

Létesítmény szélenergia hasznosításának lehetőségei

Wind energy harnessing options at buildings

A. KOSTYÁK¹, F. SZODRAI²

¹Debreceni Egyetem, attila.kostyak@gmail.com

²Debreceni Egyetem, szodrai@eng.unideb.hu

Absztrakt: Vizsgálatunk célja olyan szélérőmű rendszer kidolgozása volt, mely képes városi környezetben is működni, olyan kevésbé kedvező szélrajzzal rendelkező területeken is, mint az alföldi városok. A javasolt rendszer a csőben áramló közegek tulajdonságait használja ki, miáltal képes jelentős teljesítménytöbbletet elérni kis szélsébség esetén is a hagyományos elrendezésű turbinákhoz képest.

Abstract: Our goal was to develop a wind turbine system which could be applied in urban areas where the wind power has low potential, such as the cities in the "Alföld" region. The proposed system is able to harness more wind power at lower wind velocity than the commonly used ones, by using advantageous properties of the flow in tunnels.

BEVEZETŐ

Vizsgálatunk alap motivációja, hogy bemutassuk, milyen lehetőségei vannak egy létesítménynek a szélenergia felhasználására olyan területeken, ahol a szélviszonyok nem optimálisak a nagy gyorsjárású tényezőjű turbinák számára. Magyarország jelentős területére igaz a fenti állítás, így a téma a magyar szélrajzi viszonyok mellett is releváns, így érdemes foglalkozni vele.

Vizsgálatunkban az alföldi szélviszonyokat Hajdúszoboszló város környezetében mutatjuk be. A széladatok elemzése után röviden áttekintettük a manapság gyakran telepített vízszintes és függőleges turbinák tulajdonságait [1]. A turbina típusok áttekintése során láthatóvá vált, hogy egyik turbina típus sem illeszthető tökéletesen a környezet adta lehetőségekhez és általunk támasztott feltételekhez, így alternatív turbina elrendezési módot javasoltuk.

A javasolt elrendezés a csőben áramló közegek tulajdonságait igyekszik kihasználni, melynek köszönhetően alkalmazhatóvá válnak kis szélsébség esetén is a nagy gyorsjárású tényezőjű szárnyprofilozott turbinák, valamint a rendszerhez kapcsolódó konfúzor segítségével jelentős teljesítménytöbblet érhető el.

1. A telepítés helyének vizsgálata

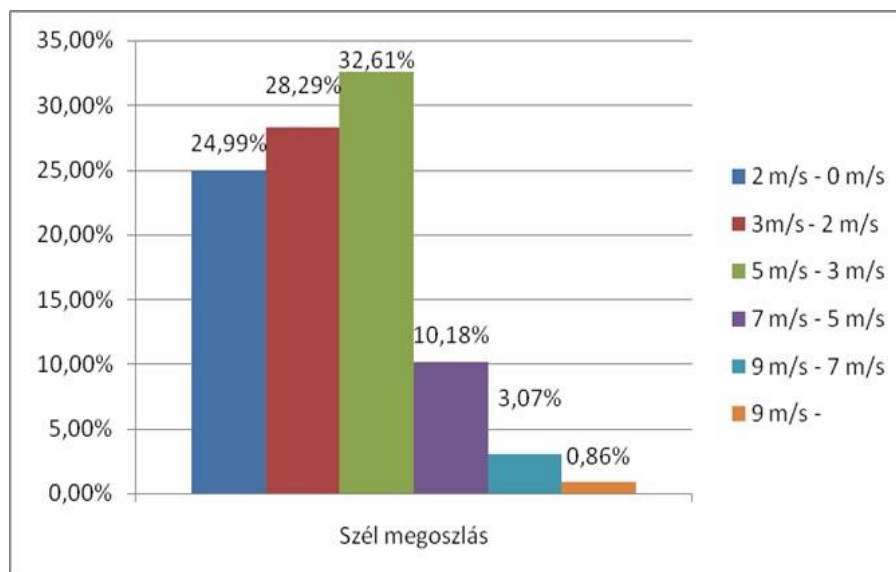
1.1. A hajdúszoboszlói szélviszonyok

Annak érdekében, hogy be tudjuk mutatni, miként képes a kialakított szélerőmű működni a magyar földrajzi és szélrajzi viszonyok között, szükségesnek véltük valódi adatok felhasználását. Számításainkban a hajdúszoboszlói reptér széladatait használtuk fel.

A reptér a város ÉK-i részén fekszik, a szélmérési pont a talajtól 9m magasan található. Ezt a területet és magasságot tekintettük a szélerőmű telepítési helyének esetünkben, így a rendszert erre optimalizáltuk.

