A SZILÁRD BIOMASSZA FENNTARTHATÓ ENERGETIKAI POTENCIÁLJA EGY BÜKKALJAI MINTATERÜLETEN[1]

HARMAT ÁDÁM[1] – MUNKÁCSY BÉLA[2] – SZABÓ MÁRIA[3] – CSÜLLÖG GÁBOR[4] – HORVÁTH GERGELY[5] – TAMÁS LÁSZLÓ[6] – BUDAI EDINA[7]

[1] PhD hallgató, harmatadam@caesar.elte.hu
[2] Adjunktus, munkacsy@elte.hu
[3] Egyetemi tanár, szmarcsi@ludens.elte.hu
[4] Adjunktus, g.csullog@caesar.elte.hu
[5] Főiskolai tanár, horvger@caesar.elte.hu
[6] PhD jelölt, tamaslaszlo@caesar.elte.hu
[7] Tudományos segédmunkatárs, edina.budai@gmail.com

THE SUSTAINABLE ENERGY POTENTIAL OF THE SOLID BIOMASS IN A STUDY AREA OF BÜKKALJA

Abstract

According to official statistics, around 70% of the renewable energy production is based on biomass sources in Hungary. However, most of it is produced by centralized power stations, but it would be more sustainable to create and use a decentralized system to accomodate the caracteristics of biomass, as an energy source. Another reason to shift from the centralized solutions is the low efficiency of the centralized separate heat and power (SHP) production. High energy efficiency can be reached only by decentralized combined heat and power (CHP) production or by district heating systems based on central heat production. This research focuses on the straw-based decentralized energy production possibilities in the territory of the Bükk-Leader Region. During the research a GIS database was created and a humus-balance calculation was used in order to determine the environmentally sustainable straw-based energy potential of the region.

Keywords: biomass potential, GIS, sustainability, humus balance

Bevezető

2015 szeptemberében Steve Holliday, a National Grid (gáz és villamos hálózat üzemeltető vállalat az Egyesült Királyság és Új-Anglia területén) vezérigazgatója kijelentette, hogy a nagy széntüzelésű és nukleáris erőművek kora lejárt[2]. Az alaperőművi áramtermelésben új, hatékonyabb és környezetkímélőbb megoldásokra van szükség. Mindeközben a kelet-, illetve kelet-közép-európai térség számos országában fontolgatják az atomerőművi kapacitás bővítését. Holliday határozott kijelentése jól rávilágít arra a hatalmas szakadékra, amely a kontinens keleti és nyugati országai között tátong az energiatervezés területén. Amíg térségünkben jellemző maradt a 20. századi megközelítés, amelyben a jövőben is nagy teljesítményű – és ezért törvényszerűen alacsony hatékonyságú – erőművekre támaszkodnának, addig a legtöbb nyugat- és észak-európai ország korszerű, innovatív irányzatot képviselve a megújuló energiaforrások kisléptékű alkalmazásába fektet.
Hazánk energetikai kiszolgáltatottsága és az energiaszektor környezetterhelése indokolttá tenné az irányváltást, de az ehhez szükséges megalapozó tanulmányok vagy csak igen szerény mértékben készültek el, vagy nem is állnak rendelkezésre megfelelő minőségben. Például az ország energiaterve hangsúlyosan számol a biomassza jövőbeli felhasználásával, ám a forrásul

[1] A kutatást az OTKA (K112477) és a Deutsches Bundesstiftung Umwelt támogatásával valósult meg. Szintén köszönettel tartozunk a Deutsches Biomasseforschungszentrum-nak a szakmai segítségnyűjtásért.
[2] „The idea of baseload power is already outdated. I think you should look at this the other way around. From a consumer's point of view, baseload is what I am producing myself. The solar on my rooftop, my heat pump – that's the baseload. Those are the electrons that are free at the margin. The point is: this is an industry that was based on meeting demand." (BECKMAN, K. 2015).

