1931) szerint ez a terület szeles. A szélmalmok hiányát itt az uralkodó szélirányok évi menetében mutatkozó nagy különbségekkel magyarázhatjuk. A fenti látszólagos ellentmondás feloldásához használjuk fel az 1. táblázat adatait.

A táblázatból első rátekintésre kiolvasható, hogy a Délkelet-Alföld (Ásotthalom, Békéscsaba, Orosháza és Szeged) a szélcsendminimumok körzete. TÓTH G. (1933) a szélerősség-gyakorisági görbék segítségével bebizonyította, hogy a Duna—Tisza közti hátság az Északi-Kárpátok szélvédelmét élvezzi, ezért az Alföldnek ezen a területén viszonylag gyakori a szélcsend. WAGNER R. (1931) korábbi adatai is a fentieket támasztják alá. Az Alföldön a legnagyobb szélcsend-gyakoriságú terület a Duna—Tisza köze É-i része. Ennél gyakrabban fúj a szél a Csongrád—Kiskunfélegyháza—Kunszentmiklós vonaltól É-ra eső területeken. Legkisebb a szélcsendes időszakok hossza a Dunapataj—Kistelek—Békéscsaba által lehatárolt D-i területeken. A szeles vidékek magvát a Maros mente és Szeged környéke képezi.

1. táblázat. A szélirányok és a szélcsend évi átlagos gyakorisága az Alföldön, %

É	Szélirány						Szélcsend	Összesen
	K	DK	D	DNy	Ny	ÉNy		
12,4	3,1	6,8	5,5	21,5	3,7	8,2	14,1	100,0
10,2	9,8	9,8	14,8	17,7	6,5	3,6	11,0	100,0
4,2	5,3	5,3	7,4	21,4	18,3	8,3	22,3	100,0
9,0	6,7	10,0	9,1	10,6	14,1	13,4	13,1	100,0
11,5	5,7	5,7	12,8	12,3	11,2	8,6	16,1	100,0
16,7	6,1	5,2	15,6	8,6	12,7	10,4	13,3	100,0
14,6	5,1	10,4	11,9	14,0	7,6	12,5	7,2	100,0
15,2	4,4	6,9	15,5	16,0	9,4	12,8	6,9	100,0
15,5	6,1	11,3	16,6	9,6	11,4	16,2	5,3	100,5
13,1	6,9	12,1	9,8	11,7	10,6	18,0	7,6	100,0

2. táblázat. A 3-4-5 Beaufort-fokos szelek eloszlása az Alföldön

Város	Szélirány								Összesen
	ÉK	K	DK	D	DNy	Ny	ÉNY	É	
Szeged	43,7	29,7	85,1	133,5	53,2	70,8	135,8	97,7	649,5
Debrecen	154,1	39,8	20,2	12,2	164,7	34,1	27,1	40,3	492,5
Nyíregyháza	250,5	22,5	46,2	26,5	17,8	12,6	25,4	64,9	621,5

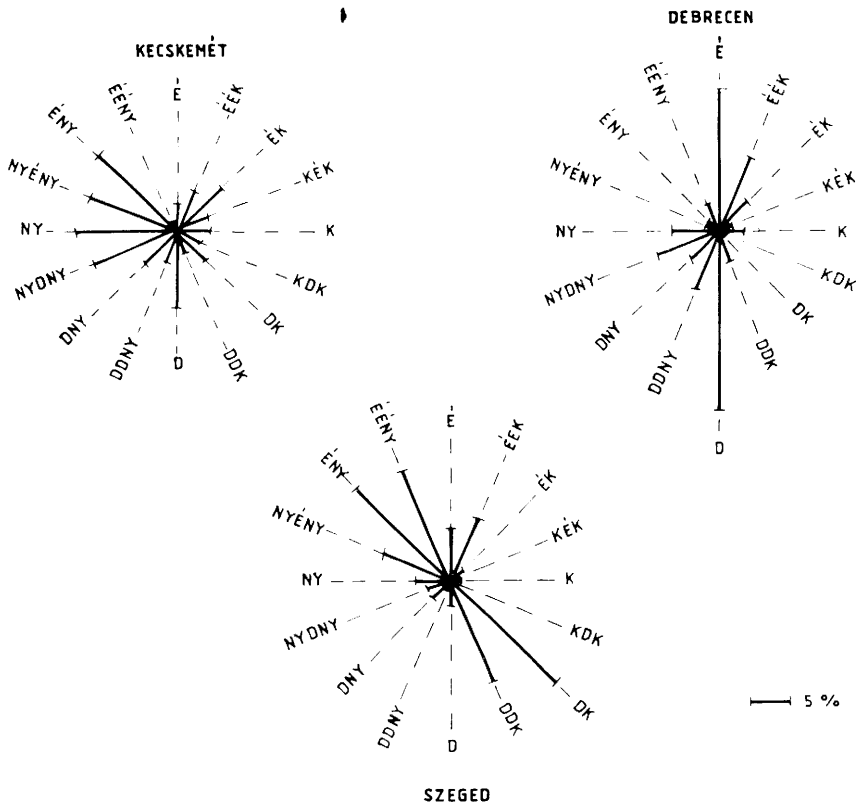
3. táblázat. A 4-5 Beaufort-fokos szelek eloszlása az Alföldön