Magyarország szélrajzára általánosan elmondható, hogy nem lehet meghatározni egyetlen uralkodó széljárást. A ciklonok és anticiklonok által kialakuló légmozgásokat a természetes és mesterséges domborzat is erőteljesen befolyásolja a talajszint közelében [2]. Emiatt a talajközelbe telepített turbinák esetében különösen fontos a telepítés helyének pontos szélrajzi felmérése.

A hajdúszoboszlói szélmérési pont adatait 2011-ig visszamenőleg elemeztük, így árnyalt képet kaptunk az ott uralkodó szélviszonyokról. Általánosságban elmondható, hogy az uralkodó szélirány ÉK-i volt [2], az átlag szélesség a vizsgált időszakban 3,2 m/s, amely átlag a Nagy- Alföld egész területén hasonló. A különböző erősségű szelek arányát a mérési ponton az alábbi hisztogram szemlélteti.



1. ábra: telepítés helyén mért széladatok 2011-2015 [3]

2. Alkalmazható turbinák vizsgálata

Tengelyelrendezés szerint beszélhetünk vízszintes tengelyű és függőleges tengelyű turbinákról.

Az elterjedt vízszintes tengelyű turbinák szárnyprofilozott lapátainak köszönhetően képes a leghatékonyabban kinyerni a szél mozgási energiáját a többi alkalmazott turbina típushoz képes. A probléma az optimális hatékonyságú, nagy gyorsjárási tényezőjű szélturbinákkal, hogy azok nem képesek elindulni kis légsebesség esetén, így az adott környezetben nehezen alkalmazhatók [1].

A függőleges tengely elrendezésű turbinák képesek elindulni kis szélesség esetén is, viszont hatásfokuk lényegesen elmarad a vízszintes tengelyű társaiétól. Az elrendezés problémája, hogy a lapátok pályájuk jelentős szakaszán a szél irányával ellentétesen haladnak, így ellenállást képeznek, emellett a lapátok nem képesek kihasználni a felhajtó erejét a légmozgásnak. A rosszabb hatásfok miatt nagyobb felületű berendezésre van szükség, azonos teljesítmény kinyerése érdekében, amely méretnövekedés nem ideális városi, város közeli telepítés esetén [4].

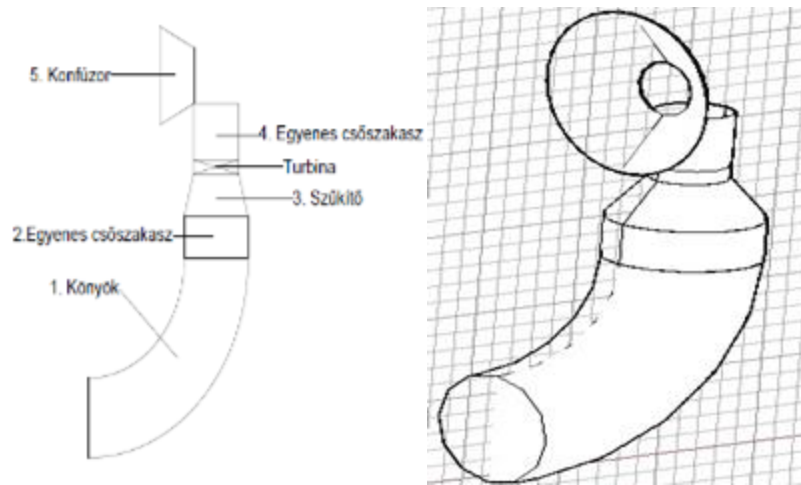
A széladatok vizsgálata során látható, hogy a helyi szélviszonyok nem teszik lehetővé, hogy nagy gyorsjárási tényezőjű turbinák hatékonyan működjenek a kis átlagos légsebesség miatt. A függőleges tengelyű szélturbinák képesek elindulni kis szélesség esetén is, de hatásfokuk gyenge, ezáltal nagy felületű szélturbinát kell kialakítani, ami nehezen megoldható városi környezetben. Ezen megállapítások alapján arra a következtetésre jutottunk, hogy egyik fent említett turbina típus sem képes önmagában megfelelni a turbinával szemben felállított követelményeknek, ezért alternatív turbina elrendezési formára tettünk javaslatot.

3. Javasolt szélerőmű kialakítás

Az általunk javasolt rendszer a csőben áramló közegek tulajdonságait használja ki. A lenti ábrán látható rendszer példánkban egy 4 m átmérőjű turbinát szolgál ki. A turbinához a légáram egy könyökön, egy egyenes csőszakaszon és egy szűkítőn keresztül jut el és a turbina után egy egyenes csőszakaszon keresztül távozik.