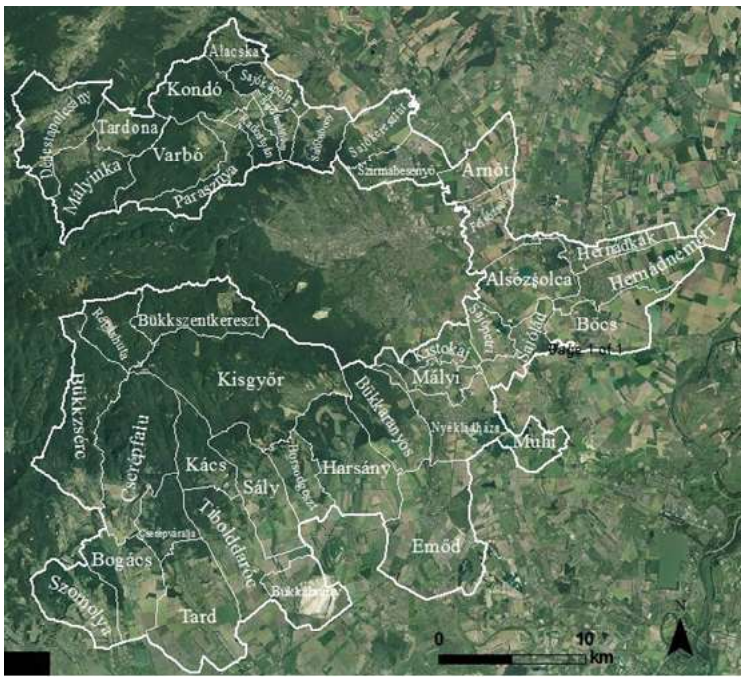
szolgáló számítások elsősorban az *elméleti potenciál* meghatározására irányulnak, amelyek nagyságrendileg meghaladhatják a *ténylegesen kiaknázható potenciált*, és amelyek figyelmen kívül hagyják a *fenntarthatósági szempontokat*. Az erősen alulfinanszírozott, koordinálatlan hazai kutatási gyakorlattal szemben áll a külföldi megközelítés, amelyben jelentős kutatási kapacitást képviselő, kifejezetten biomassza-energetikával foglalkozó kutatóintézetek dolgoznak a minél optimálisabb alkalmazások kifejlesztésén és gyakorlatba ültetésén.

Célkitűzés

Jelen kutatás célja a szalma biomassza esetében a fenntarthatósági szempontokat figyelembe vevő technikai potenciál meghatározása egy magyarországi mintaterületen. A szalma potenciál számításának alapja a Deutsches Biomasseforschungszentrum (DBFZ) által kidolgozott módszertan és Németországra végzett kutatás, amelynek hazai alkalmazásában nagy segítséget nyújtott a kutatóintézettel való szoros együttműködés. Célunk a potenciál minél nagyobb területi felbontású meghatározása volt. Mivel a termesztett növények termőterületére vonatkozóan 1 km^2-es cellanagyságú adatbázis állt rendelkezésre, ezért a potenciál meghatározásának ezen cellák voltak a tárgyai.

A mintaterület bemutatása

Fontos kiválasztási kritérium volt a munkaterület kiválasztása esetében, hogy a kutatási eredmények gyakorlati felhasználására iránti érdeklődés meglegyen, ezért olyan területet választottunk ki, ahol a megújuló energiaforrások felhasználása jelenleg is előrehaladott állapotban van. KRÁMOS D. (2014) öt megújuló alapú energiarégiót azonosított hazánkban, amelyek közül a *Bükk LEADER Térség* a leginkább előremutató, hiszen itt történt a legtöbb fejlesztés. A Bükk LEADER Térség egy vidékfejlesztési közösség Borsod-Abaúj-Zemplén megyében, a Bükk hegységet körülölelő térségben, területe 920 km^3, a lakosság száma mintegy 80 000 fő (*1. ábra*).



1. ábra: A mintaterület földrajzi elhelyezkedése

Szalmapotenciál

A szalma energetikai hasznosítása

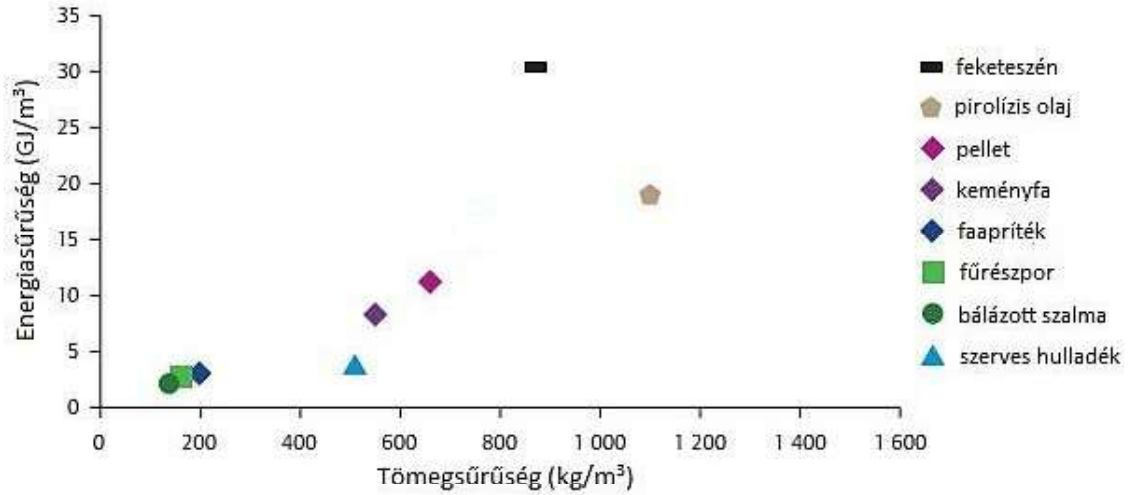
A szalma hasznosítási módja az utóbbi évtizedekben jelentős változásokon ment keresztül. A hagyományosnak tekinthető almozáson és takarmányon kívüli hasznosítása kibővült: ültetési anyagként, szubsztrátként a gyümölcs- és zöldségtermesztésben, illetve energiaelőállításra is hasznosítható. Ugyanakkor a mezőgazdaság intenzitásának növelésével, így a szalmáról a hígtrágyán alapuló tartásmódokra való áttérés miatt, az alomigény a gabonaszalma iránt jelentősen csökkent. Befolyásolta a folyamatokat a levegő védelméről szóló 306/2010. Kormányrendelet is, amely szerint a „lábon álló növényzet, tarló és növénytermesztéssel összefüggésben keletkezett hulladék nyílt téri égetése tilos." E jogszabály bevezetését követően az új gyakorlat szerint a gabonacséplés után a szalmát szecskázzák és szétterítik a szántóföldön. Ez azt jelenti, hogy a melléktermékek fő funkciója a növények termelésével együtt járó humuszveszteség pótlása lett. Ugyanakkor ennek kapcsán problémák is felmerülhetnek például a talajművelésnél és a barázdavetés-előkészítésénél, de a túl sok szerves anyag növelheti a talajfertőzést is, és nitrogén-immobilizációhoz vezethet. Az optimális földművelési állapot a termelés és a szerves anyagok pótlása közötti egyensúly (ZELLER, V. et al. 2013). Jelen kutatás keretében mintaterületön meghatároztuk a humuszegyensúly szempontjából nélkülözhető szalma mennyiségét, amely így fenntarthatóan kerülhet energetikai felhasználásra.