Város	Szélirány								Összesen
	ÉK	K	DK	D	DNy	Ny	ÉNy	É	
Szeged	25,7	14,6	54,6	85,6	29,7	47,5	99,5	66,2	423,4
Debrecen	10,2	26,1	21,9	20,8	104,8	22,8	17,9	28,0	359,5
Nyíregyháza	162,6	12,1	20,3	13,6	109,4	5,7	14,5	47,1	385,5

A szélalmok elhelyezkedése szinkronban van a szélcsend-gyakorisággal. Kecskemét környékén nem települtek nagy számban szélalmok, csak Kiskunfélegyháza környékén találunk néhányat. A Kunszentmárton—Szarvas—Karcag—Püspökladány—Nádudvar—Debrecen vonaltól DK-re már több fordul elő belőlük. A további elemzés megkívánja, hogy megvizsgáljuk a szélalmok működtetéséhez elégséges szélerek megoszlását, mivel az üzembiztos működésük feltétele a kedvező szélirányok, ill. szélerek relatív arányos eloszlása.

KAKAS J. (1947) a műszeres észlelések 4 évi adatának feldolgozásával megrajzolta repülőtereink szélirány-gyakoriságait és a szélereket. Adatai alapján kétséget kizáróan megállapítható, hogy az Alföldön az év hány napján fújnak olyan erősségű szelek, amelyek alkalmasak a szélalmok meghajtására. KAKAS J. adatai is igazolni látszanak Szeged környékének kedvező helyzetét. A Beaufort-skála szerint megadott szélerekségek szerinte a következőképpen alakulnak az Alföldön (2. táblázat). (A táblázatban elhanyagoltuk a 0-2 fok közötti és a 6 fokosnál nagyobb erősségű szeleket, mivel a középük eső tartomány kedvez az általunk vizsgálandó szélerek-hasznosításnak):

A táblázat napi három észlelés alapján mutatja be, hogy milyen irányú szelek és hány alkalommal alkalmasak szélkonverterek meghajtására. Ezek szerint Szegeden az év 216 napján, Nyíregyházán 207 és Debrecenben 164 napon lehet olyan szélerekre számítani, ami gazdaságosan hasznosítható.



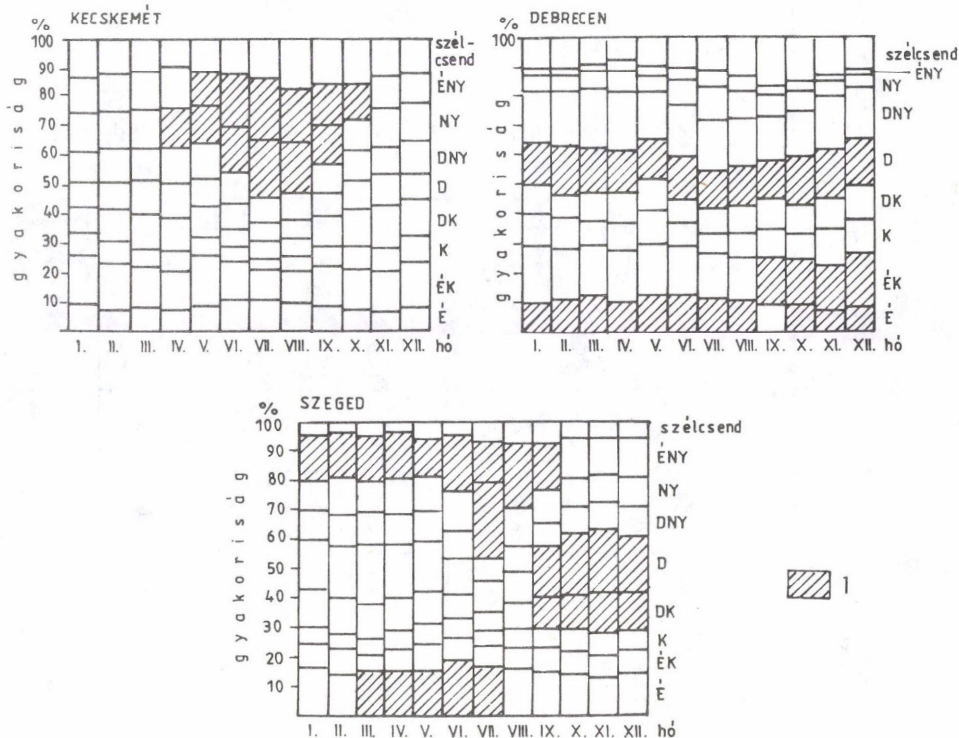
6. ábra. Az 5,5—7,9 m/s (4 B°) sebességű szelek évi iránygyakorisága
Annual frequency of direction of 5.5—7.9 metre per sec (ca 4 B°) velocity winds

Szeged és környékének kedvezőbb helyzetét valójában akkor érzékelhetjük, ha az intervallumot szűkítjük (3. táblázat).

