AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search
http://ageconsearch.umn.edu
aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

JOURNAL OF CENTRAL EUROPEAN GREEN INNOVATION
HU ISSN 2064-3004
Available online at http://greeneconomy.karolyrobert.hu/

SZÉKELYFÖLD FAHULLADÉKAINAK ENERGIAPOTENCIÁLJA LEHET A RÉGIÓ ENERGIASZEKTORÁNAK HAJNALA? / THE WOOD WASTE, AS ENERGY POTENTIAL, IS THE INITIAL POINT OF THE SEKLERLAND REGION'S ENERGY SECTOR?

SEBESTYÉN TIHAMÉR TIBOR

Összefoglalás

Románia egyik történelmi régiójában, Székelyföldön az erdővel borítottság meghaladja a 40%-ot. Az erdőgazdálkodásból és fafeldolgozásból származó fahulladék valamint a fafeldolgozás melléktermékeinek számító fűrészkorpa és más hulladékok nagy mennyiségű biomasszát, mint megújuló energiát jelentenek a régióban. A fahulladékok energetikai hasznosítása csak pár éve kezdődött, így hasznosításuk még elmarad az adottságokhoz képest. A tanulmány a fenntartható erdőgazdálkodás és fafeldolgozás mellett a fahulladékok energetikai célú felhasználási lehetőségeit kutatja, helyi szintű potenciál felméréssel és eddigi megvalósítások kiértékelésével. A tanulmány tömören kitér a CO2 kibocsájtás enyhítési lehetőségére, helyi, energia függetlenedési lehetőségekre, helyi gazdaságélénkítő hatásaira, energiaellátó értékláncok kialakítására.

A tanulmány főbb eredményei a következők: helyi szintű (NUTs V.) fahulladék energiapotenciál felmérés és ezen eredmények térképi megjelenítése. A potenciálbecslés után a helyi hő-és villamos energia igények összevetésre kerülnek a helyi fahulladék energia potenciálokkal, azt kutatva, hogy a helyi potenciálok mekkora mértékben tudnák a helyi energiaigényeket fedezni, hasznosításuk pedig milyen gazdasági és társadalmi hatással járnak.

Kulcsszavak: *Székelyföld, fahulladék, faapríték, energia értékláncok, igény-termelés-ellátás*

JEL kód: O13, Q23, P48

Abstract

In Seklerland – the historical region of Romania – the forest covering achieve more than 40% of total surface. The logging waste, the wood waste from the local sawmills and other wood waste of wood industry produce the biggest green energy potential in the field of renewable energy. In spite of this, the energy recovery's process from the wood waste started just a few years ago, thus lagging behind compared to the possibilities. For the sustainable forest management, would be important to focus on the more intensive utilization of the wood waste, thereby the volume of logging could be reduced.

This paper covers briefly the following topics: reducing the CO2 emission; the possibilities of the increasing energy independence; the economic, social and environmental benefits of the application projects; creating new jobs; etc.

The main results of this study: estimating in Seklerland on a local-level the energy potential by the wood waste and mapping the results' spatial distribution. After the potential results' prediction, this essay includes a comparison of the local heat and electricity consumption/ demand versus possibilities of the energy supply with wood waste for producing energy.

Keywords: *Seklerland, woodchips, wood waste, energy demand-production-supply.*

JEL codes: O13, Q23, P48

Bevezető

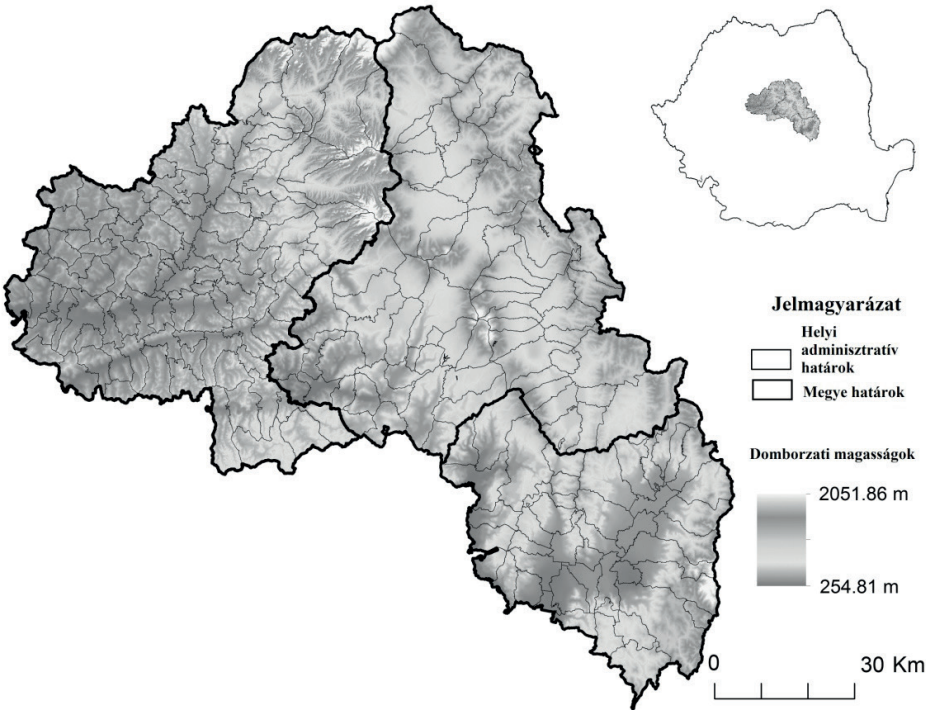
Az energia-ellátás biztonságossá tételét napirenden tartják a felfokozott nemzetközi történések úgy globális szinten, ahogy az Európai Unió szintjén is [IEA, 2014], de egyre gyorsabb ütemben építenek az országok is saját energia biztonságuk érdekében új energia ellátási stratégiákat. A COP21 párizsi klímacsúcs után ismét napirendre került CO2 a kibocsájtás kérdése, valamint a megújuló energiák hasznosításának támogatása. A gyors irányváltás Romániában is érzékelhető, ugyanis a 2010 után egyre fokozottabb ütemben törekszik az energia önellátásra [ENERGY WORLD, 2016]. Romániában míg 2011-ig 20%-ban függött a hazai lakossági gázellátás az orosz importból, 2016-ra ez az érték 1,7%-ra csökkent, mondhatni gyakorlatilag leállt az országba áramló földgázimport [ANUAR ENERGIE, 2016]. Eközben országos viszonylatban növekvő a lakossági villamos energiafogyasztás, 2000 és 2015 között 8,4%-os átlagos növekedés volt megfigyelhető [INDEX MUNDI, 2015]. A tudományos világ bőséges terjedelemben tárgyalja a megújuló energiák hasznosítására irányuló projektek pozitív, regionális és helyi szintű gazdasági, társadalmi és környezeti hatásait [WALDENSTRÖMA, 2016; HECTOR, 2015; HANCHENG, 2016; BAI, 2016; LIU, 2013, PUBLO DEL RIO, 2008].
A székelyföldi, - éppen kialakuló - zöld energia szektorban hasznosítandó erdészeti hulladékok és nyersanyagok versenyképes menedzsmentje érdekében szükség van egy helyi energia termelő koncepció kialakítására, infrastrukturális fejlesztésekre, optimalizálási és tervezési folyamatra és tőke erőforrásra [CAMBERO, 2015]. A tanulmány a helyi zöld energia hasznosítását a helyi középületek, ipari és magánépületek energia ellátására ajánlja [HAYTER, 2011]. Az energiatermelés a felhasználói helyszínen termelhető, így nulla kilométeres energiaellátásként értelmezhető. Az energiatermelői kapacitás a helyi begyűjthető nyersanyag potenciálokra és az energia igény szerint optimalizált. A helyi energiaellátói lánc sikeressége technológiai felszereltségtől és az előretervezett pénzügyi modelltől és logisztikától függ [RUDI A et al., 2017; BIROME, 2016]. A hő-és villamos energia termelését általában helyi paraméterekhez méretezik, a magas hozzáadott értékű berendezések előállítását így gyakran belföldi innováció jelenti. A helyi kis léptékű fűtőművektől kezdődően, kogenerációs fűtőművek kiépítését is célba kell venni. Első lépésben a helyi intézmények fűtési és villamos energia ellátásának technológiai újításokkal való kivitelezése biztosíthatja a helyi lakosság tudatosítását és ráhangolását, ami feltétele a későbbiekben a lakossági fogyasztás rácsatlakozása is hő –és villamos energia ellátás érdekében [FRIEDMANN, 2015; ZAMFIR, 2016].

A kutatási terület három szempontból került kiválasztásra:

1., Székelyföld történelmi régióban igen nagy múltra tekint vissza a fa kitermelés és a feldolgozás ipar kultúrája,

2., a régióban eltekintve egy pár városban működő távhő szolgáltatástól és pár kisebb vízi erőműtől nincs kiépülve regionális jelentőségű energiatermelő kapacitás, a régió energiafüggőségben áll az országos hálózattól,

3., a régió gazdasági dinamikája és fejlettségi lemaradása más hazai régióktól egyre inkább növekedik, a lemaradást és elszigetelődést belső regionális innovációkra és helyi adottságokra épülő fejlesztési alternatívákra kell alapozni. Az ország középső területén található történelmi régió, napjainkban nem lehet egy aktuális adminisztratív határral beazonosítani [KOLUMBÁN, 2003], ezért a kutatás a három székelyföldi (Hargita, Kovászna és Maros) megye területére fokuszál (1. ábra).