A szalma erőművi energetikai hasznosítása csak az utóbbi években kezdett intenzíven terjedni Európa-szerte. A technológia fejlesztésében Dánia jár élen, ahol már 1998-ban évi kb. 400 ezer t szalmát hasznosítottak az erőművekben (NIKOLAISEN, L. et al. 1998). Magyarországon elsősorban a helyben bányászott szén kimerülése, illetve az import fosszilis energiahordozók drágulása vezetett több korábbi széntüzelésű erőmű biomassza-, így szalmatüzelésre való átállítására. A Pécsi Erőmű mintegy 250 000 t[3], a Vértesi és a Mátrai Erőmű (utóbbi a kukoricaszárral, csutkával együtt) körülbelül 100 000 t[4,5] mennyiséget használ fel évente. Ha figyelembe vesszük, hogy (KOHLHEB N. et al. 2014) szerint a keletkező gabonaszalma mennyisége évente Magyarországon 4,5 millió t/év, az előbb felsorolt erőművekben *felhasznált mennyiség már számottevőnek mondható*. Sajnos a felhasználás meghatározó része az imént felsorolt három nagyerőműben koncentrálódik, ami az alacsony energetikai hatékonyság mellett számos *környezetvédelmi-fenntarthatósági kérdést* felvet:

- a szalma eltüzelésekor - habár kevesebb mennyiségben, mint a fosszilis tüzelőanyagok esetén - szén-dioxid, nitrogén-oxidok, illetve kén-dioxid kerül a levegőbe (NIKOLAISEN L. 1998), amely így főleg lokálisan jelent jelentős légszennyezést;
- túl nagy a beszállítási körzet, amely így nagyobb üzemanyag-felhasználást, út- és zajterhelést, valamint légszennyezést jelent;
- mivel nagy mennyiségre van szükség, ezért az erőmű közvetlen közelében nagyobb valószínűséggel hasznosítanak energetikai célokra olyan szalmát, ami már kívül esik a fenntartható potenciálon, így a termőföldeken a kieső tápanyagot műtrágyával kell pótolni (ami többlet erőforrás bevonását jelenti, így további problémák forrása);
- a nagy beszállítókörzet miatt a keletkező hamu visszajuttatása a szántóföldre szinténti többlet szén-dioxid-kibocsátással jár (ha erre a hatóság egyáltalán engedélyt ad).

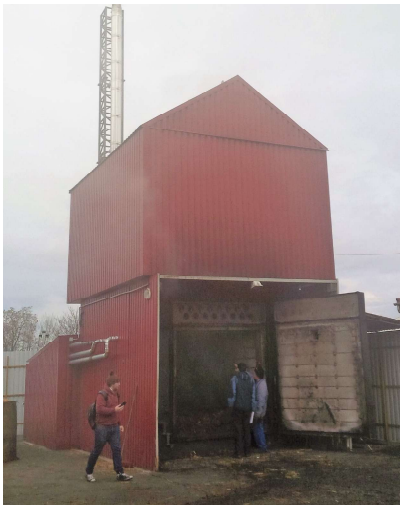
[3] http://www.pannonpower.hu/userfiles/szalmabr_kisfajl.pdf – 2016.10.16.
[4] http://www.mert.hu/a-matrai-eromu-zrt-velemenyezese-es-pontosito-javaslata-a-nemzeti-energiastrategia 2030-cimu-dokumentumhoz – 2016.10.16.
[5] http://www.vert.hu/altinf.aspx – 2016.10.16.