Szeged esetében 141, Debrecenben 120, Nyíregyházán 128 napon fordul elő a fenti erősségű szél, ami ugyancsak üzembiztonságot növelő tényező. Az ÉNy-i szelek mellett Szegeden a D-i irányú szelek a leggyakoribbak. Az ÉNy-i szelek július-augusztusban, a D-i szelek augusztustól decemberig fordulnak elő nagy gyakorisággal. Az év utolsó harmadában a K-i szelek gyakorisága is nő. Nyíregyházán csak a DNY-i szelek gyakorisága nő meg ősszel és télen, a szélcsendes időszakok száma viszont éppen az év második felében nagyobb.

Debrecenben nagy vonásokban hasonló a helyzet, ami alátámasztja a valamikori szélmalom hiányát ezen a területen, annak ellenére, hogy alapjában szelesnek szoktuk minősíteni az Alföld ÉK-i részét. Szegeden a kevésbé szeles nyári hónapokban sem esnek a szélességek 2,6 cm/s alá, ugyanakkor Kecskeméten és Debrecenben már gyakoriak a 2,5 m/s vagy az alatti átlagok.

Az Alföld szélérő-kihasználásának potenciális lehetőségeit igazolják finomabb megközelítésben a különböző sebességű szelek szélirány-gyakorisági adatai is. A 3,4-5,4 m/s sebességű kategóriát tekintve — amely, mint korábban említettük — alkalmas egyszerű szélérőművek meghajtásához, a 16-os beosztású szélrózsa irányok többségénél %-os megoszlásban az első vagy második helyen szerepel a többi kategóriával szemben.



7. ábra. A szélirány-gyakoriságok havonkénti megoszlása (1958-1962). — 1 = a 3 és 4 B°-os sebességű szelek iránya

Monthly distribution of wind direction frequency (1958-1962). — 1 = direction of winds of 3 and 4 B° velocity

Szeged, Debrecen és Kecskemét évi átlagos szélirány-gyakoriságait vizsgálva (4. ábra) megállapítható, hogy Debrecenben az ÉK—DNY-i irány tűnik ki, ugyanakkor a hasznosítható szélérőknél az É-i és D-i szelek a kitüntetett irányok. Kecskeméten az évi szélirány-gyakoriságok alapján nem emelhető ki egyik irány sem, viszont a hasznosítható szelek szélirányrészén (5., 6. ábra) már a Ny-ias szelek az uralkodók. Szeged esetében van leginkább összhang az É—ÉNy-i, ill. a D—DK-i szelek gyakorisága az évi általános szélgyakorisági irányok és a hasznosítható szelek iránygyakorisága között.

Az évi szélcsend-gyakoriság a vizsgált állomások közül (WAGNER R. korábbi adataival összhangban) Szegeden a legkisebb (5,3%). Ez azt jelenti, hogy itt a K-i és ÉK-i szelek kivételével szinte minden szélirányévi gyakorisága számottevő (7. ábra). A hasznosítható szélérők (a DDK-i és a DK-i irány) június és július kivételével dominálnak. A nyári hónapokban viszont a másik két fő irányból, ÉK- és E-i irányból fújnak nagyobb gyakorisággal a hasznosítható nagyságrendű szelek. Debrecenben az évi és havi gyakoriságban az ÉNy-i és DK-i irány tűnik ki magas értékével. A hasznosítható szélérők viszont az É-i és D-i irányokból érkeznek. Talán az ÉK-i fő- és mellékirányok együttesen elegendő hasznosítható energiát hoznak, százalékosan azonban a 4 B°-os szelek részesedése itt kicsi. Kecskemét évi szélirány-gyakorisága az előbbi két állomáshoz viszonyítva valamivel egyenletesebb eloszlású, a hasznosítható szelek szempontjából a Ny-i és ÉNy-i irányok jönnek elsősorban számításba.