1. **ábra: Székelyföld domborzata**

Relief of Seklerland

A vizsgált terület az 1998-ban létrehozott Központi Fejlesztési Régiónak földrajzilag a keleti három megyéjét jelenti, közel 15 ezer km2 és 810 ezer lakosával [INSa, 2017]. A történelmi régió kiterjedt erdős területekkel rendelkezik, így az utóbbi években a régióban egyre növekedik az faipari termékek és különösen a fahulladékok iránti érdeklődés, főképp energetikai hasznosítás céljából [SEBESTYÉN, 2017]. A vágástéri hulladékok, legelőtisztítások, fűrésztelepeken halmozódó fahulladékok utólag bioenergia termelésére alkalmasak, és fűtőanyagként egyre gyakrabban felhasználásra kerülnek. Az erdészeti hulladékok energetikai hasznosítása lehetőséget nyújt a gazdasági szektoron belül egy kiegészítő jövedelem termelésre. Az éghajlati felmelegedésben szerepet játszó üvegház hatású gázok kibocsájtásának csökkentését az alulról érkező (*bottom up*) technológiai fejlesztésekkel érik el, miközben energiahatékonyságban is igen komoly előrelépések történnek [GUSTAVSSON, 2015]. Az erdővagyonnal rendelkező helyi közösségek prímér energia forrásainak diverzifikálásával helyi energiabiztonsági – és stabilitási hatás mérhető [IEA, 2014]. Az erdészeti fahulladék, ami lehet vágástéri fahulladékok, ágak, gyökérmaradványok, fűrésztelepeken és fafeldolgozó üzemeknél maradó fűrészpor, fakéreg, stb., mint elsődleges energiahordozót bioenergiává lehet átalakítani (pl. fűtés és/vagy elektromos árammá), vagy bio-üzemanyagokká/bioenergia hordozókká (pl. bioetanol, biodízel illetve brikett és pellet előállítására), esetleg más bioalapanyagként lehet hasznosítani (pl. gyógyszeriparban, műanyaggyártásban, papírgyártásban, stb.) [DEMIRBAS, 2009; CASSIE, 2015].

Romániában a fahulladékok összegyűjtésére nemrégiben számos községben szociális vállalkozások indultak el (Lókod, LIA Alapítvány), egyre nagyobb hangsúlyt fektetnek a hegyi legelők takarítására, ugyanis területalapú támogatást bíztosít a mezőgazdasági minisztérium a míg a városi köztisztaságért felelős vállalatok szintén külön fahulladék begyűjtő csoportokat, aprító berendezéseket és energia-előállító berendezéseket működtetnek (Sepsiszentgyörgy, Tega Kft.). Mindezek a kezdeti folyamatok a munkahelyteremtés mellett a jobban szerveződő helyi közösségek fejlődését segíti [VARGA, 2009], ahol egyre tudatosabb polgári magatartás minták alakulnak ki [MTSZ, 2013]. Számos elemzés kimutatja, hogy a helyi intézmények fűtési rendszerének korszerűsítése állami támogatások nélkül is legtöbb 7-8 éven belül megtérülnek [KOÓS, 2012].

Székelyföld kiterjedt erdőterülettel rendelkezik, területének 47%-a hegyvidékinek tekinthető, az erdővel borítottság aránya Kovászna megyében 46 %, Hargita megyében 39,5%, Maros megyében pedig 32,7% [ADR CENTRU, 2014]. Jelenleg főképp a fűrésztelepeken képződő fűrészport hasznosítják pellet és brikett előállítására, vagy a fafeldolgozó telepeken faszárítókban és saját épületek fűtésére hasznosítják. A vágástéren halmokba összegyűjtött, de hátra hagyott ágak és fahegyek hasznosítására korábbi évekig nem épültek ki helyi hasznosítások. A régióban az

évenkénti termelődő és begyűjthető fahulladék mennyisége eléri a 449 ezer tonnát [SEBESTYÉN, 2016], ennek legnagyobb része Hargita megyében képződik. Továbbá Hargita és Kovászna megye számos olyan községe tud dendromassza alapú energiaellátást fejleszteni, ami a helyi hő-és villamos energiaigényt teljesen fedezni képes.

A fűrésztelepi fahulladékokból főként pellet és brikett készül, míg a vágástéri apadékok felhasználására a régióban frissen gyökerező technológiai újításokkal faaprítékot készítenek. P. McKendry (2002) a biomassza hasznosításának reneszánszát jelezte elő, megemlítve, hogy:

1., a technológiai fejlődéssel versenyképes költséggel az eddigi hulladékokat hő- és villamos energiává alakíthatjuk, 2. stimulálja az erdészeti hulladék hasznosítást és a mezőgazdasági termelést, így az energetikai tevékenység plusz jövedelemforrás a vidéki térségek számára, 3. a biomassza CO_2-semlegessége klímavédelmi és fenntarthatósági kérdéseket válaszol meg. Mindez új technológiát és szerkezetváltást követel úgy a termelő, ahogy a fogyasztó részéről is, - állítják a megújuló energiagazdálkodásban előre haladott német kutatóközpontok-, és mindezt a 21. században a megújuló energiák (továbbiakban ME) intenzívebb alkalmazásával érhetjük el [DOMBI, 2014]. A biomassza hasznosításnak fontos helyi gazdasági és a kisrégiókban és tovagyűrűző fejlesztési hatása van [THRÄN et al., 2010], ugyanis összetett, újszerű termelési, - ellátási - és fogyasztói láncok kialakulása új gazdasági aktivitásokat keltenek életre [HOLM-NIELSEN, 2016]. A helyben előállított energia fenntartható és decentralizált ellátást biztosít, míg a közösségi finanszírozású befektetések helyben tartják az energiaköltségek pénzforgalmát [KALKBRENNERA, 2016]. Ezen energiatermelési tevékenység közösségi tulajdonban való tartása helyi társadalmi kohézió megerősítő hatással jár [CURTINA, 2017]. Bai (2016) és del Rio-Burgillo (2008) a helyi közösségi szellem fejlődését, mint pozitív hatást említi, így a regionális és helyi identitás tudat megerősödésében is szerepet játszik. A helyi beszállítók, ellátó rendszerek kiépülése a helyi vállalkozói réteg hálózatosodásával, a belső kohéziós erő emelkedését vetíti elő [YENER, 2015].

A történelmi régió területén az ország iparosításának időszakában villamos energiatermelői infrastruktúra nem épült ki, így a régió az országos áramellátási hálózatra kapcsolódva az ország más területein termelt villamos energiával való ellátásra szorul. A tanulmány az erdészeti hulladékok potenciálját méri fel, értékeli a potenciálokra alapozott fűtési-és villamos energia termelési lehetőségeket, valamint tárgyalja a hasznosítások stádiumát ezeknek környezeti, gazdasági és társadalmi vetületeit.

Felhasznált adatok, módszerek

A kutatás a legfrissebb szakirodalmi áttekintést követően modern kvantitatív elemzési módszerekkel, önkormányzati szinten elemzi Székelyföld erdőgazdálkodási és fafeldolgozás jelenlegi helyzetét, a fahulladék képződési jellemzőit és azok hasznosítására irányuló törekvéseket. A prímér adatok alapján megvalósult fahulladék mennyiségi becslése után a hozamadatok energetika számítása történik.

A felhasznált adatok az INS (Országos Statisztikai Intézet) Hargita, Kovászna és Maros megyére szóló adatai valamint a Megyei Statisztikai Intézetek adatbázisából származnak.

A helyi szinten kitermelt tűzifa mennyisége külön kategoriát képez a helyi és nemzeti erdőgazdálkodási statisztikákban. Az elmúlt évek tűzifa kitermelési adataiból 2000 és 2016 közötti átlagolt helyi kitermelt tűzifa mennyiség került figyelembe vételre.

A tűzifa mennyisége mellett megállapítható a helyi fahulladékok mennyisége is, így különböző potenciálszámítások kerültek kivitelezésre a székelyföldi településekhez tartozó erdőgazdálkodási melléktermékek tekintetében. A vágástéri apadék és fűrésztelepi fahulladék mennyisége egyenesen arányosan változik a kitermelt famennyiséggel. Így az átlagos hektáronkénti kitermelhető famennyiséget ismerve (4-5 m^3) felbecsülhető a helyi fahulladék mértéke is, a tűzifa mennyiségén felül. A helyi erdészeti fahulladék potenciálját következő összefüggés szerint számíthatjuk ki:

$$E_i = (A_h \cdot Q \cdot \rho \cdot L_é) \cdot 0{,}20 \quad (2)$$

ahol az E_i (MJ/év) az erdőkitermelési és fafeldolgozási hulladék energia potenciálja, $_i$ az általunk vizsgált év, A_h (ha) a helyi erdő területek nagysága, Q (m^3/ha/év) a fenntartható fakitermelés mennyisége, ρ (kg/m^3) a különböző fafajok átlagosan számolt testsűrűsége, $L_é$ (MJ/kg) 15 MJ/kg 30%-os nedvességtartalommal számolt energiatartalom (16 MJ/kg) [BARTÓTFY, 2000], *0,20* a kitermelt famennyiségre számolt fahulladék részaránya. Úgy a tűzifa, mint a faapríték égetésnél az energiatermelhetőség fokát a minél kisebb nedvességtartalommal növelhetjük. A természetes száradással 18%-os nedvességtartalmat érhető el, alacsonyabbat azért nem, mert a levegő páratartalma nem engedi a kiszáradt fa nedvességtartalmát bizonyos százalék alá esni.

Másik szempontból a helyi erdészet kivágási terveket évről évre a helyi önkormányzatok és erdészeti hatóságok állapítják meg. Mindez befolyásolhatja az elérhető erdészeti fahulladékokból származó faapríték és a tűzifa mennyiségét is. Regionális vizsgálat révén az éves helyi eltéréseket egy nagyobb, 15 éves időszakban mért statisztikai adatsorral tudjuk áthidalni, figyelembe véve a megfigyelhető átlagos

kitermelést és az utóbbi évek kitermelési trendjét, arra alapozva, hogy mindezek a következő években is hasonlóak lesznek.

A vizsgált területen az önkormányzatok szintjén felgyülemlő fahulladékok –és tűzifamennyiségek becslése után potenciális energiahozamokat kapunk eredményül, amit integrálunk egy végső potenciális energiahozam eredményként, a következő összefüggés szerint:

$$P_{\text{int}} = \sum (T_i \cdot E_i) \quad (3)$$

ahol P_{int} (TJ/év) a fás biomasszákból származó a potenciális energiahozam, T_i (TJ/év) a vizsgált időszak tűzifamennyisége, valamint E_i (TJ/év) a vizsgált időszak vágástéri és fűrésztelepi fahulladékai.