A fentiek tükrében nem véletlen, hogy a Tokaj térségében tervezett közel 50 MW kapacitású szalmatüzelésű erőmű kapcsán olyan erős társadalmi tiltakozás bontakozott ki, ami miatt végül a létesítmény nem épült meg.



2. ábra: Egyes energiahordozók energiasűrűsége és tömegsűrűsége – Forrás: IEA 2012

A szalma *energiasűrűsége alacsony*: a feketeszénhez viszonyítva 12-szer, a keményfához viszonyítva pedig 8-szor kisebb (*2. ábra*). Ezért a szalma nagy távolságra gazdaságosan nem szállítható, így a helyben való, kis léptékű felhasználást kell ösztönözni, amire már vannak jó példák a mintaterületen. A bőcsi közszolgálati intézmények nagy részének hőellátását például szalmatüzelésű kazánok látják el. Az általános iskolában egy 600 kW-os (*3. ábra*), a többi intézményben (óvoda, látványközpont, közösségi ház, polgármesteri hivatal) pedig 80 kW-os kazánok üzemelnek.



3. ábra: A bőcsi általános iskolát ellátó szalmatüzelésű kazánház – Fotó: Harmat Á.

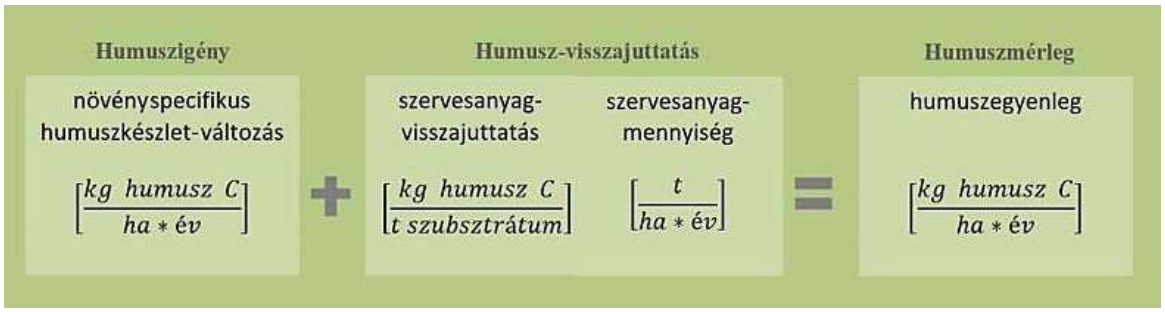
Módszertan

A szántóföldek laboratóriumi, közvetlenül meghatározott humusztartalmát nehéz értékelni, mivel hiányoznak a szükséges határértékek, a humusztartalom időben és térben jelentősen

változik, és hosszú időbe telik, míg biztosan kimutatók annak változásai. Az említett nehézségeket küszöböli ki a *humuszegyenleg-számítás*, amelynek célja a mezőgazdasági talajok humusz-háztartásának megbecsülése. Segítségével számszerűsíteni lehet a már meglévő vagy tervezett földművelési rendszerek humuszpótlását. A talajok szerves szén- és nitrogéntartalmának szintjéről végzett sokévi vetésforgó- és trágyázási kísérletek összehasonlításai megfelelőek a humuszmérleg számításának módszeréhez, így meghatározhatóak az egyes növények humusz-visszajuttatási paraméterei. Ezen vizsgálatok alapján a növényfajokat *humuszfogyasztó* (pl. pillangósvirágúak, takarmányfű) vagy *humuszgyarapító* (pl. cukorrépa, silókukorica) kategóriákba sorolhatjuk. Az alapján, hogy milyen mértékben növelik, illetve csökkentik a humusztartalmat, *koefficiensek rendelhetők az egyes növényekhez*. A keletkező melléktermékekhez (pl.: szalma, répalevél) és a szerves trágyákhoz (pl.: szilárd trágya, szarvasmarha trágya, szennyvíziszap) szintén visszajuttatási koefficiensek rendelhetőek. A növényfajták speciális koefficienseit a rájuk jellemző talajtakarási és talajművelési mód és időtartam, illetve a tarló- és gyökérmaradványokból visszamaradó szalmahozam mennyisége és minősége határozza meg. A szerves trágyák koefficienseit pedig forrásuk (pl.: állatfaj), érési fokozatuk és szárazanyagtartalmuk alapján különböztetjük meg (*4. ábra*). A kutatásban a VDLUFA (Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten) által meghatározott koefficienseket használtuk (VDLUFA 2014), mivel ezen koefficiensek vannak a legjobban dokumentálva, a jelen kutatás alapját jelentő tanulmány (WEISER, C. et al. 2014) is ezt használja elsődlegesen. A választás további indokaként megemlíthető, hogy más koefficiens adatértékelések olyan plusz statisztikai adatokat igényelnek, amelyek nem elérhetőek.