A szélérő-hasznosítás szempontjából számításba vehető 3, ill. 4 B°-os szelek vizsgálatok a szélirány-gyakoriság és a szélérő szorzatából képzett mutatók alapján (4., 5., 6. táblázat) mind a havi, mind az évi összenergia hozzáadékat illetően kimutatható az előbbi tendencia. Szeged esetében a fenti mutatók a havonkénti

4. táblázat. A Szegedre vonatkozó szélirány-gyakoriság (%) és a szélsebesség (B°) szorzatából képzett mutatók

Hónap	Szélirány															
	É	ÉÉK	ÉK	KÉK	K	KDK	DK	DDK	D	DDNy	DNy	NyDNy	Ny	NyÉNy	ÉNy	ÉÉNy
~ 3 B°																
I.	29,7	30,0	11,4	1,5	0,6	2,1	64,5	61,8	21,6	7,2	11,1	4,2	12,6	12,9	15,6	13,2
II.	19,2	26,4	7,2	1,5	0,3	5,4	54,6	48,0	29,7	10,2	6,9	10,5	19,2	18,3	27,3	15,3
III.	14,8	30,9	23,4	2,4	1,8	3,9	68,7	39,0	15,6	6,6	6,9	6,0	19,5	25,8	19,2	16,2
IV.	13,5	39,3	15,3	2,1	2,7	11,7	64,8	36,3	21,6	7,8	7,5	9,0	12,0	21,0	26,1	9,3
V.	26,4	37,8	13,5	3,0	2,4	5,4	23,4	18,6	14,1	10,8	9,0	15,3	18,6	18,6	39,6	43,5
VI.	34,2	45,9	13,8	0,6	1,8	3,0	20,4	19,8	12,9	6,9	7,2	15,0	18,6	20,7	38,1	41,1
VII.	31,8	17,7	4,2	1,5	0,9	3,0	23,7	21,6	13,2	5,1	5,7	4,2	13,8	33,0	63,9	57,0
VIII.	28,5	27,3	5,4	0,3	0,6	0,3	22,8	26,4	9,9	4,2	7,8	10,8	16,5	36,6	52,2	50,4
IX.	22,2	43,8	9,3	2,1	0,6	4,8	56,7	17,4	9,9	3,3	7,5	8,7	15,3	16,5	46,2	35,7
X.	12,9	25,5	4,2	0,0	0,0	3,0	89,7	57,3	14,4	6,0	8,4	13,8	20,1	15,6	20,1	9,0
XI.	11,4	8,4	6,0	2,1	0,6	15,6	123,0	44,1	15,3	4,5	5,1	3,9	13,8	13,8	18,6	13,8
XII.	17,7	36,6	13,5	0,9	0,3	4,5	84,9	49,5	18,0	7,2	6,9	8,4	15,0	12,6	13,8	10,2
~ 4 B°																
I.	27,6	42,0	27,6	0,0	0,0	2,0	60,0	90,4	6,0	2,0	2,8	3,6	7,6	29,2	60,8	38,4
II.	29,2	32,8	4,8	1,2	0,0	3,6	30,8	58,0	38,8	9,6	8,4	16,4	18,8	32,0	47,2	68,4
III.	19,2	34,4	7,2	0,0	0,0	0,0	91,2	74,0	9,6	2,4	7,2	6,4	16,0	27,6	52,0	52,8
IV.	17,2	61,2	5,2	0,0	0,0	3,6	76,4	51,6	22,8	6,8	6,8	12,8	16,0	22,8	61,2	35,6
V.	45,6	54,4	1,2	0,0	0,0	1,2	15,2	16,4	10,8	7,6	21,6	21,6	22,8	29,6	66,4	85,6
VI.	43,2	24,8	2,8	0,0	0,0	4,0	6,4	5,2	8,0	9,2	18,4	13,2	26,4	26,4	82,4	129,6
VII.	29,6	6,8	1,2	0,0	1,2	1,2	7,6	13,6	1,2	4,4	8,8	12,4	32,8	60,8	108,8	109,6
VIII.	31,6	7,2	1,2	0,0	0,0	0,0	1,2	17,2	7,2	8,8	15,6	11,6	12,8	44,4	143,6	97,6
IX.	33,2	4,4	0,0	0,0	0,0	2,4	106,8	11,2	0,0	8,8	22,4	15,6	11,2	28,8	88,4	66,8
X.	6,4	5,2	0,0	0,0	0,0	1,2	154,4	66,8	8,0	3,6	17,2	11,6	18,4	38,0	43,2	26,0
XI.	13,6	5,2	0,0	0,0	0,0	11,2	174,8	108,4	4,8	0,0	11,2	3,6	5,2	7,6	27,2	27,2
XII.	14,4	49,2	11,2	0,8	0,0	0,0	111,2	70,8	16,0	3,6	7,6	7,6	19,6	44,0	34,0	10,0

54,4: legalább 3 hónapon keresztül előforduló magas (>30,0) értékek

5. táblázat. A Kecskemétre vonatkozó szélirány-gyakoriság (%) és a szélsebesség (B°) szorzatából képzett mutatók