A potenciális energiahozam eredményeket a helyi hő-és energiaigénnyel tudjuk összevetni. Kérdés az, hogy a helyi rendelkezésre álló fahulladékkal hány százalékban látható el a helyi lakosság hő-és villamos energia igénye, egy általunk figyelembe vett berendezés hatásfokával számolva. Mindezt a következő összefüggés segítségével számítható ki:

$$E_{\text{sup}} = \sum \frac{E_{dem}}{L_{pot}} = \left[\frac{(E_p \cdot L_p)}{(L^i_{Ep} \cdot 0{,}8)} \right] \quad (4)$$

ahol E_{sup} (%), a potenciális helyi energiaellátás foka, E_{dem} (TJ/év) a helyi lakosság éves energiaigénye, L_{pot} (TJ/év) a helyi energiapotenciál, E_p (J/év) az egy főre eső hő –és villamos energia igény, L_p a helyi lakosok száma, a L_{Ep} (TJ/év), a helyben termelődő fahulladék potenciális energiahozama.

A potenciál elemzés során figyelembe volt véve a jelenlegi technológiai adottságok és körülmények között a fahulladékok átlagos energiaértéke, nedvességtartalma, a nyersanyag begyűjthetőségi foka, a faapríték tüzelésű fűtőművek, illetve a kombinált hő-és villamos energia termelő egységek hatékonysági foka, végül a hőelosztó rendszerek jelenleg elérhető energiahatékonysága figyelembe (1. táblázat).

Fő kategoriák	Típusa, állaga	Begyűjthetőségi faktor (%)[1]	Nedvesség tartalom (%)[2]	Átlagos Fűtőérték (MJ/kg)[2]	Hasznosításra alkalmazható technológia (%)[3]	Technológia hatásfok[4]	Távhőrendszer energia hatásfoka[4]
Vágástéri apadék	Ágak, famaradványok, fakérek	60	30	14 14	Biomassza hőközpont, Kombinált hő-és villamos energia erőmű	89 75	90
Fűrésztelepi fahulladék	Korpa, fakéreg, hulladékfa, deszka maradványok	100	18 20 20 20	16 14 16 16	Biomassza hőközpont, Kombinált hő-és villamos energia erőmű	89 75	90
Közterületek karbantart-ásából származó fás hulladék	Ágak, fanyesési hulladék, levek, koszorúk, karácsonyfák, bútormaradványok,	100	40 40 50 30 30 15	14 14 15 15 18	Biomassza hőközpont, Kombinált hő-és villamos energia erőmű	89 75	90

1. **Táblázat: Potenciál számításkor figyelembe vett energia-és technológiai paratméterek**

Table 1. Energy and technology paratemeters taken into consideration during potential calculation

[1][BROSOWSKI et al., 2016]
[2][NAKOMCIC-SMARAGDAKIS B. et al. 2016]
[3][ÖZCAN, 2014]
[4][BARTHA, 2017]

A környezet-energetikai vizsgálat eredményei az ArcGIS 10.1 térinformatikai program segítségével térképi megjelenítéssel lesz ábrázolva, így az eredményeket, összefüggéseket könnyen felismerhető bemutatására és könnyed értelmezésre kerülnek. A potenciálelemzés eredményeire alapozva, technikailag is megvalósítható projekt javaslatok kerülnek bemutatásra, amik befektetőknek és önkormányzatoknak vagy helyi érdekképviseleteknek iránymutatóknak számítanak.

A potenciálelemzés mellett a tanulmány aktuális helyzetképet ad a Székelyföldi fakitermelés és mezőgazdasági szektor jellegéről valamint az eddigi energetikai beruházásokról és azok hozadékairól. Továbbá gazdasági megtérülés számítás végzése

is sorra került helyi intézmények hőenergia ellátása tekintetében, egy speciálisan erre a célra kiépített elemzési program segítségével. Az osztrák Energia Ügynökség (AEA – Austrian Energy Agency) által kifejlezstett és alkalmazott „BioHeat Profitability Assessement" segítségével gyorsemelzés útján képet kapunk egy, a cikkben említett fahulladék alapú hőközpont, befektetésének megtérüléséről, figyelembe véve a jelenlegi nyersanyag árakat, hőenergia árakat és más szükséges gazdasági paramétereket.

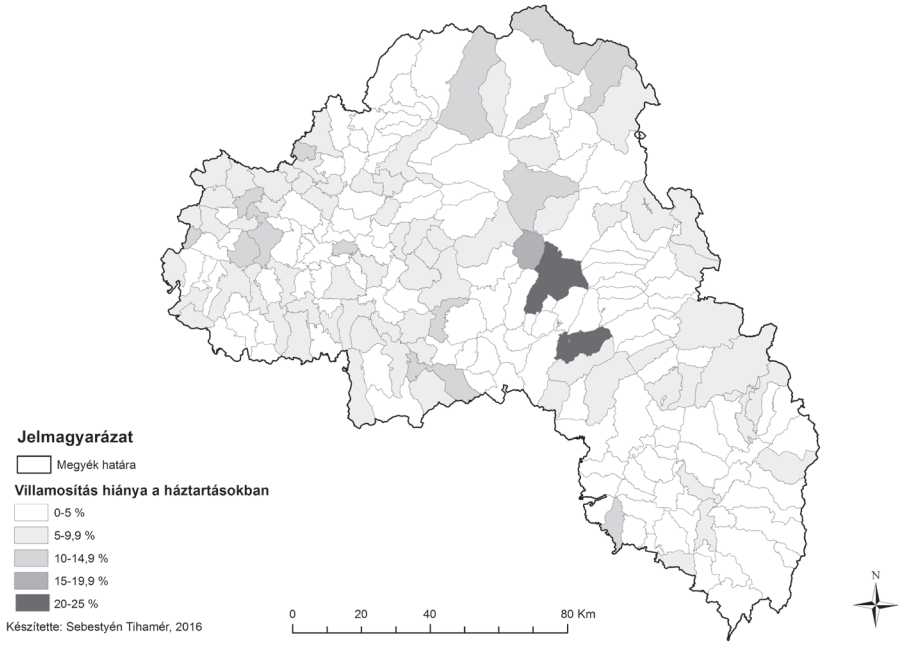
Eredmények

Székelyföld gazdasági és energetikai vizsgálata

Székelyföld Románia olyan régiója, amely társadalmi, infrastrukturális és gazdasági szempontból fejlesztést igényelő állapotban van [NAGY, 2011]. A tanulmányban a következő területeken csoportosítható gyorselemzést készült:

A régióban a vidéki lakosság aránya 50% körül mozog, (Hargita 56%, Kovászna 50,2 és Maros 48,3%), a társadalom városiasodásának üteme a gyorsan iparosított városok övezetében a rendszerváltás után bekövetkezett szerkezeti válság miatt megfordult. Miközben 1990-ben Hargita megye vidéki lakossága 52%-ra tehető, 2014-re már elérte az 56,5 %-ot, ezt a trendet írja le Kovászna megye is, miközben Maros megyében enyhén növekedett a városi lakosság számaránya 2014-re 51,7%-ra [ADR CENTRU, 2014]. A régióban 24 város található, a városi terület a régió 12,8%-át teszi ki.

Székelyföldön a hegyvidéki zónákban megnehezedik a villamos energia ellátás infrastruktúrájának kiépítése, jelenleg is számos olyan szétszórt hegyi község található, amelyek falvaiban részben villamos energiaellátás nélkül működnek a háztartások nagy része. A Renerg (2008) átfogó elemzése szerint Hargita megyében 34 faluban a 1360 háztartás villamos energia ellátás nélkül működött, Kovászna megyében ez 23 településen 414 háztartásra vonatkozott, Maros megyében 53 településen összesen 768 háztartás működött villamos energia nélkül (2. ábra). Az utóbbi időkben a településektől távolabb épülő hétvégi házak miatt a villamos energiával nem ellátott háztartások száma növekedik.



2. Ábra: Székelyföld háztartásainak villamos energia ellátásának állapota

Figur 2. State of electricity supply to households in the Seklerand

A vizsgált régióban a kizárólag városokban működik távhőszolgáltatás, a 2000-es évektől fogva viszont folyamatosan csökkent a lakossági távhőszolgáltatás felhasználás, ez az érték Kovászna megyében 2 034 TJ –ról 25 TJ-ra csökkent, Hargita megyében 1624 TJ-ról 284 TJ-ra, míg Maros megyében 2976 TJ-ról 50 TJ-ra csökkent 2000 és 2014 között [INS, 2014]. A városi lakosság zöme tehát saját hő-központokat szerelt lakásaiba, amik főképp földgázalapúak. A problémát az okozza jelenleg, hogy az egyre növekedő földgáz árak fűtésszezonban a háztartások jövedelmének 25-40%-át felemészti [MUNTEAN, 2011]. Kovászna megyében 2000-ben 6 településen, öt városban és Uzon községben volt távhőszolgáltatás. 2016-ban már csak egy városban, az extrém hidegrekordokról híres Bodzafordulón működik, egy olyan biomassza alapú hőközpont [INS, 2016], amit egy dán együttműködés és támogatás segítségével 2007-ben indítottak el. Hargita megyében 2000-ben 7 városban volt távhőszolgáltatás, 2016-ban ebből 5 településen működik az ellátás, kivétel nélkül átálltak a távhőszolgáltatók fahulladék alapú fűtésre [INS, 2016]. Maros megyében 2000-ben 10 városban és 2 községben volt távhőszolgáltatás, mára viszont csak Segesváron működik még lakossági hőenergia szolgáltatás, ott még mindig földgázt használnak fel [INS, 2016]. Kovászna me-

gyében a 45 községből 9 községben van földgázellátás, Hargita megyében az 58 községből 19 községben, míg Maros megyében a 91 községből 71 községben [ADR CENTRU, 2014].

A régió részeként, a Kovászna megyében található munkahelyeknek csupán 12,3%-a található vidéki településeken, ez a vidéki települések vállalkozásainak hiányát jelzi. Valamivel jobb helyzetben van Maros megye, illetve Hargita megye, itt a vidéki településeken regisztrált munkahelyek a megyei összes munkahelyeknek a 19,7%-át illetve 17%-át találjuk [ADR CENTRU, 2014]. Mindez azt mutatja, hogy a vidéki településeken főként az önellátó mezőgazdaság az elterjedt életforma, így az itt dolgozó munkaerő nem jelenik meg semmilyen gazdasági statisztikában, illetve nagyfokú a városokba, munkába ingázók száma. A régióban több mint 100 ezer ember dolgozik az erdőgazdálkodásban –és fakitermelésben illetve a mezőgazdaságban. Ebből mindössze 10 % foglalkoztatott dolgozik hivatalosan. Nagytöbbségük önellátó háztartásban dolgozik, ahol a kisméretű gazdaságok alacsonyan technologizáltak, jellemzően az elöregedő lakosság tevékenykedik ezekben. A lakosság erőteljesen elöregedő trendet ír le, a 65 éven felüliek aránya 25,5%-os volt 2016-ban [INSb, 2016].