4. ábra: A humuszegyenleget befolyásoló szerves anyagok csoportosítása

Ezen növényfajok területi kiterjedése és vonatkozott együtthatója adja meg összességében az a humuszigényt egy adott területen, a felmerülő melléktermékek és az alkalmazott szerves trágyák pedig a tényleges humusz-visszajuttatás mértékét. A két érték egy vetésforgóra összesített szembeállításának eredménye a *humuszegyenleg*:



5. ábra: A humuszegyenleg számítási módszertana. – Forrás: ZELLER, V. et al. 2013

A humuszmérleg-számítás egyik előnye, hogy a szűk körű adatkövetelmény miatt egyszerűen és költséghatékonyan alkalmazható. Azonban lineáris megközelítése miatt elméletileg végtelenül csökkenthető, illetve növelhető a talaj összhumuszkészlete. A valóságban azonban létezik egy felső és egy alsó egyensúlyi állapot, így új változói egyensúly áll be az ökoszisztémákban történt zavar, illetve a szántóföldön történt talajművelés-váltás után.

Az eredményül kapott humuszegyenleg a fenntartható szalmapotenciál meghatározásának alapja.

A számítás menete, felhasznált adatbázisok

A fenntartható szalmapotenciál meghatározása a számítás menetének megfelelően lépcsőzetesen történt: először az elméleti, majd a technikai potenciált számítottuk ki, amelynek alapján, a fent leírtak szerint meghatároztuk a fenntartható szalma potenciált.

Elméleti potenciál

Az elméleti potenciál a *maximálisan kiaknázható mennyiséget jelenti*, amely figyelmen kívül hagyja, a technikai, fenntarthatósági, gazdasági korlátokat. A számítást a következő gabonafajtákra vonatkozóan végeztük el: *őszi búza, tavaszi búza, durumbúza, árpa, rozs, évelő rozs, tritikálé, zab*. A kukoricaszár a kései betakarítás miatt nagy nedvességtartalommal rendelkezik, ezért bálázni nem szokták, a napraforgószár pedig érésgyorsítás után könnyen pattan, így bálázására még nincs kiforrott technológia (POPP J. et al. 2011). Így e két növényfajta a potenciál meghatározásakor nem került figyelembe, csak a humuszegyenleg számításakor. Így – a négy vizsgált év átlagterületét figyelembe véve – a 27 400 ha mezőgazdasági területből az elméleti potenciál meghatározásába bevont terület nagysága 11 450 ha.

Az elméleti potenciál meghatározásához az alábbi képletet használtuk:

$$Szalmamennyiség = \sum (termésterület * terméshozam * szem\text{-}szalma\ arány)$$

A szükséges adatforrások, meghatározási módok a következők voltak:

- *Termésterület*: a Mezőgazdasági és Vidékfejlesztési Hivatal (MVH) a rendelkezésünkre bocsátotta a termesztett növények (ill. a rétek, legelők, ugaron lévő szántóterületek) területére vonatkozó adatokat, 1 km^2 cellanagyságú területi felbontásban a 2011–2014-évre vonatkozóan. Az adatbázis rendkívül részletes, 359 növényfajt tartalmaz, így ahol szükséges volt, ott összevonásokat végeztünk az egyes növénycsoportok szerint, a rendelkezésre álló terméshozam és a humusztartalomra vonatkozó koefficiens értékeinek figyelembe vételével. A mintaterület sajátos kiterjedése miatt annak kerülete igen nagy (348 km), így a határvonalat érintő cellákhoz tartozó termőterület aránya jelentős a kizárólag a mintaterületet érintő cellákhoz képest. Ezért a releváns cellákhoz tartozó termőterületeket térinformatikai szoftver segítségével arányosan csökkentettük aszerint, hogy az ortofotók alapján készített nagy felbontású felszínborítási adatbázis szántóterület kategóriájának mekkora része tartozik az adott cellán belül a mintaterülethez.
- *Terméshozam*: terméshozam adatok csak Borsod-Abaúj-Zemplén megyére vonatkozóan álltak rendelkezésre. Ezért a reálisabb szalmamennyiség meghatározása érdekében a

megyei adatokat az MTA TAKI Agrotopográfiai adatbázis talajértékszám rétege szerint, térinformatikai szoftver segítségével differenciáltuk.

- *Szem-szalma arány*: (ANTAL J. 2000; FOGARASSY CS. 2001; ANTAL J. et al. 2005) alapján rendeltük az egyes növényekhez egy minimális és maximális szem-szalma arányt.