Hónap	Szélirány															
	É	ÉÉK	ÉK	KÉK	K	KDK	DK	DDK	D	DDNy	DNy	NyDNy	Ny	NyÉNy	ÉNy	ÉÉNy
	~ 3 B°															
I.	20,7	8,7	15,0	7,2	9,3	13,8	24,6	13,2	35,1	8,7	29,4	22,5	34,5	26,7	25,8	4,8
II.	6,3	7,8	15,3	9,0	14,7	20,1	15,0	13,8	23,1	16,5	24,9	21,0	36,0	39,9	29,1	7,5
III.	9,9	13,8	24,0	18,6	16,2	15,9	31,2	20,1	17,7	11,1	12,6	41,1	15,9	18,9	27,3	5,7
IV.	30,0	15,3	22,8	12,3	17,1	16,8	24,9	15,0	21,0	9,0	21,0	20,1	29,1	17,4	24,6	3,6
V.	13,2	11,7	20,7	16,5	13,8	10,2	7,5	6,6	9,3	11,4	22,5	48,6	49,8	21,0	32,1	5,1
VI.	18,9	12,9	27,6	10,8	14,7	6,9	3,3	4,2	13,8	11,4	17,7	28,8	57,6	28,5	36,9	6,0
VII.	6,9	4,2	9,3	4,5	3,6	6,3	9,0	1,8	13,2	7,5	30,3	60,3	57,9	29,7	51,9	3,6
VIII.	6,3	7,5	14,4	7,8	7,2	7,5	10,5	5,4	10,8	7,2	26,4	54,0	58,5	23,7	45,3	7,5
IX.	13,5	15,0	30,3	29,1	24,0	24,1	2,4	6,9	6,0	12,3	21,0	30,6	43,0	28,2	18,9	3,9
X.	6,3	22,8	31,2	10,8	23,4	22,2	25,8	21,3	17,4	10,2	26,7	22,5	17,1	21,9	20,4	0,0
XI.	9,9	10,5	26,4	32,4	49,2	30,6	25,2	9,9	29,1	6,9	14,1	27,0	18,3	3,0	4,8	2,7
XII.	21,0	19,5	19,2	10,5	17,1	20,7	25,5	24,9	39,9	10,8	13,5	24,0	19,2	13,5	12,6	8,1
~ 4 B°																
I.	40,4	48,4	23,6	4,8	4,0	4,0	4,0	5,6	56,0	8,4	23,6	12,4	38,8	64,0	45,6	12,4
II.	0,0	5,6	9,2	6,8	5,6	8,0	11,2	5,6	17,2	34,0	27,2	16,0	53,2	97,2	100,8	2,4
III.	4,8	10,0	54,4	30,4	4,0	12,0	30,8	26,4	50,4	17,2	14,8	57,6	26,0	26,0	34,0	1,2
IV.	16,0	37,6	36,0	18,0	26,0	8,0	25,6	17,2	41,2	10,0	20,0	25,2	47,6	32,4	34,8	4,4
V.	11,2	8,4	34,8	20,8	12,4	3,2	15,2	8,8	3,2	18,0	42,0	72,8	82,4	26,4	40,4	0,0
VI.	4,8	10,0	21,6	11,6	14,8	0,0	0,0	0,0	0,0	15,2	4,8	24,8	108,0	59,2	112,4	4,8
VII.	0,0	2,0	4,0	4,8	4,8	7,2	2,0	2,0	4,0	18,4	18,4	90,4	66,4	75,6	100,0	0,0
VIII.	0,0	14,8	8,4	8,4	14,8	2,0	8,4	0,0	18,8	12,8	10,4	105,2	80,0	29,6	84,4	2,0
IX.	0,0	15,2	35,6	35,6	28,0	60,8	0,0	0,0	4,8	20,4	15,2	22,8	50,4	25,2	86,0	0,0
X.	6,0	21,6	21,6	13,2	27,6	24,8	42,8	18,8	40,0	16,0	26,0	17,2	8,8	46,4	59,2	10,0
XI.	28,0	25,6	33,2	17,6	84,0	43,2	17,6	2,4	56,0	0,0	18,0	25,6	38,4	5,2	0,0	5,2
XII.	29,2	32,4	28,4	8,8	2,8	15,6	9,6	7,6	84,0	18,8	20,8	44,0	34,4	39,2	15,6	8,8

54,4: legalább 3 hónapon keresztül előforduló magas (>30,0) értékek

6. táblázat. A Debrecenre vonatkozó szélirány-gyakoriság (%) és a szélerő (B°) szorzatából képzett mutatók