Az optimális és fenntartható erdőgazdálkodás 3 t/ha/éves szárazanyag kitermelést engedélyez, mindez 56 GJ/ha/éves energiahozammal jár, más értelmezésben 4-5 m^3/ha-os kitermelést ajánlanak a fenntartható erdőgazdálkodás érdekében [SOLYMOSI, 1987]. A régióban működő erdőgazdálkodást vizsgálva a 2000-2015 közötti időszak került elemzésre. Az elmúlt 15 évben a fakitermelés mennyisége, az éves fluktuációkat kiszűrve elmondható, hogy 25%-al trendszerűen növekedett [INSc, 2016]. Hargita megyében a hektáronkénti fakitermelés mennyisége az évről évre változó kitermelési intenzitás ellenére számottevően nem változott, Kovászna megyében 35%-al növekedetett a kitermelés, míg Maros megyében a 2015-ös érték 48%-al haladta meg a 2000-ben kitermelt famennyiséget. Az elmúlt 15 évben Székelyföldön Hargita megyében a legnagyobb a meglévő erdőterületekre eső hektáronkénti kitermelt famennyiség, ez átlagosan 4,32 m^3/ha, Kovászna megyében ez 3,01 m^3/ha, míg Maros megyében 3,44 m^3. A 2. Táblázatban áttekinthető Székelyföld 2014-ben regisztrált fakitermelése.

	Tűlevelű fa (ezer m^3)	Bükkfa (ezer m^3)	Tölgyfa (ezer m^3)	Egyéb keményfák (ezer m^3)	Egyéb puha-fák (ezer m^3)	Kitermelt famennyiség (ezer m^3)
Kovászna megye	278.70	250.20	33.00	49.70	21.30	632.90
Hargita megye	808.20	187.80	8.40	25.50	12.90	1042.80
Maros megye	351.50	321.60	46.50	107.20	17.90	844.70
Összesen	1438.40	759.60	87.90	182.40	52.10	2520.40

2. **Táblázat: Székelyföld fakitermelése famennyiség és fatípusok szerint 2014-ben**

Table 2. Wood logging, type and quality of trees in Seklerland

Forrás: INSd, 2016

A régióban 2000-ben míg a mezőgazdaság –és erdőgazdálkodási szektor a GDP 13,8%-át tette ki, ez egyre jobban kiszorul a versenyképtelenségéből fakadóan, ugyanis 2015-re már alig 8%-os GDP-részesedést ért el. Szükségesnek látszik tehát a prímér szektor működésének újratervezése és re-technologizálása. A szektor versenyképességét növelni lehet az energiatermelés és ellátásba való helyi szerepvállalással, mivel az energiatermeléssel egy újszerű szerephez juthat [GUSTAVSSON, 1997; PERTTU, 2015; ZHAO, 2016]. Mindez olyan körülmények között lehetséges, amikor Kovászna megyében a mezőgazdaságban és erdőgazdálkodásban dolgozik a foglalkoztatott lakosság 28%-a, Hargita megyében ez az arány 31%, Maros megyében pedig 28% [ADR CENTRU, 2015]. A fakitermelés a feldolgozói infrastruktúra hiánya miatt feldolgozatlanul kerül értékesítésre, így a helyi ámbár jó minőségű alapanyagok alacsony áron kerülnek ki a régió határain kívülre. A helyi tőkefelhalmozódási esély így alacsony színvonalon marad, ami feltétele az (endogén) technológiai fejlődésnek [JUNG, 2013], miközben a magas hozzáadott értékű termékek előállítása nem dominál. A rendelkezésre álló legfrissebb adatok szerint a régió 2,5 millió köbméter fát termelt ki 2015-ben, ebből 37%-át, azaz 947 ezer köbmétert feldolgozott és értékesített, amiből 285 millió eurós jövedelmet tudott produkálni (3. táblázat).

	Kitermelt famennyiség (ezer m^3) 2015	Értékesített famennyiség (ezer m^3)	Kitermelt fából feldolgozott és értékesített mennyiség (%)	Fa -és fatermékek exportja (mil. euró)	Fa -és fatermékek aránya a teljes exportból (%)
Hargita megye	632.9	229.8	36.30905	103.05	34.5
Kovászna megye	1042.8	294.4	28.23168	21.5	7
Maros megye	844.7	423.4	50.1243	161.14	19.5
Összesen	2520.4	947.6	37.59721	285.69	

3. Táblázat: Székelyföld fafeldolgozása és az ebből származó exportja 2015-ben

Table 3. Wood processing and export in Seklerland, 2015

Forrás: INS, 2016

Székelyföld erdőgazdálkodásából származó fahulladékok potenciálja

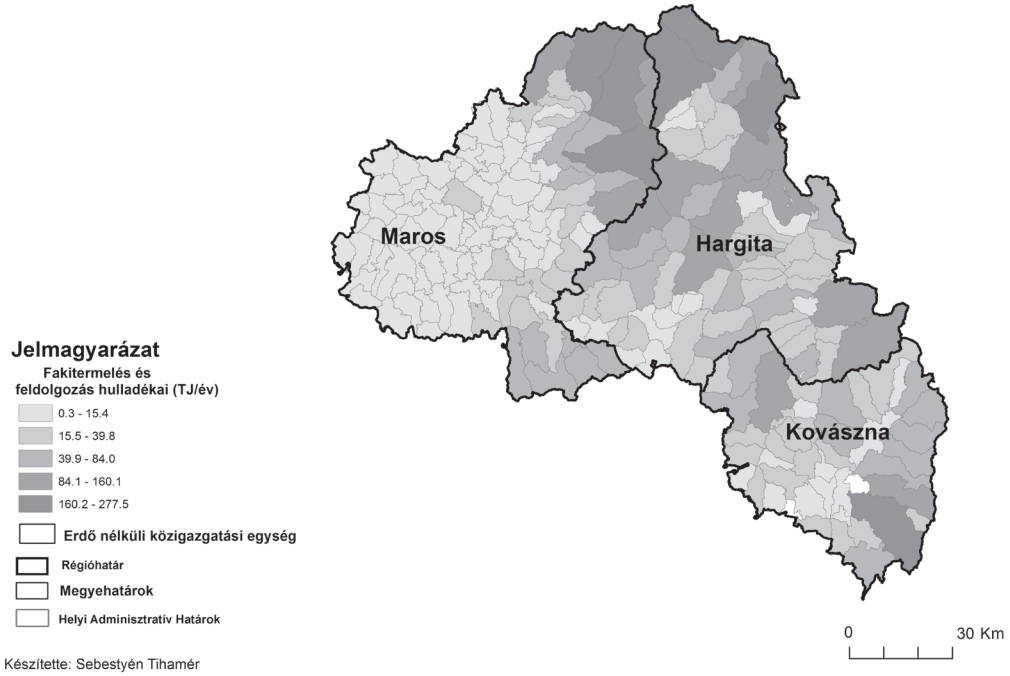
A régió a ME közül a legnagyobb mennyiségben - az erdészeti potenciálnak számító, - tüzelhető biomassza tartalékkal rendelkezik [TURCU, 2013]. Ennek ellenére a hasznosításuk már sokkal bonyolultabb kérdést vet föl. Székelyföldön hiányzik az energetikai szektor, mint olyan, ugyanis Románia iparosítása idején ebben a régióban sokrétű indoklással elkerülték a stratégiai fontosságúnak számító energetikai beruházásokat. Eltekintve néhány törpe vízerőműtől és kisebb napelem parkoktól, amik szintén az utóbbi években épültek, a régió közel 800 ezres lakossága az országos villamos energiahálózat ellátásától függ. A helyi lakosság körében alig ismertek a ME hasznosítási lehetőségek, így a zöld energiaszektor fejlődését elsősorban a helyi tőke hiánya mellett a technológiai szakismeret hiánya tartja féken.

A tanulmány szerzője együttműködve a sepsiszentgyörgyi Green Energy Innovative Biomass Cluster-rel közös kutatást folytat a székelyföldi fahulladék potenciálok felmérésében. A kutatás célja számszerűsíteni az égethető biomassza mennyiségét - a környezeti fenntarthatóság elvén, - ahol a természetvédelmi területek nem kerülnek a potenciális felmérésbe. A helyi fahulladék energetikai hasznosítására szóló befektetésre alkalmas települések feltérképezése után alapvető cél bemutatni a decentralizált energiaellátás lehetőségeit is, valamint értékelni a hasznosítások gazdaságra gyakorolt eddigi és jövőbeli hatásait.

A székelyföldi erdőborítottság országos átlag felettinek számít, míg Hargita megyében dominál a tűlevelű erdők (200 ezer ha), addig Kovászna megyében (67,4 ezer ha) és Maros megyében (87,1 ezer ha) kevesebb található. Lombhullató erdőkből fordított a helyzet, Hargita megyében kevesebb található (67,1 ezer), viszont Kovászna megyében (102,2 ezer ha) és Maros megyében (128,1 ezer ha) jóval nagyobb területen fordulnak elő. Összesen a régióban 654 ezer ha erdő található,

közel azonos arányban tűlevelű és lombhullató erdőkből tevődnek össze. Évente a nagymennyiségű fakitermelés ellenére elenyésző területen történik újraültetés. Átlagosan az utolsó 15 évben Kovászna megyében 250 ha erdőt ültettek újra, Hargita megyében kevesebb mint ezer hektárt, Maros megyében pedig közel 400 ha erdőt ültettek újra, mindez a meglévő erdőterületekre számítva azt jelenti, hogy az erdők 0,25%-án történt tényleges visszaültetés [INS, 2016]. Annak ellenére történik ez, hogy az erdészeti törvény előírja az újraültetést, viszont az elmaradó ellenőrzések miatt a valóságban elenyésző méretű a visszaerdősítés. A visszaerdősítés költsége ugyanis a kitermelőt és a tulajdonos terheli, ami kézen közön gyakran elmarad vagy elhuzúdik.