Amennyiben a csőrendszer ellenállása kisebb, mint a beáramló légtömeg dinamikus nyomása, a rendszer belépő keresztmetszetének megfelelő térfogatáram maradéktalanul képes áthaladni rajta.

A kialakított rendszer eleget tesz ennek a feltételnek és a beépített szűkítő segítségével a beáramló levegő sebességét a duplájára emeljük, így a nagyobb gyorsjárási tényezővel rendelkező turbinák számára alkalmasabbá tettük a feltételeket.



2. ábra: Javasolt rendszer vázlatja

A fenti ábrán látható rendszer a jól számolhatóság miatt került ilyen formán kialakításra. Az idomok és csövek ellenállása egyszerűen számolhatóak voltak a légsebesség ismeretében. A rendszer egyszerűen továbbfejleszthető lenne a könyvekbe helyezett terelőlapokkal, melyeknek köszönhetően az idom ellenállási tényezője javulna, vagy a teljes turbina előtti szakasz kiváltható volna egy folyamatosan szűkülő könyök idommal is, ami szintén kedvezőbb ellenállási tényezővel rendelkezik.

Azonban hiába használhatunk, jobb hatásfokú turbinát a csőrendszernek köszönhetően, a rendszeren keletkező veszteségek miatt nem vagyunk képesek nagy mennyiségű energia kinyerésére az adott szélviszonyok között. A turbina potenciális teljesítménye az Euler féle turbina egyenlet segítségével határozható meg. Az Euler féle turbina egyenlet, amennyiben a csőrendszer ellenállása nulla, megegyezik a szél mozgási energiájából levezetett összefüggéssel, melyet a szabadterben álló turbinánknál használnak.

Az Euler féle turbina egyenlet (1) értelmében, a turbina teljesítménye a turbina előtti és utáni nyomás különbségétől és a ráérkező közeg térfogatáramától függ. Mivel a beáramló levegő sebességén nem tudunk változtatni, így a teljesítmény növelésének eszköze a nyomáskülönbség növelése lehet.

$$P = \Delta p \cdot A \cdot v \quad (1)$$

A nyomáskülönbség két féle képen nőhet. Vagy a beáramlás oldalán növeljük a nyomást, vagy a kiáramlás oldalán csökkentjük le. Mindkettő esetben energia befektetésre van szükség. Számításainkban az utóbbi megoldást alkalmaztuk és a nyomás csökkentéséhez szükséges energiát a rendszer körül áramló és eddig fel nem használt levegő mozgási energiájából nyertük, a rendszer tetején található konfúzor segítségével.

A rendszer tetején található konfúzorral, melyet közvetlenül a rendszerből távozó levegő kiáramlási pontjához helyeztünk, a rendszer felett áramló levegő sebességét megnöveltük. A légsebesség növekedés hatására a konfúzorból kiáramló légtömeg dinamikus nyomása megnőtt, ezzel együtt

statikus nyomása lecsökkent. Ez a megváltoztatott légállapot uralkodik a rendszer közvetlen környezetében, ami statikus nyomás csökkenést eredményez a kilépő oldalon.

A fent leírt elv a sugárszivattyúk működési alapjainak megfelelő. A konfúzor gyorsító képessége a súrlódási tényezőjétől függ. Vizsgálatunkban háromszoros gyorsításra alkalmas konfúzorral számoltunk.

A turbina előtti és utáni nyomás különbsége a kialakított rendszeren a következő képen alakul. A rendszerbe beáramló levegő össznyomása megegyezik a beáramló csomagnál mért statikus és dinamikus nyomás összegével. A rendszer végén uralkodó nyomás, amennyiben a konfúzor nem lenne a rendszer része, megegyezne a rendszer környezetében uralkodó légállapottal [5].

A konfúzor felhelyezésével a statikus nyomás a konfúzor által generált dinamikus nyomás mértékével csökkent. A turbinán felhasználható nyomásesés mértékét az alábbi képlet adja meg:

$$\Delta p = p_{\text{stat be}} + p_{\text{din}} - p_{\text{vesz}} - p_{\text{stat ki}} = p_{\text{stat be}} + p_{\text{din}} - p_{\text{vesz}} - (p_{\text{stat be}} - p_{\text{din konfúzor}}) = p_{\text{din}} - p_{\text{vesz}} + p_{\text{din konfúzor}} \quad (2)$$

A képlet alapján látható, hogy a turbina létrejövő maximális nyomásesés mértéke megegyezik a rendszerbe belépő levegő dinamikus nyomásával, valamint a turbina után mérhető konfúzor által generált dinamikus nyomás összegével. Ebből az összegből le kell vonnunk a csőrendszer által kialakuló nyomásvesztést, mivel azt nem használhatjuk fel turbinánkon.