Technikai potenciál

A technikai potenciál *a strukturális korlátok között reálisan kiaknázható mennyiséget* jelenti, vagyis az elméleti potenciál és a technikailag nem betakarítható, illetve az erőforrás másfajta felhasználási területéről jelentkező igény különbsége, vagyis:

*Szalmamennyiség = elméleti potenciál*betakarítható szalma – alomigény*

A szükséges adatforrások, meghatározási módok a következők voltak:

- *A betakarítható szalma aránya*: a szántóföldi betakarítás alkalmával a vágószerkezet, illetve a cséplőgép technikai korlátjai miatt a szár egy része nem gyűjthető össze és nem bálázható be (ZELLER, V. et al. 2013). A be nem takarítható szár arányára vonatkozóan több forrás áll rendelkezésre, kutatásunkban WEISER, C. (2014) által alkalmazott, mérsékelt 0,33-as arányt használtuk a potenciál túlbecsülésének elkerülése érdekében. Természetesen az ilyen módon a tarlón maradt származadvány a későbbiekben hozzáadódott a humuszegyenleg értékéhez.
- *Alomigény*: az állattartásra vonatkozóan kizárólag a KSH 2010-es *Általános Mezőgazdasági Összeírás* településsoros adatai álltak rendelkezésre, melyek nagyság kategóriánként tartalmazzák az egyes állatfajállományokat. A tartásmódról nem állt rendelkezésre információ, amely pedig kulcsfontosságú tényező az alomigény meghatározásában. Ennek okán a legelő állatok esetében településszinten megvizsgáltuk, hogy az MVH adatbázisban szereplő legelőnagyság elegendő-e a településen lévő állatok tartására. Egy állategységhez 1,4 ha legelőt rendeltünk a 4/2004. (I. 13.) FVM rendelet legszigorúbb előírása szerint Ha nem volt elegendő, akkor az állatállományok nagyság kategóriánként kerültek átcsoportosításra a *csak benttartásos kategóriába* (kezdve a nagyobb állatkategóriáktól a kisebbek felé haladva, mivel valószínűbb, hogy egy több száz fős állatállomány van egy településen benttartással tenyésztve, mint a kis egyedszámúak), egészen addig, amíg a települési szinten lévő legelő nagysága nem egyezett meg a lecsökkentett állatállomány legelőigényével. Például Alsózsolca esetében a legelő 95 számosállatra elegendő, viszont a településen 203 számosállat van; így a 175 számosállat nagyságú szarvasmarhatállomány a kizárólag benttartásos kategóriába lett sorolva. A legelő állatok esetében (BEDŐ S. et al. 1995) alapján 170 nappal számoltunk, benttartásos üzemmódot. Az alomigény a szakirodalomban fellelhető adatok (KTBL 2010, SCHMIDT R.–GYURICZA CS. 2014) alapján kalkuláltuk. Azon állatfajok esetében, ahol többfajta forrás állt rendelkezésre, minden esetben a maximum értéket vettük figyelembe a potenciál túlbecsülésének elkerülése érdekében. Több település esetében az alomszükségletet nem tudta fedezni a településen keletkező szalmamennyiség (pl. Bükkszentkereszten és Répáshután állatállomány ugyan van, de mezőgazdasági terület nincs), így a többi településtől arányosan vontuk le az ezen településeken jelentkező alomigény fedezéséhez szükséges szalmát.