Székelyföldön a legnagyobb erdőterületekkel rendelkező községek 20 ezer hektárt meghaladó természetes erdővel rendelkeznek, az itt évente felhalmozódó fahulladék mennyisége eléri a 13-17 ezer m^3-es hozamot. Energia hozamban számolva a Maros megyei Libánfalva, Palotailva és Ratosnya, a Hargita megyei Tölgyes, Zetelaka, Gyergyószentmiklós, Gyergyóújfalu, Gyergyóalfalu, Gyergyóremete, Csíkszentgyörgy, Kászonaltíz, a Kovászna megyei Zágon és Gelence évi 200-278 TJ energiapotenciállal rendelkezik (3. ábra).



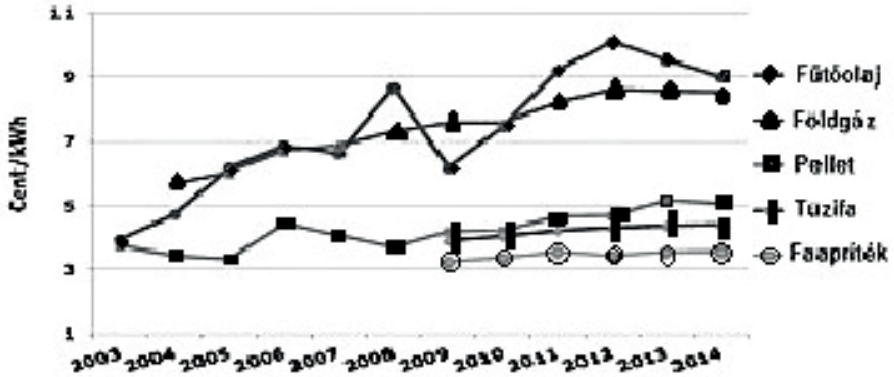
3. ábra: Székelyföld fahulladékainak energiapotenciálja
The energy potential of woodwaste in Seklerland

A potenciál becslés eredmények azt mutatják, hogy a régióban összesen 81 olyan község van, ahol a helyben képződő fahulladékok a helyi intézmények hő-illetve villamos energiaellátását biztosítani tudnák. A három megye 214 önkormányzatának 37 %-a közel 15-20%-ban tudná csupán a fahulladékokkal ellátni saját hő-és villamos energia igényét. A helyi tűzifa mennyiség figyelembe vételével már ez az érték jelentősen emelkedik: a községek kétharmada egy 85%-os hatékonyságú kogenerációs fűtőművek használatával a községek kétharmadának tudná biztosítani a decentralizált energiaellátást.

Kizárólag a helyi fahulladékok energetikai hasznosításával három község a helyi energiaigények fedezése fölött 70-80%-al több energiát képesek termelni, ezek sorrendbe Rastonya, Palotailva és Gyergyótölgyes. További 11 olyan község, mint a Hargita megyei Gyergyóholló, Kászonaltíz, a Maros megyei Felsőrépa, Gödemesterháza, Bélbor, Libánfalva, stb teljesen energia önellátóságra képesek. 20 további község tudná energiaönellátóságot 75%-ban fedezni a fahulladékokból, ezek közé sorolható Esztelnek, Zágon, Varság, Borszék város, stb., részben (30-50%-ban) szintén önnellátó lehetne Zetelaka, Alsóköhér, Homoródalmás, Székelyandrásfalva, Gyergyóalfalu, Kommandó, Tusnád város, Bereck, stb.

A fahulladék hasznosítás gazdasági, társadalmi és környezeti vonatkozásai

A régióban 2009-ben egy mára már országos jelentőségű klasztert alapítottak, aminek tagjai lendületes munkával támogatják a fahulladékok energetikai hasznosítását. Az intézmények, ipari parkok, ipari épületek, de akár háztartásokban is felhasználható, korábban csak hulladékként kezelt fahulladékból készülő faapríték olcsó energiaforrásnak számít. Mindez azért lehetséges, mert Romániában, ahogy Ausztriában, Svédországban de más Nyugat-Európai országban is az egy kWh energiára vetített energiahordozó árak közül a legolcsóbbnak a fahulladék, faapríték bizonyul (4. ábra).



4. ábra: A fűtőanyagok árváltozása 2003-2014 között az EU-ban, forrás: IWO, 2015
Figure 4. Price changing of different fuels between 2003 and 2014 in the EU, source: IWO, 2015

Székelyföldön a 2015-ös évben rekord méretű fahulladék égető kapacitást állítottak üzembe, a klaszter keretén belül 1850 kW teljesítmény került üzembe [BARTHA, 2015], - összesen hét kis teljesítményű hőközpont, amiből négy közintézménybe működik-, addigra a rétyi fafeldolgozó ausztriai befektetés mellett működő 65 MW-os kogenerációs üzem is felépült [PETRÁSS, 2015]. A növekvő zöld energiahasznosítás főként az egyre olcsóbb technológiával magyarázható nemcsak globális szinten, hanem a régióban is, hiszen a fahulladék energetikai hasznosítása olcsóbb a fosszilis tüzelőanyagoknál. Emellett legalább ennyire fontos tény, hogy az energia hatékonyság növelésére és a megújuló energiák hasznosítására egyre könnyebb banki finanszírozást vagy állami támogatást elérni.

Számos önkormányzat és vállalkozás felismerte a gazdasági lehetőséget: az olcsóbb energia költségekkel a későbbi megtakarított pénzt más jellegű tevékenységek támogatására tudják átcsoportosítani. A kezdeti magas befektetési költségeket főként Norvég Alap támogatásával, EU-s és hazai programok segítségével fedezték. Továbbá az önkormányzatok területén összegyűjtött hulladék fából ellátható válik a helyi közintézmények fűtése, miközben a környezet rendezettebbé válik a fahulladékok összegyűjtésével. Nem utolsó sorban mivel a fatüzelés CO_2 semlegesnek tekintett fűtőanyag [ROGER, 2013], így az adott intézmények karbon lábnyoma jelentősen csökken. Bár a CO_2 semlegesség ezen a téren sok esetben vitatott [JOHNSON, 2008], jelen esetben mégis nagy szerepet játszik a karbon kibocsájtás enyhítésben, ugyanis legtöbb intézmény fűtésénél a kiváltott fűtőanyag a földgáz volt.

A régióban 120,81 MW beépített teljesítmény (2016) konvencionális energiahordozókkal való működtetése éves átlagban 8250 óra üzemórával megközelítőleg 990 GWh energia termelést jelent, aminek a CO_2 kibocsájtása hő-és villamosenergia termelés esetén a romániai technológiai adottságokat figyelembe véve kWh-ként 413,44 gramm CO_2 kibocsájtást eredményez (4. táblázat) [IEA. 2007]. A vizsgált energia mennyiség összesen évenként 498 ezer tonna CO_2 kibocsájtást jelent. Földgázból előállítani ezt az energiamennyiséget szükségessé tesz 99 millió köbméter földgázt elégetését, faaprítékból pedig 249 170 tonnára van szükség. 2016-ban az E-ON Románia 1,65 RON árat szabott 1 m^3 földgáznak, miközben a faapríték szárazanyag tonnája 60-65 euró körül mozog a hazai piacon. Így a számításaink szerint a faaprítékkal való energia előállítás évente 22 millió euró megtakarítást jelent a régiónak, más szóval a faapríték a földgázzal szemben 60%-al olcsóbbnak számít az 1 kWh teljesítmény előállításra vetített árakkal számolva.

	Beépített teljesítmény (MWh)	CO_2 kibocsájtás (t)	Földgáz (m^3)	Faapríték (t)
Hőenergia	105	432341	86468250	216170
Villamos energia	16	66000	13200000	33000
Összesen	121	498341	99668250	249170.62
Energiaárak (mil. €) (2016)			37*	15**

4. Táblázat: Székelyföldi energiatermelés összehasonlítása földgáz és faapríték esetében
Table 4. Comparison of energy production for natural gas and wood chips in Seklerland

*E-ON Romania, 2016
**Green Energy Romanian Innovative Biomass Cluster, 2016

Székelyföldön a faapríték alapú fűtőművek kapacitása évről évre növekedik, míg a kombinált hő-és villamos energia előállító erőművek száma lassan növekedik. 2016 tavaszán összesen 120,81 MW beépített teljesítményt tartottak nyílván (5. ábra). Ebből a Green Energy klaszter közel 20,1 MW teljesítményt üzemelt be összesen 153 hőközpont segítségével. A régióban több mint 9 településen működik faapríték alapú távhőszolgáltatás közel 35 MWt teljesítménnyel. Mégis megfigyelhető, hogy a megújuló energiákba a leggyorsabban a helyi vállalkozások fektetnek be, ilyen például a 4 MW hőközpontot létrehozó árkosi virágkertészet, ahol nagymennyiségű hőenergia előállításra van szükség, a sepsiszentgyörgyi köztisztasági vállalat 500kW-os hőközpontja, amely saját épületcsarnokát fűti a városi fahul-

ladékokkal, stb. A legnagyobb teljesítményű befektetések tehát a vállalkozói szférából érkeznek, általánosságban jellemző, hogy a közintézmények mechanizmusa sokkal lassabban működik és lassabban nyílnak az alternatív és újszerű megoldások felé. A régióban a vállalkozások útján létrejött hasznosítások nagysága meghaladja a 75 MWt hő teljesítményt, valamint a 16 MWe villamosenergia teljesítményt. Az ország legnagyobb kogenerációs faapríték alapú erőműve a Kovászna megyei Rétyen működik, ahol egy 65 MW-os erőműben 45 MWh_t hőenergia kapacitás van kiépítve, valamint 15 MWh_e villamos energiát kapacitás, gőzturbinák segítségével. Az erőmű teljes kapacitásával működtetve óránként 40 t fahulladékot képes elégetni [PETRÁSS, 2015].