A nyomásviszonyok alakulását érdemes egy példán keresztül szemléltetni. A hajdúszoboszlói mérési ponton az átlag szélesség 3,2 m/s volt. Ezen szélesség mellett és 1,2 kg/m³ sűrűségű levegővel számolva (3) a belépő levegő dinamikus nyomása 6,114 Pa. A csőrendszerben kialakuló nyomásvesztés az egyes elemeken generálódó nyomásvesztés értékével egyenlő (4), ami 3,2 m/s beáramló légsebesség mellett 4,057 Pa.

Amennyiben a rendszer a konfúzor nélkül üzemelne, a turbinán csak a két nyomásértékét különbségét tudnánk kihasználni, ami példánkban 2,057 Pa.

Amennyiben a rendszerünkön a konfúzor is beépítésre kerül az általa generált dinamikus nyomás értéke is hozzáadódik a turbina által felhasználható nyomás értékéhez. Mivel a konfúzorunkkal a levegő sebességét 3-szorosára gyorsítottuk így a dinamikus nyomás a 9 szeresére növekedett (5), melynek értéke 55,3 Pa.

A konfúzornak köszönhetően, átlag szélesség esetén a rendszerben lévő turbinán 57,357 Pa nyomásesés jöhet létre, aminek köszönhetően a turbina teljesítménye jelentősen javult a konfúzor nélküli egységhez képest.

$$p_{\text{din}} = v^2 \cdot \rho / 2 \quad (3)$$

$$p_{\text{veszteség}} = \sum \Delta p_i \quad (4)$$

$$p_{\text{din konfúzor}} = (3v)^2 \cdot \rho / 2 = 9 \cdot v^2 \cdot \rho / 2 \quad (5)$$

4. Eredmények

A kialakított rendszerünk jelen esetben egy 4 m átmérőjű turbinát szolgál ki. Mivel a turbina kialakítása nem képezte Vizsgálatunk részét, így a csőrendszer kialakításánál nem vettük figyelembe annak a csőrendszerre vonatkozó módosító hatását. A kinyerhető energia becslése érdekében 30%-os turbina hatásfokot feltételeztük a 2-5,5 m/s-os széltartományban, amely intervallum a leggyakrabban előfordul a telepítés területén. A kinyerhető teljesítményeket adott légsebességek esetén az I.-es táblázat foglalja magába.

A táblázat alapján látható, hogy viszonylag kis turbinaátmérő és szélsébség mellett is képes a rendszer nagy teljesítmény kinyerésére.

szélsébség [m/s]	teljesítmény [kW]
2,5	0,66
3,0	1,14
3,5	1,81
4	2,7
5	3,9
5,5	7

1. táblázat: A rendszerből teljesítménye 30%-os turbina hatásfok mellett

Amennyiben a javasolt elrendezést összehasonlítjuk a hagyományos szélturbinákkal, látható, hogy a konfúzor alkalmazása képez markáns különbséget. A hagyományos szélturbinák csak a turbina keresztmetszeten áthaladó légtömeg dinamikus nyomását képes kihasználni energiatermelésre. Rendszerünk által és a konfúzornak köszönhetően ennek a nyomásnak csaknem 10-szeresét vagyunk képesek felhasználni turbinánkon.

Természetesen a turbina hatásfoka, valamint a csőrendszeren keletkező veszteségek csökkenteni fogják ezt az elméletileg felhasználható nyomásértéket, de a különbség, így is nagy marad. Példánkban szereplő rendszerünkből, ami egy 4 m átmérőjű turbinát szolgál ki, kinyerhető potenciális teljesítmény megegyezik egy 17,26 m átmérőjű hagyományos turbina elméleti potenciális teljesítményével.

4.1. A rendszer előnyei

A javasolt rendszer előnyei tehát, hogy kisebb turbinaátmérő mellett képes üzemelni, hagyományos társaihoz képest. A rendszerben található szűkítő hatására a turbinára nagyobb sebességgel érkezik a légtömeg, így adott szélsébség mellett a jobb hatásfokkal rendelkező magas gyorsjárás tényezővel

rendelkező turbinák üzemelni tudnak. Mivel a turbina zárt térbe került ezért biztonságtechnikailag kedvezőbb a rendszer hagyományos társaihoz képest, emellett a zajtechnikai szigetelése a rendszernek a légtechnikai rendszerekhez hasonló módon megoldható, amik elősegítik a városi, város közeli telepítését.