Hónap	Szélirány															
	É	ÉÉK	ÉK	KÉK	K	KDK	DK	DDK	D	DDNy	DNy	NyDNy	Ny	NyÉNy	ÉNy	ÉÉNy
~ 3 B°																
I.	43,5	39,9	29,7	3,6	3,6	3,0	6,9	19,2	78,6	31,8	17,1	8,1	4,8	0,6	3,9	5,7
II.	45,0	29,4	14,1	7,2	4,5	5,1	14,1	22,2	63,6	27,3	16,2	16,5	8,7	4,5	5,4	16,2
III.	30,3	71,7	19,5	13,8	11,1	3,0	6,6	15,3	46,5	23,1	19,8	12,0	13,5	3,9	6,3	3,6
IV.	54,6	37,2	31,2	14,1	9,9	8,4	14,4	17,4	36,6	15,6	17,4	12,3	9,6	2,4	6,6	12,3
V.	58,2	39,0	21,6	12,0	16,5	4,2	7,8	14,7	30,6	15,3	16,8	15,6	18,3	9,9	12,3	7,2
VI.	59,4	26,1	15,3	7,2	8,7	2,7	7,8	10,2	30,9	16,5	22,8	16,8	16,8	5,1	21,9	31,8
VII.	53,7	20,1	13,2	4,5	6,0	3,9	7,2	10,2	32,1	15,3	22,8	24,9	24,9	17,4	22,8	21,0
VIII.	55,2	34,8	16,5	7,5	2,7	3,3	2,7	11,7	31,8	11,7	26,4	26,4	27,9	9,4	15,0	17,4
IX.	57,6	37,8	37,5	19,2	12,3	1,2	1,8	4,8	26,7	12,9	28,5	24,0	19,2	3,3	4,8	8,4
X.	30,0	28,5	35,7	14,1	24,9	5,3	18,0	21,6	47,7	20,4	24,0	12,9	10,8	1,8	1,5	1,2
XI.	29,1	35,4	29,1	17,4	28,2	7,8	17,4	18,0	49,2	20,4	18,3	9,9	4,2	3,9	8,4	3,3
XII.	15,0	31,8	42,9	21,3	15,3	3,0	15,3	18,3	76,5	32,1	19,5	5,1	1,5	0,6	0,9	0,9
~ 4 B°																
I.	92,8	48,0	30,0	0,0	0,0	0,0	1,6	17,6	127,2	30,0	17,2	17,6	4,8	0,0	0,8	12,4
II.	46,8	38,4	3,2	0,0	0,0	0,0	3,2	25,6	121,2	51,2	40,4	30,8	8,4	1,2	4,0	25,6
III.	55,2	74,4	20,4	9,2	5,2	1,2	1,2	13,2	106,0	24,4	30,4	16,4	23,6	3,2	8,0	8,0
IV.	73,6	30,0	9,2	28,4	36,8	7,6	9,2	14,0	52,8	22,4	43,2	30,0	18,4	8,4	6,8	9,2
V.	103,6	24,	13,6	6,4	14,8	13,6	4,0	14,8	32,4	31,6	51,2	38,8	30,4	7,2	6,4	7,2
VI.	112,0	43,6	14,8	8,8	4,8	0,0	0,0	6,4	27,2	20,0	23,6	28,4	37,2	3,6	18,8	50,8
VII.	60,4	18,4	0,0	1,6	0,0	1,6	0,0	1,6	48,8	34,4	40,0	67,2	66,0	35,6	10,0	14,4
VIII.	56,8	31,2	9,2	1,6	0,0	0,0	0,0	14,4	64,0	22,0	40,0	31,2	83,2	22,0	16,4	9,2
IX.	19,2	50,8	24,0	16,8	36,0	0,0	0,0	4,8	50,8	21,6	94,0	46,0	28,8	2,4	4,8	0,0
X.	41,2	11,6	13,2	8,4	22,8	4,8	0,4	26,4	80,8	24,8	88,8	42,8	14,8	4,8	1,6	4,8
XI.	44,8	47,2	33,6	0,0	31,6	6,8	6,8	24,8	130,4	31,6	6,8	2,0	13,6	0,0	8,8	11,2
XII.	39,2	48,4	46,8	1,6	0,0	0,0	0,6	15,2	121,2	56,0	24,8	3,2	0,0	0,0	0,0	0,8