A helyi fahulladékok energiapotenciál becslése statisztikai módszerrel került összehasonlításra a hasznosításokra irányuló befektetések telephelyválasztásával. A két adatbázis közötti összefüggés vizsgálatra a Pearson-féle korrelációs együttható függvénnyel számoltunk. A régió három megyéjében összesen 214 önkormányzat található, a hipotézis felállításakor pedig első sorban az fogalmazódott meg, hogy:

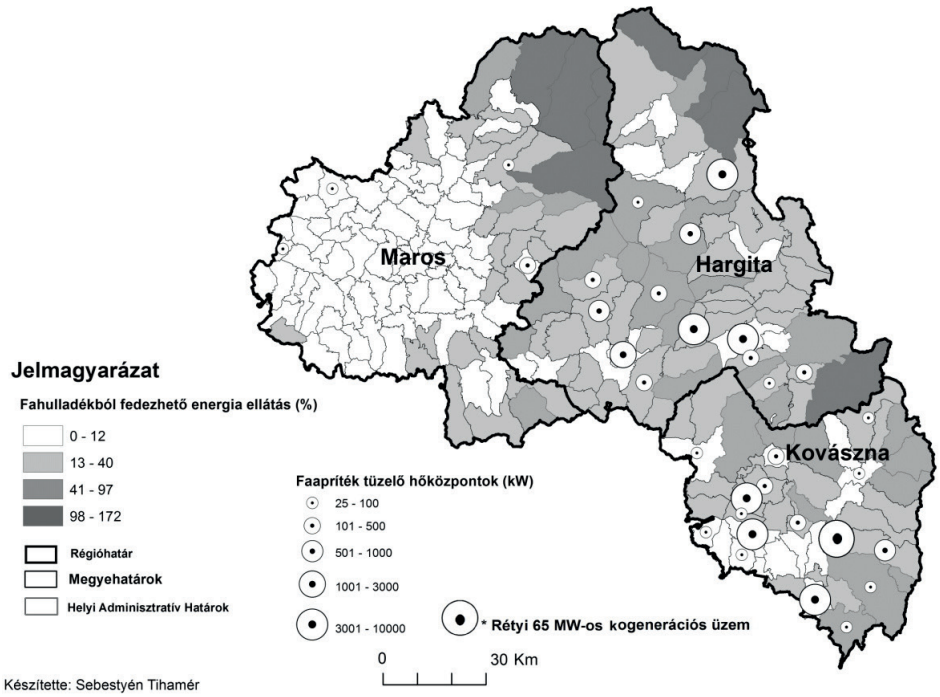
1., Nincs szignifikáns kapcsolat a helyi fahulladék energiapotenciáljának mértéke és a hasznosítások telephelyválasztása között,

2., Nincs szignifikáns kapcsolat a helyi energiapotenciál mértéke és a beépített hasznosítások teljesítménye között.

A vizsgálat eredményét tekintve elmondható, hogy mindkét hipotézist el kell fogadni, tehát 95%-os valószínűséggel, ($r= 0.1099$) nincs hatással a helyi nagymértékű fahulladék jelenléte a beépített hasznosítások telephely választásakor. Ez főként azzal magyarázható, hogy a fahulladékok hasznosítására tett lépések gazdasági és helyi önkormányzati döntésektől függ. A magán szféra befektetései az üzleti folyamatok által vezetett döntésekből tevődik össze. Főként a helyi fafeldolgozó üzemek potenciális energia igénye sarkallja a fahulladék energia termelés célú felhasználását. Gyakran észrevehető, hogy a telephely választást nagyban befolyásolja a területek jogi hátterének tisztázása is, évekig elhuzódó telephely viták és bürokratikus engedélyezések sok esetben elnapolták illetve megakadályoztak számos befektetést. A helyi közintézmények fahulladék/faapríték alapú energiaellátása sikeres pályázati szerepléstől függő. Ebben a tekintetben nagyban a helyi döntéshozók ezen a téren való jártassága, tudása és előrelátása mérvadó. Mindezek nem kimutatható háttér tapasztalatok, amiket az irodaasztalon túl, a gyakorlatban kitapintani.

A második esetben, amikor a helyi energiapotenciált a beépített helyi teljesítménnyel vetettük össze ($r=-0.1246$), bár nem elfogadható szignifikancia szinttel, de észrevehető egy negatív korreláció, avagy a kevesebb helyi fahulladék potenciállal rendelkező önkormányzatok nagyobb energia hasznosító teljesítményt helyeznek üzemben. Főként utóbbira a városok esetében érvényes példák vannak, ahol bár kisebb a településen előállítható faapríték mennyiség a biomassza alapú

hőközpontok teljesítménye meghaladja a vidéki településeken működtetett energiatermelő egységek teljesítményét, ugyanis vidéki településeken alacsonyabb és területileg is szétszortabb az hőenergia igény. Mivel a régió esetében a fahulladék, mint nyersanyag szállítása 25-30 km-es körzetből gazdaságosan működik, az energiatermelő telephelyek a felhasználás helyére koncentrálnak és nem a nyersanyag potenciál keletkezési helyére. Míg a villamos energia könnyen szállítható, a hőenergia termelés fokozottan a felhasználás helyszínére koncentrált.



5. ábra: Helyi fahulladék energiapotenciálja vs. beépített faaparíték alapú fűtőművek elhelyezkedése
Figure 5. Energy potential of local wood waste vs. the location of woody-biomass based power plants

Következtetések

A tanulmány olyan új környezet energetikai eredményeket hozott, amelyeket hasonló megközelítéssel még Székelyföldön nem kutattak korábban. A fent összefoglalt eredmények a regionális kvantitatív potenciál becslésen túl érintőlegesen elemezte a téma szempontjából relevanciát jelentő székelyföldi gazdasági, társadalmi és környezeti összefüggéseket, fókuszpontot helyezve az energetikai szegmens területére. A kutatás megalapozó eredményeknek számítanak a regionális energetikai

elemzések terén, amik kiinduló pontként alkalmazhatóak helyi esettanulmányok végzésére, valamint amiket a későbbiekben a régió biomassza energia stratégiájában lehet felhasználni.

A fahulladék energia potenciálja eléri régió szinten a 7012 TJ/éves hozamot, ami megközelítőleg 510 ezer m^3 fahulladékot jelent a vágástéri apadékokból, valamint az elsődleges fűrésztelepi fafeldolgozás hulladékaiból származik. Az utóbbi 15 évben átlagosan 2,5 millió m^3/év fát termeltek ki a régióban, ebből a fahulladék megegyezik a tanulmányban kiszámolt fél milliós értékkel. A kitermelt fának 37%-át dolgozták fel és értékesítették, emellett még fenn marad egy közel egy millió m^3 mennyiségű fahozam, amit tűzifaként értelmezhető a mai nap. Jelenleg a tűzifát a régióban klasszikus fűtésrendszerekben főként,- a háztartások számára -, hőenergia előállításra használnak fel, kisebb arányban pedig főzési célokra, nagy átlagban 20-35%-os hatékonysággal.

Amennyiben fokozatosan a modern tüzelési technológiai berendezések alkalmazására tér át a régió lakossága, a szükséges hőenergia előállítására tűzifa mennyisége 30 illetve hosszútávon akár 50%-al csökkenni fog. A tüzeléstechnikai újítások mellett 2009-től elindult az intézmények és a lakóépületek energiahatékonysági növelését célzó hőszigetelések folyamata is. Emellett nem lehet megfeledkezni arról, hogy időközben fokozatosan növekedik a fahulladékok energetikai hasznosítása is. Az így piacon maradó tűzifa felhasznált mennyisége elérheti a közép -és hosszútávon az 500 ezer m^3-t. Ebben az esetben valamelyest csökkenteni lehet a helyi fakitermeléseket, - az erdővagyon és környezetóvás érdekében,- valamint növelhető a faipari termékek mennyiségét. A tűzifa szükséglet csökkenésével a régió faiparába növelhető a nyersanyag bevitel. Ennek eredményeként a régió fa-és bútorexportjában további növekedés eszközölhető. Az energiahatékonyság mellett a helyi profitnövekedéssel a tőkefelhalmozódás felgyorsulhat.

A potenciálokat illetően számos község a hő-és villamos energia igényét önállóan fedezhetné kogenerációs üzemek beindításával. Húsz községnek 75%-ban van lehetősége a teljes hő-és villamos energia igényét fedezni fahulladékból. Több mint 50 önkormányzat képes lenne a helyi intézmények fűtését- és villamos energiáját helyi tüzelhető biomasszával fedezni. A helyi hő-és villamos energia termelés természetesen feltételezi a helyi megtermelt energia helyben való felhasználást is. A helyi távhőszolgáltatás kiépítése a középületekre (iskola, orvosi rendelő, önkormányzat, rendőrség, posta, kereskedelmi egységek, templom, sportlétesítmény, stb.) koncentrálódhat, miközben a legközelebbi háztartások is rácsatlakozásra alkalmasakká vállnak. Helyi viszonyoktól függően ez kialakítható egy hőközpont és elosztó rendszerrel, vagy szigetüzemmódban a nagyobb hőenergia fogyasztóknál. Míg az előbbiek működése a fűtésszezonra koncentrálódik, a kogenerációs üzemek egész éves működésre és energiatermelése teszi a befektetéseket kifizetődővé.

Utóbbi esetekben ajánlott a hőenergia termelés kapacitását olyan helyi ipari tevékenység hőenergia szükségletéhez igazítani ami felhasználja a termelt hőt, miközben a villamos energia a villamoshálózatba betáplálható. Nagy hőenergia igénnyel rendelkező üzemek sorra fordulnak elő a székelyföldi vidéki településeken, mint például fűrésztelepek és faszárító épületek, vágóhidak, tejfeldolgozó üzemek, más élelmiszerfeldolgozók, textil üzemek, stb.

Továbbá 21 olyan település került megnevezésre, - főként nagyobb városok- , ahol a tüzelhető biomassza csupán a helyi energiaellátást 1-5%-át biztosíthatja. Viszont itt a lehetőség van, például néhány iskola, korház vagy nagy hő energiaszükséklettel rendelekező vállalat energiaellátása. Ilyenre kiépült példák Sepsiszentgyörgyön találhatóak, ahol a megyei korház, a megyei hulladékgazdálkodásért felelős cég, húsfeldolgozó üzem, vállalkozói központ és néhány iskola a helyi faipar és a közterületek fahulladékait használja fel hőenergia előállításra.