Azzal, hogy a turbina zárt térbe került további előny, hogy magát a turbinát is képesek vagyunk védeni a környezeti hatásoktól, illetve kevesebb mechanikus állító berendezést szükséges alkalmazni a turbina környezetében, mivel nem a turbinát forgatjuk szélirányba, hanem a rendszer beáramló csonkját, valamint a konfúzort.

Rendszerünket hatékonyan tudjuk védeni a túltöltés ellen a konfúzor segítségével. Mivel a konfúzor szerepe a legnagyobb az energia kinyerése szempontjából, így annak állítása, illetve vész esetén leoldása drasztikus teljesítményváltozást eredményez.

4.2. A rendszer hátrányai

Az előnyök vizsgálata után érdemes néhány szót ejteni a hátrányokról és azok javíthatóságának lehetőségéről. A javasolt rendszer a jól számolhatóság miatt került ilyen formán kialakításra, így több ponton is módosítható volna, valamint a turbina kialakításának meghatározása nem képezte vizsgálatunk részét, így nem tudtuk számolni a rotor-agy viszonytal és annak módosító hatásával a csőrendszerre.

A rendszernél problémát jelentet a generátor elhelyezése. A generátor tengelyének kivezetése rontanak a rendszer áramlási képén és extra veszteségeket okozna, ezért elképzeléseink szerint a rotor agyat magába foglaló terelő kúpba kerülne elhelyezésre a generátor, ami viszont szereléstechnikai nehézségeket okozna.

A rendszer nagy átmérőjű csövek és idomok alkalmazását igényli, emellett a belépő idom, valamint a konfúzor állíthatóságát is meg kell oldani, ami mechanikai és szereléstechnikai nehézségeket okoz.

A fenti hátrányok kiküszöbölése, csökkentése olyan gyártmányfejlesztési kérdés, amivel a mostani vizsgálataink keretei között nem foglalkoztunk, de későbbiekben szeretnénk a fennálló kérdéseket körüljárni és megoldani.

4.3. A rendszer alkalmazhatósága

A fent felsorolt előnyök lehetővé teszik, hogy a rendszer működőképes lehessen városi környezetben, illetve létesítmény szinten alkalmazható legyen. A szélerőmű alkalmazása olyan létesítménynél célszerű elsősorban, ahol a fogyasztók éjjel-nappal igénylik a villamos energiát, mivel a szélerőmű termelése folyamatos és folyamatosan változó a nap folyamán. Ilyen fogyasztók találhatóak a kórházakban és más egyéb közintézményekben, valamint a fürdők területén is.

A példánkban megvizsgált telepítési helytől néhány száz méterre található a hajdúszoboszlói élményfürdő területe. A Hungaro Spa Aqua Palace létesítménye fogyasztóinak száma és sokszínűsége miatt ideálisnak tűnt a szélerőműből származó energia felhasználására.

A műszaki vezetőséggel való személyes találkozó során úgy vélték, hogy létesítményükben leghatékonyabban az egyik szivattyútelepüknél lenne leginkább felhasználható a rendszer által termelt energia. Az ott működő szivattyúk összteljesítménye 45 kW, amik a nap 24 órájában szinte megállás nélkül üzemelnek.

A szivattyútelep szükséglete lehetővé teszi több rendszer alkalmazását is, mivel a rendszer hatékonyan szabályozható a konfúzor állításával, így a túltöltés veszélyét képesek vagyunk hatékonyan elkerülni.

A fentiek alapján úgy véljük, hogy sikerült hatékonyon rendszert találni, ami a meghatározott céloknak megfelelően képes működni. Vagyis megoldható városi környezetbe való integrálhatósága valamint jelentős mennyiségű energia kinyerésére képes az olyan kevésbé jó szélrajzzal rendelkező területeken, mint amivel Hajdúszoboszló is rendelkezik.

HIVATKOZÁSOK

- [1] Sembery Péter, Tóth László; Hagyományos és megújuló energiák; Szaktudás kiadóház 2004.
- [2] OMSZ weboldala; Magyarország szélviszonyai; met.hu
- [3] Windguru adatbázis; www.windguru.cz/hu
- [4] Ledács Kis Aladár; A szélenergia hasznosítása, Bp: Műszaki Könyvkiadó. 1963.
- [5] Gruber József és szerzőtársai; Ventilátorok - 4. javított bővített kiadás – Bp: Műszaki Könyvkiadó., 1978.