54,4: legalább 3 hónapon keresztül előforduló magas (>30,0) értékek

7. táblázat. A szélesség átlagos óraértékei néhány alföldi állomáson, m/s

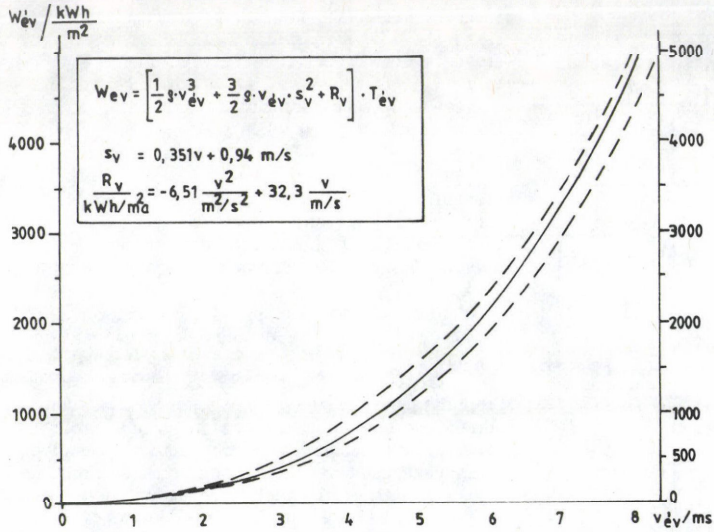
Állomás	Óra értékek																								Átlag	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24		
Debrecen	2,6	2,6	2,5	2,5	2,5	2,5	2,7	2,9	3,2	3,4	3,5	3,6	3,7	3,8	3,7	3,6	3,4	3,1	2,8	2,7	2,7	2,6	2,6	2,6	2,6	3,0
Tiszabors	2,5	2,4	2,4	2,4	2,4	2,4	2,6	2,8	3,1	3,3	3,4	3,5	3,6	3,6	3,6	3,5	3,3	3,0	2,7	2,6	2,6	2,6	2,5	2,5	2,5	2,9
Kecskemét	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,6	2,7	2,9	3,2	3,4	3,5	3,6	3,7	3,7	3,7	3,7	3,3	3,0	2,6	2,5	2,5	2,6	2,5	2,5	2,6	3,0
Szeged	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	2,9	3,1	3,4	3,6	3,8	4,0	4,0	4,0	4,0	3,9	3,6	3,3	3,0	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	2,8	3,2

értékek alapján még fokozottabban hangsúlyozzák a DK-i és DDK-i szelek mellett az ÉNy-i és ÉÉNy-i szelek jelentőségét. Januártól áprilisig a DK-i és DDK-i szelek, májustól szeptemberig az ÉNy-i és ÉÉNy-i szelek biztosítják a legalább 3 B°-os szélérőt. A 4 B°-os szélérő az év végi 1-2 hónapot kivéve egész évben az ÉNy-i és ÉÉNy-i szelekkel jut a térségbe. Mivel évi legnagyobb gyakorisággal az ÉNy-i, a D-i és a DK-i szelek lépnek fel (ezek hozzák a nagyobb szélérőt), a hasznosítható energia itt számottevő. Debrecen adatai alapján évi legnagyobb gyakorisággal az ÉK-i és DNy-i szelek jelentenek, a jelentős szélérőt azonban az É-i és D-i szelek hozzák. Ennek megfelelően itt a hasznosítható szélérő kisebb mint Szeged térségében.

Szegeden, áttekintve a szélesség átlagos óraértékeit, megállapíthatjuk, hogy az éjszakai órák alacsonyabb értékei sem esnek a 2,7 m/s érték alá, a déli órákban viszont az árátlag 4,0 m/s értéket is eléri (az Alföld többi állomásán ennél valamivel alacsonyabbak az óraértékek). A közepes óraérték Szegeden egyetlen hónapban sem csökken 2,6 m/s alá, ami a folyamatos üzemelés lehetőségét igazolja (7. táblázat).

GRAUTHOFF és KUTTLER (1988) a szélesség évi középértékei alapján regresszió-analízis segítségével németországi megfigyelő állomásokon kiszámították az 1 m²-re jutó szélenergia-kínálatot (8. ábra). A helyi eltérések vizsgálataik szerint csekélyek voltak, amit az ábrán a szaggatott vonallal jelzett szórás jól mutat. Ezek szerint a 3-4 m/s (3 B°) erősségű szelek közepes évi energiahozadéka 400-1000 kWh/m²/év. Ez azt jelenti, hogy ilyen szélességek mellett, elsősorban a lassú járású konverterekkel a kisgazdaságok energiaszükséglete valószínűleg gazdaságosan kitermelhető. Ez a szélérő akorábbi elemzés alapján Alföldünkön is rendelkezésre áll.

Fejteteéseim korántsem merítették ki a téma lehetőségeit. Napjainkban nagyon fontos a megújuló energiaforrások széles körű feltárása. A klimatológiai szakirodalom sokoldalúan foglalkozik a hasznosítható szélérő kutatásokkal, de ezek a kutatások elsősorban a nagyobb szélérő feltárására töreksenek, s nem tartják jelentősnek az általában szélcsendesnek minősített Alföld szélérőtartalmait. Most, hogy várható a kisebb farmgazdaságok kialakulása a mezőgazdaságban, a tanyás települések fejlődése és a tanyák rekreációs célú hasznosítása, a probléma aktuálissá válik. Nem lehet véletlen ugyanakkor, hogy századunk elején az Alföld D-i részén igen nagy volt a szélmalomsűrűség, hiszen az ember — tudományos ismeretek (azaz ez esetben rendszeres szélmérések) híján — tapasztalati megfigyelései alapján használta ki gazdaságosan ezt, a mai Magyarországon teljesen kihasználatlan energiaforrást.