A régióban előállított automatizált biomassza kazánok többször ismételt tesztelése során 89.8%-os hatékonyságot érnek el [BARTHA, 2015]. Míg az éppen 2017-ben kiépített távhőszolgáltatás egy Hargita megyei kis településen Lókodon, a legújabb hőszigetelési technikát (Cross-Linked Polyethylene (PEX) csőrendszer és körülötte magas hőszigetelésű tulajdonsággal rendelkező Polyurethane habot, majd borítóként rugalmas Polyethylene külső csöveket) alkalmazva elérte a 94%-os energia hatékenységot [ERPEK IND Ltd., 2017], az eddigi alapanyag igényüket és teljesítményüket figyelembe véve, 1 MW tejesítmény egy fűtésszezonban közel 2000 m^3 fahulladék őrlemény szükséges. Figyelembe véve a székelyföldi potenciálokat elmondható, hogy a fahulladékok felhasználására összesen 255,88 MWt teljesítmény építhető be. Amennyiben a fenntartható erdőgazdálkodás paraméterei mellett a teljes tűzifa és fahulladék mennyiséget figyelembe vesszük, a régióba beépíthető és üzemeltethető biomassza teljesítmény meghaladja az 500 MW-ot.

Az osztrák Energia Ügynökség (AEA - Austrian Energy Agency) által kidolgozott „BioHeat Profitability Assessment" tervező program használata után és eredményeire alapozva, kijelenthető, hogy a helyi intézmények fűtési rendszerének korszerűsítése állami támogatások nélkül is legtöbb 8-10 éven belül megtérülnek. A székelyföldi megyék országos átlagon felüli (7-8%-os 2016-ban) munkanélküliséggel rendelkeznek. Jelen elemzés alapján elmondható, hogy a biomassza fűtőművek üzembe helyezésével, a helyi bioenergia értékláncok kiépülésével 830-3760 új munkahelyteremtés jöhet létre a közeljövőben. Az indirekt munkahelyteremtés régió szinten több ezerre tehető a következő két évtizedben. A nyersanyag begyűjtésénél főképp alacsonyan képzett, sérülékeny társadalmi rétegekből származóknak biztosítana munkaalkalmat. A termelés, szállítás és raktározás helyi biomassza értékesítő központokat hozhat létre számos, jól működő osztrák, német és svéd példa alapján (Biomass Trade Center). Emellett magas hozzáadott értékű

technológia meghonosodása és elterjedése várható a régióban: faapríték előállító berendezések, biomassza hőkazánok, kombinált hő-és villamos energia központok, helyi távhőszolgáltatások intézmények és magánépületek részére, intelligens mérési technológiák, digitális monitoring. A helyi energiagazdálkodás és tervezés meghonosodása egy tudatos helyi polgári magatartás kialakulásához vezet hosszútávon, amely környezet tudatosságot és éghajlat változás elleni aktív és cselekvőképes jövő generációt építhet.

Székelyföldön a ME-k hasznosításából a legnagyobb törekvés a tüzelhető biomassza hasznosításra irányul. 2009-ben Sepsiszentgyörgyön alapították a Green Energy Innovative Biomass Clustert, ami közel 50 céggel, befektetővel, 4 hazai egyetemmel, több NGO-val, számos nemzetközi kapcsolattal, 2016-ra országos oktatási-kutatási programot és üzlethálózatot épített ki. Számukra a cél a termelőiellátói-fogyasztói kör helyi kiépítése, így valósítható meg az úgynevezett 0 km-es vagyis helyi energia termelés –és energiaellátás. Kovászna megyében automatizált faőrleménnyel működtetett kazánokat fejlesztett ki két különböző cég. Egyikük háztartásokra méretezett rakétakazán Stirling motorral van összekapcsolva, ami egy háztartás hő és villamos energiaellátását tudja biztosítani. A második vállalkozás teljesen automatizált és okos telefonra telepíthető applikációval vezérelt hő-központokat fejlesztett ki 1 MW kapacitásig minden méretben. Utóbbi 2006-tól összesen 174 hőközpontot állított működésbe az országban és néhányat Magyarországon illetve Moldova Köztársaságban. Mindkét innováció saját szabadalommal rendelkezik. A régióban több tíz vállalat készít évente több ezer tonna pelletet és brikettet országos, de főként Nyugat Európai piacra. Intézményekben az utóbbi években sorra épültek a biomassza alapú fűtésrendszerek: Bodzafordulón 7 MW, Székelyudvarhelyen 10 MW, Szentegyházán 0,5 MW, Gyergyószentmiklóson 2 MW távfűtés működik szintén fahulladékok égetésével, a kiváltott energia legtöbb esetben földgáz volt. Ezek a retechnologizálások is elősegítik az üvegházhatású gázok kibocsájtásának csökkenését, így éghajlatvédelmi célokat szolgálnak.

Irodalomjegyzék

ADR [2006] Analiza potentialului valirificarii energiilor regenerablie in Regiunea Centru. in Poriect „Resurse regenerablike de energie- o solutie pentru dezvoltarea durabila a doua regiuni Europene“, Bucuresti, pp. 1-78,

BAI, A. –DURKÓA, E. –TAR, K. –TÓTH, J.B. –LÁZÁR, I. –KAPOCSKAB, L. –KIRCSIB, A. –BARTÓK, B. –VASS, R. –PÉNZES, J. –TÓTH, T [2016] Social and economic possibilities for the energy utilization of fitomass in the valley of the river Hernád. Elsevier Renewable Energy, Volume 85, Pages 777–789

BARTHA, S. [2017] A biomassza tüzelésű kazánok előállításáról. Sepsiszentgyörgy: http://greenenergycluster.ro/index.php?language=en&page=42, Letöltés dátuma: 2015-02-8.

BIROME, H. B. –PRINS, C. –PRODHON, C [2016] Models for optimization and performance evaluation of biomass supply chains: An Operations Research perspective. Elseviver Renewable Energy, Volume 87, Part 2, Pages 977–989

BROSOWSKI A. –THRÄNA D. –MANTAU U. –MAHRO B. –ERDMANN G. –ADLERA P. –STINNERA W. –REINHOLDE G. –HERINGE T. –BLANKE C. [2016] A review of biomass potential and current utilisation – Status quo for 93 biogenic wastes and residues in Germany, Biomass and Bioenergy, Volume 95, December 2016, Pages 257-272

CASSIE, M. [2015] Engineering Plant Biomass Lignin Content and Composition for Biofuels and Bioproducts. Energies Journal, Volume 8. pp. 7954-7676, ISSN: 1996-1073, doi:10.3390/en8087654

CLAUDIA, C. –TARANEH S. –MARIAN M. –DOMINIK R. [2015] Strategic optimization of forest residues to bioenergy and biofuel supply chain. International Journal of Energy Research, Published online 4 August 2014 in Wiley Online Library (wileyonlinelibrary.com). DOI: 10.1002/er.3233, pp. 39:439–452

CRISTIAN, B. [2010] Securitatea Energetică a României în context European. Editura Universității Naționale de Apărare ”Carol I.” București pp.1-33.

CURTINA, J. –MCINERNEYA, C. –Ó GALLACHÓIRB, B. [2017] Financial incentives to mobilise local citizens as investors in low-carbon technologies: A systematic literature review. Elsevier Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 75, Pages 534–547

DEMIRBAS M.F. –BALAT M. –BALAT H. [2009] Potential contribution of biomass to the sustainable energy development. Energy Conversion and Management, Volume 50(7), pp.1746–1760

DOMBI M.–KUTI I. –PÉTER B. [2014] Sustainability assessment of renewable power and heat generation technologies. Energy Policy, Volume 67, pp. 264-271.

ENERGYWORLD, Romania, [2016] Opportunities for cooperation in energy security and efficiency with Denmark, Romania & S.E. Europe. Energy Magazine, pp. 1-5.,

HANCHENG, D. –XUXUAN, X. –YANG, X. –JIAN, L. –TOSHIHIKO, M. [2016] Green growth: The economic impacts of large-scale renewable energy development in China. Elsevier Applied Energy, Volume 162, pp. 435–449

HAYTER, S.J. –KANDT, A. [2011] Renewable Energy Applications for Existing Buildings. Conference paper, Presented at the 48th AiCARR International Conference Baveno-Lago Maggiore, Italy September 22-23, 2011

HECTOR, F. –VILLATORO, F. –TAKAAKI, F. –TOSHIHIKO, N. [2016] Decentralised electricity generation system based on local renewable energy sources in the Honduran rural residential sector. Clean Technology Environment Policy, DOI 10.1007/s10098-015-1067-x

HOLM-NIELSEN, J. –EHIMEN, E. A. [2016] Biomass Supply Chains for Bioenergy and Biorefining. ISBN: 9781782423874.

IEA, [2014: Energy Supply Security: The Emergency Response of IEA Countries. 2014 Edition, pp. 606

IEA, Bioenergy. [2016] Potential contribution of bioenergy to the world's future energy demand. Bioenergy pp. 1-12., http://www. ieabioenergy.com/MediaItem.aspx?id=5586) Letöltés dátuma: 2016.03.11.

INDEX MUNDI, [2015] Romania Electricity Consumption. www.indexmundi.com/romania/electricity_consumption.html, Letöltés dátuma: 2016-03-1.

IWO [2015] Average annual price for heating fuel in Austria, 2015, https://gmi-energyexpert.wordpress.com/2015/01/12/how-much-do-biomass-fuel-prices-fluctuate/, Letöltés dátuma: 2017.03.1.

ICEMENERG [2014] Analiza principalelor resurse si posibilitati existente la nivelul regiunii centru pentru producerea pe termen scurt și mediu de energie. Bucuresti, pp. 1-71.

JOHNSON, E. [2009] Goodbye to carbon neutral: Getting biomass footprints right. Elsevier Environmental Impact Assessment Review, Volume 29, Issue 3, April 2009, Pages 165–168, pp. 165-168, doi:10.1016/j.eiar.2008.11.002

JUNG, W. L. [2013] The contribution of foreign direct investment to clean energy use, carbon emissions and economic growth. Energy Policy, Volume 55, pp. 483–489, doi:10.1016/j.enpol.2012.12.039

KALKBRENNERA, B. J. –JUTTA, R. [2016] Citizens' willingness to participate in local renewable energy projects: The role of community and trust in Germany. Energy Research & Social Science, Volume 13, March 2016, Pages 60–70.

KOLUMBÁN, G. [2003] A Székelyföld fejlődési esélyei a román területfejlesztési politika keretei közt. Vitainditó, pp. 1-31., www.magyarkisebbség.ro/pdf/2003_2-3_01.pdf, letöltve: 2017.03.23.

KOHLHEB N. [2010] A megújulo energiaforrasok foglalkoztatasi hatasanak meghatarozasa Magyarorszagon. ESSRG, Budapest.

KOÓS, T. –KÓKAI P. [2012] Távhőszolgáltatás kiterjesztésének és a földgázalapú hőtermelés biomassza tüzeléssel való kiváltási lehetőségeinek elemzése. Anyagmérnöki Tudományok, 37. kötet, 1. szám, pp. 229–236.

LEIF, G. [1997] Energy efficiency and competitiveness of biomass-based energy systems. Elsevier Energy, Volume 22. Issue 10, pp. 959-967

LEIF, G. –SYLVIA, H. –ORTIZ, C.A. –SATHRE, R. –NGUYEN L. T. [2015] Climate effects of bioenergy from forest residues in comparison to fossil energy. Elsevier Applied Energy, Volume 138, 15 January 2015, pp. 36–50

LIU, W. –WANG, C. [2013] Rural public acceptance of renewable energy deployment: The case of Shandong in China. Elsevier Applied Energy, Volume 102, Pages 1187–1196

MTSZ, Magyar Természetvédők Szövetsége, [2013] Együttműködés a fenntartható helyi közösségért, Módszertani segédlet és példatár EU projektek tervezéséhez. Magyarország-Szlovákia Határon Átnyúló Együttműködési Program 2007-2013, www.husk-cbc.eu, letöltve: 2016.02.23.

MUNTEAN I. [2011] Vulnerabilitatea economiei naționale la scumpirea gazelor naturale. Policy Brie, Institutul pentru Dezvoltare şi Inițiative Sociale (IDIS) „Viitorul", pp. 1-18.

MCKENDRY, P. [2002] Energy production from biomass: overview of biomass. Bioresource Technology, Volume 83, pp. 37-46

NAGY, I. [2011] Versenyképesség a székelyföldi megyékben, http://www.jakabffy.ro/magyarkisebbseg/pdf/11nagy.pdf, Letöltés dátuma: 2017.03.24

NAKOMCIC-SMARAGDAKIS B. –CEPIC Z. –DRAGUTINOVIC N. [2016] Analysis of solid biomass energy potential in Autonomous Province of Vojvodina, Renewable and Sustainable Energy Reviews 57 (2016) 186–191

ÖZCAN E. –ARENTSEN M. [2014] Nonconformity of policy ambitions with biomass potentials in regional bioenergy transition: a Dutch example.Energy Policy 2014 Vol.65 pp.212-222

PETRÁSS, I. [2015] Raport la studiu de evaluare a impactului asupra mediului, Instalati aferencte obtinerii energiei verzi. Bioelectrica Transilvania Srl, pp. 1-100, Reci

PERTTU, A. –LU, M. V. –PULKKINEN, P.–ASIKAINEN, P. –JIE, D. [2015] Availability, supply technology and costs of residual forest biomass for energy-A case study in northern China. Elsevier Biomass and Bioenergy, Volume 83, pp/ 224-232, doi:10.1016/j.biombioe.2015.09.012

POLZINA, F. –MIGENDTA, M. –TÄUBEC, A.F. –PASCHEN VON, F. [2015] Public policy influence on renewable energy investments—A panel data study across OECD countries. Elsevier Energy Policy, Volume 80, Pages 98–111

Renerg [2008] Analiza potentialului energiilor regenerabile in Regiunea Centru. Alba Julia, pp. 1-235,

http://documents.tips/documents/analiza-potentialului-energiilor-regenerabile-in-regiunea-centru-renergeu.html, letöltve: 2016.02.08.

ROGER, A. [2013] Comparative Life Cycle Assessments: Carbon Neutrality and Wood Biomass Energy. Recources for the Future, Discussion Paper, pp. 1-21.

RUDI, A. –MÜLLER, A.K. –FRÖHLING, M. [2017] Biomass Value Chain Design: A Case Study of the Upper Rhine Region. Springer Waste and Biomass Valorization, pp. 1-15, doi:10.1007/s12649-016-9820-

SEBESTYÉN, T. [2016] Erdészeti és ültetvényekről származó biomassza, hasznosítható potenciálok Románia Központi Fejlesztési Régiójában. in IV. Környezet - és Energia Konferencia, Konferencia Kötet, Debreceni Akadémiai Bizottság, 2016.03.11-12.

SEBESTYÉN, T. [2017] International Conference on Renewable Energy Sources - Research and Business, Woody Biomass Sources in Centre Development Region, 2017.06.22-24, Worcklaw, Poland

SOLYMOSI, R. [1987] Fahasználatunk helyzete, Fakitermelési lehetőségeink. Az Erdő, 122 évf. 4. Sz, Budapest

THRÄN D. –THILO S. –ZEDDIESC J.–OFFERMANNA R. [2010] Global biomass Potentials- resoruces, drivers, and scenario results. Energy for Sustainable Development, Volume 14, Issue 3, September 2010, Pages 200–205, pp. 1-13., doi: 10.1016/j.esd.2010.07.004

TURCU, I. [2013] Studiu privind evaluarea potentialului energetic actual al surselor regenerabile de energie in Romania (solar, vant, biomasa, microhidro, geotermie), Identificarea celor mai bune locatii pentru dezvoltarea investitiilor in producerea de energie electrica neconventionala. ICEMENERG SA. Pp. 1-59. Bucuresti

VAJDA, L. [2015] Clusterul Innovativ al Biomasei in Romania. Targu Mures, pp. 1-15

VARGA, K. –HOMONNIA, G. [2009] Munkahely teremtés zöld energiával, A megújuló energia-források munkahely teremtés hatásának nemzetközi tapasztalatai. Energia Klub, Budapest

WALDENSTRÖM, C. –FERGUSONB, R. –SUNDBERGC, C. –TIDÅKERD, P. –WESTHOLMA, E. –ÅKERSKOG, A. [2016] Bioenergy From Agriculture: Challenges for the Rural Development Program in Sweden. Society & Natural Resources, VOL. 01, NO. 66, 1–16

YENER, T. [2015] Waste generation and utilisation in micro-sized furniture-manufacturing enterprises in Turkey. Elsevier Waste Management, Volume 35, pp. 3-11. doi:10.1016/j.wasman.2014.09.028

ZAMFIR, A. –COLESCAB, S.E. –CORBOS, R.A. [2016] Public policies to support the development of renewable energy in Romania: A review. Elsevier Renewable and Sustainable Energy Reviews, Volume 58, May 2016, Pages 87–106

ZHEN-YU, Z. –JIAN, Z. –PAN-HAO, W. –HONG, Y. –ZILLANTE, G. [2015] Competitiveness assessment of the biomass power generation industry in China: A five forces model study. Elsevier, Renewable Energy, Volume 89, April 2016, Pages 144–153, doi:10.1016/j.renene.2015.12.035

ZIARUL FINANCIAR [2016] Anuar Energie, Sectiunea Energie, Editia V. București. pp. 1-78.

Statisztikai adattár

Institutul National de Statistica (INSa), 2014 Populația stabilă pe sexe și grupe de vârstă – județe, municipii, orașe, comune (xls). Institutul natțonal de Statistică, București

Institutul National de Statistica (INSb), 2016: Populatia rezidenta la 1 iulie pe grupe de varsta si varste, sexe, medii de rezidenta, macroregiuni, regiuni de dezvoltare si judete, Elérhető: http://statistici.insse.ro/shop/index.jsp?page=-tempo3&lang=ro&ind=POP106A, letöltve: 2016-02-1.

Institutul National de Statistica (INSc), 2015: Volumul de lemn recoltat pe specii, macroregiuni, regiuni de dezvoltare si judete, Elérhető: http://statistici.insse.ro/shop/index.jsp?page=tempo3&lang=ro&ind=AGR306A, letöltve: 2016-02-6.

Institutul National de Statistica (INSd), 2014: Volumul de lemn recoltat pe specii, macroregiuni, regiuni de dezvoltare si judete, Elérhető: http://statistici.insse.ro/shop/index.jsp?page=tempo3&lang=ro&ind=AGR306A , letöltve: 2016-02-5.

Institutul National de Statistica (INSe), 2013: Cifra de afaceri a unitatilor silvice, macroregiuni, regiuni de dezvoltare si judete, Elérhető http://statistici.insse.ro/shop/index.jsp?page=tempo3&lang=ro&ind=AGR307A, letöltve: 2016-03-2.

Institutul National de Statistica (INSf), 2016: Energia termica distribuita pe judete si localitati, Elérhető http://statistici.insse.ro/shop/index.jsp?page=tempo3&lang=ro&ind=GOS109A, letöltve: 2016-03-25

Institutul National de Statistica (INSg), 2016: Energia termica distribuita pe judete si localitati, Unitati publice de interes local, Elérhető http://statistici.insse.ro/shop/index.jsp?page=tempo3&lang=ro&ind=GOS109A, letöltve: 2016-03-25.

Intitutul National de Statistica (INSh) , 2016: Sporul natural al populatiei pe medii de rezidenta, macroregiuni, regiuni de dezvoltare si judete, Bucuresti, Elérhető: http://statistici.insse.ro/shop/index.jsp?page=tempo2&lang=ro&context=11, Letöltve: 2016-03-24

Institutul National de Statistica (INSi), 2014: Populatia ocupata civila pe activitati ale economiei nationale la nivel de sectiune CAEN Rev.2, sexe, macroregiuni, regiuni de dezvoltare si judete, Bucuresti Elérhető: http://statistici.insse.ro/shop/, letöltve: 2016-03-24.

Institutul National de Statistica (INSj), 2016: Populatia ocupata civila pe activitati ale economiei nationale la nivel de sectiune CAEN Rev.2, sexe, macroregiuni, regiuni de dezvoltare si judete, Bucuresti Elérhető: http://statistici.insse.ro/shop/, letöltve: 2016-03-24.

Institutul National de Statistica (INSk), 2016: Someri inregistrati la sfarsitul lunii, pe categorii de someri, sexe, macroregiuni, regiuni de dezvoltare si judete, http://statistici.insse.ro/shop/index.jsp?page=tempo3&lang=ro&ind=FOM103D, letöltve: 2016-04-11.

Szerző

Sebestyén Tihamér Tibor, Doktorjelölt
Tudományos fokozata: MSc
Beosztás: kutató, Green Energy Innovative Biomass Cluster, RO
Intézményi adatok: Babeş-Bolyai Tudományegyetem, Földrajz Kar, Magyar Földrajzi Intézet
Kolozsvár Földrajz Kar Clinicilor / Mikó utca 5–7. szám 400006, Kolozsvár
sebesten_tiha@yahoo.com