8. ábra. Az átlagos évi szélenergia-kínálat és az évi közepes szélesség összefüggése (M. GRAUTHOFF és W. KUTTLER nyomán). — $W_{év}$ = átlagos évi szélenergia-kínálat; s_v = a középértéktől való rövid időszaki alapeltérés; R_v = a szélesség-eloszlás eltéréseinek értéke

Relationship between average annual wind power supply and mean annual wind velocity (after GRAUTHOFF, M. and KUTTLER, W.). — $W_{év}$ = average annual wind power supply; s_v = deviation from mean value for a short spell; R_v = deviation of wind velocity distribution

IRODALOM

- GRAUTHOFF, M.—KUTTLER, W. 1988. Windenergie in der Bundesrepublik Deutschland. — Geographische Rundschau. Heft. 2. pp. 14-22.
- KAKAS J. 1947. Repülőtereink szélirány gyakorisága. — Időjárás 51.
- KAKAS J.—MEZŐSI M. 1956. Szélviszonyaink vizsgálata és az országos energiagazdálkodás. — Időjárás 60. 6. 305. p.
- LAMBRECHT K. 1911. A magyar szélmalom. — Ethnografia 22.
- LEDÁCS K. A. 1956. Szélenergia — a mezőgazdaság olcsó energiaellátása. Magyar Energiagazdaság 9. 7. 273. p.
- LEDÁCS K. A. 1956. A szélenergia nagyüzemi hasznosítása. — Magyar Energiagazdaság 9. 4. 127. p.
- LEDÁCS K. A. 1958. A szélenergia hasznosításának története. — Energia és Atomtechnika 9-10. 604 p.
- Magyarország Éghajlati Atlasza, 1967. II. kötet. Adattár. — Országos Meteorológiai Intézet—Akadémiai Kiadó, Bp.
- Magyarország malomipara 1894-ben. 1896. — Magyar Statisztikai Közl. XIII. Bp.
- PÉCZELY GY. 1965. A szélesség valószínűségi eloszlásfüggvényének közvetett meghatározása. — Időjárás, 69. 2. pp. 105-107.

- SZABÓ P. Z. 1964. A szélenergia hasznosításának kérdése. — Földr. Közl. 12. pp. 193-197.
- TAR K.—TERDIK P. 1989. A szélesség idősorának egy hely-idő modellezése. — Időjárás, 93. 6. pp. 363-369.
- TÓTH G. 1933. Az Északi-Kárpátok védő és eltérítő hatása északi szelekkel szemben. — Időjárás, 37.
- WAGNER R. 1931. A magyar Alföld szélviszonyai. — A szegedi Alföldkutató Bizottság Könyvtára, III. Szakosztály Közleményei, 9., Szeged.

A CLIMATIC BACKGROUND TO THE UTILISATION OF WIND ENERGY IN THE GREAT HUNGARIAN PLAIN

by *I. Kevei-Bárány*

S u m m a r y

Wind energy has long been employed by nations with favourable wind conditions. Towards the end of last century, when conventional energy sources began to be available world-wide in lesser amounts, the problem of utilisation of renewable sources such as wind energy has come to the fore. Particular importance is attached to the exploration of opportunities for wind power utilisation in areas where energy is scarce.

Wind power plants in Hungary can play an important role in the energy supply of rural regions, like the Great Plain, which are poor in other sources, since in the future farms pumps have to be operated to transport irrigation water, small machines will be employed and the electricity demands of scattered farmsteads lying away from the network can also be satisfied in this way.

The paper analyses the wind conditions and the location of old windmills in the Great Plain, delimiting the areas where the amount of wind power is sufficient to operate wind converters of smaller capacity.

When evaluating wind conditions, calm minima were chosen as a starting point and then the frequencies of 3.4 and 5° Beaufort winds were studied for three major stations in the Great Plain. It was found that 3° B wind velocity (3-4 m per sec), suitable to drive simple wind power stations, is first or second in the frequency list of the stations studied. The frequency of calm is lowest in the SE-Great Plain (Szeged station) and utilisable wind power (SSE and SE winds) is dominant with the exception of June and July. In June, July and August NE and N winds provide power to be used. In Debrecen the frequency of NW winds is rather high, but stronger winds blow from N and S. In the case of Kecskemét W and NW winds can be considered.

From the viewpoint of wind power station allocation, the SE-Great Plain is in the most favourable position in the region and this statement is also backed by the large number of one-time windmills in the area. My investigations confirm the previous conclusion (BÁRÁNY, I.—VÖRÖS, E.—WAGNER, R. 1970) that the area of the Great Plain, although in general characterised by calms, does possess wind power available for utilisation.

Translated by D. LÓCZY