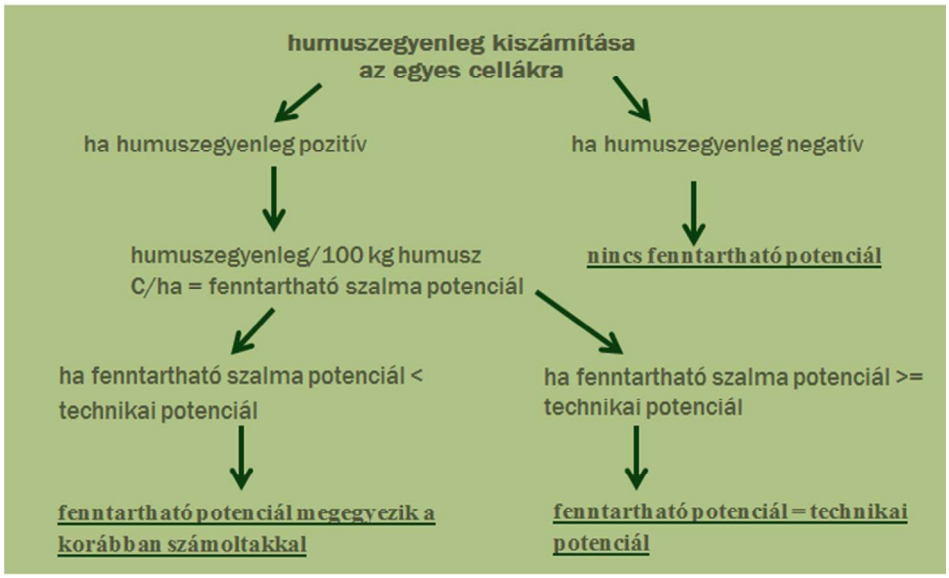
Fenntartható potenciál

A fenntartható potenciál *a technikai potenciálnak a környezetvédelmi/természetvédelmi fenntarthatóság szempontjait figyelembe vevő halmaza*. A fenntartható potenciált az egyes cellákra a Módszertan fejezetben bemutatott humuszegyenleg meghatározásával számítottuk ki. A termesztett növények – amelyek csak itt kerültek számításba, mivel az elméleti potenciál meghatározása szempontjából nem releváns növények – melléktermékeinek mennyiségi meghatározása (FOGARASSY CS. 2001), (ANTAL J. 2005), (ANTAL J. 2000) alapján történt. A keletkezett trágyára vonatkozóan pedig statisztikai adat nem állt rendelkezésre, így azt az állatállomány nagysága, és szakirodalmi adatok (HAJAS J.–RÁZSÓ I. 1955; EUROSTAT 2013) alapján határoztuk meg.

A Módszertan fejezeben felsorolt szerves anyagok koefficiensei állandók, alsó és felső egyenértékekkel rendelkeznek. Az alsó értékeket olyan talajoknál szükséges használni, ahol tájhoz igazított és az igényeknek megfelelő ásványi nitrogénműtrágyát használnak, valamint ahol hosszabb időn keresztül kiegyensúlyozott humuszmérleget értek el. A felső értékeket pedig olyan talajoknál szükséges alkalmazni, melyek humuszmérlege évek óta negatív. A humuszmérleg kiszámításánál a kölcsönös megfeleltetési rendszer iránymutatásai *szerint alsó értékekkel számoltunk*, csakúgy, mint (WEISER, C. 2014).

Az egyes takarmányfüvek, illetve pillangósnövények koefficiensei különböznek, mégpedig attól függően, hogy teljes évben a termőterületen voltak-e, vagy csak másodvetésben volt jelen a termőterületen. Ezen információt az MVH adatbázis nem tartalmazta. Ennek a hiányosságnak a kiküszöbölésére a következő számítást alkalmaztuk, és végeztük el: ha egy cella esetében a korábban említett ortofotó alapján lévő szántóterület és a pillangósnövények/takarmányfüvek vetésterületével csökkentett, az MVH adatbázisban szereplő szántóterület különbsége nagyobb volt, mint a pillangósok területe, akkor az összes pillangós növény évelő növényként került számításba. Ha ez az érték kisebb volt, akkor pedig a két adatbázisban szereplő szántóterület különbsége, mint évelő növénykultúra, a maradék terület pedig mint másodvetés került számításba. A szalma visszajuttatási potenciál tartománya 80 és 110 kg humusz C/t szalma alsó és felső értékkel rendelkezik, amely így szubjektív értelmezéseknek hagy teret. Ezért a (WEISER, C. 2014) forrásnak megfelelően, 100 kg humusz C/t szalma szalma-visszajuttatási potenciállal számítják ki.

A potenciál számítása ennek megfelelően a következőképpen történt:



6. ábra: Az alkalmazott fenntartható potenciál-számítás folyamatábrája

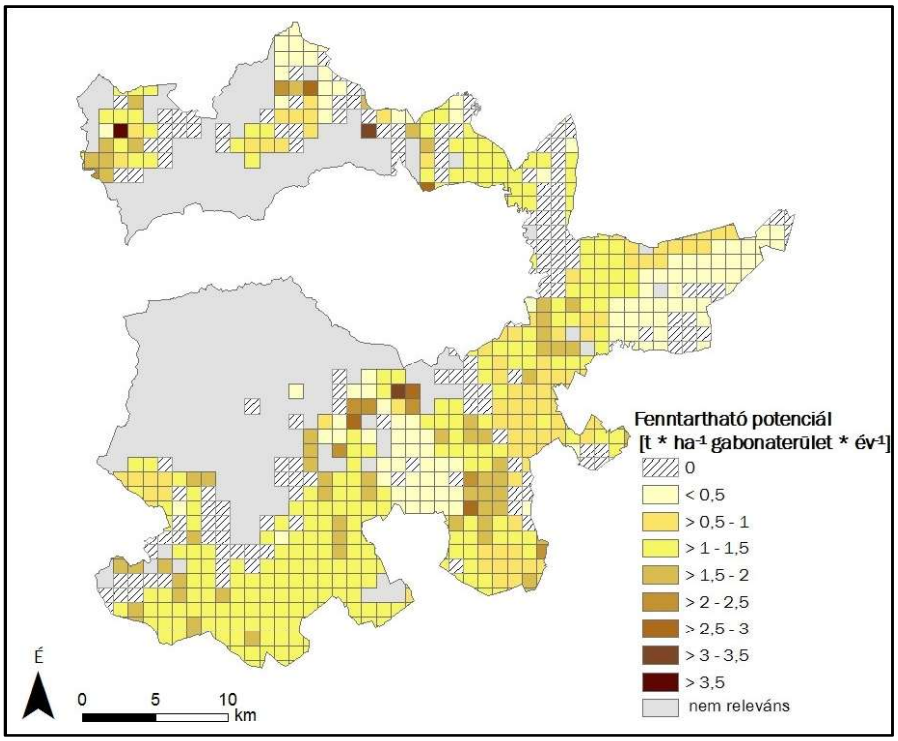
Eredmények

Számításunk eredményét a mintaterületre vonatkozóan az *1. táblázat* foglalja össze:

1. táblázat: A szalmapotenciálra vonatkozó számításaink eredménye

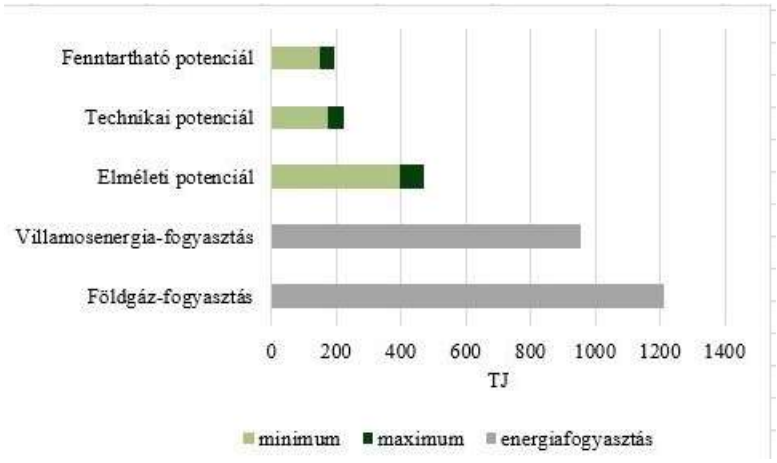
Potenciál (t)	Minimum	Maximum
Elméleti	27 543	32 827
Technikai	12 123	15 610
Fenntartható	10 557	13 616

Az elméleti potenciál minimuma ~27 500 t, maximuma ~32 800 t. A technikai potenciál ennek csak 44%, illetve 47%-a. Így látható, hogy a 33%-os, aratáskor történő potenciál-csökkenés mellett az alomigény is igen jelentős, 11%, illetve 12%. A fenntartható potenciált vizsgálva ilyen jellegű csökkenés már nem tapasztalható, az a technikai potenciál 87%-a. A 11 500 ha gabonaterületből 1 500 ha olyan terület van, ahol elméleti potenciál kimutatható, fenntartható azonban nem. A területi megoszlást tekintve nagy különbségeket figyelhetünk meg. Elsősorban a hegylábi területeken és a Sajó-völgy felsőzsolcai szakaszának környékén nem mutatható ki környezetileg fenntartható potenciál (*7. ábra*). Összesen pedig 1500 ha olyan terület van (120 cella), ahol az elméleti potenciál 0-nál nagyobb, fenntartható potenciál viszont nem állapítható meg. A gabonaterületek mintegy negyede (3170 ha) 1 t/ha alatti, háromnegyedük pedig (8650 ha) 1,5 t/ha alatti potenciállal rendelkezik. Mindössze néhány olyan terület van, amely ennél nagyobb potenciállal rendelkezik: Dédestapolcsány-Mályinka, Kisgyőr, Emőd, illetve Alsózsolca-Sajólád-Sajópetri környéke.



7. ábra: A fenntartható szalmapotenciál területi megoszlása – Készítette: Harmat Á.

A szalmamennyiség energiatartalmának meghatározásakor 14,3 MJ/kg fűtőértékkel számoltunk (ZELLER, V. et al. 2013). Ennek alapján az elméleti potenciál 400-475 TJ, a technikai potenciál 175-225 TJ, míg a fenntartható potenciál 150-200 PJ. Utóbbi mennyiség a földgázfogyasztásnak mindössze 12-16%-a, míg a villamosenergia-fogyasztásnak 16-20%-a, a két érték összegének pedig csak a 7-9%-a (*8. ábra*).



8. ábra: A szalma energetikai potenciáljainak és az energiafogyasztás mennyiségi különbségei

Következtetések

Annak ellenére, hogy a mintaterület felszínének közel egyharmadát a mezőgazdasági területek adják, láthatjuk, hogy a földgáz-és villamosenergia fogyasztásnak még a tizedét sem képes fedezni a szalma környezetileg fenntartható energetikai potenciálja - és még nem vettük számításba a területen jelentős lignit és tűzifa-fogyasztást, valamint a szalma energetikai felhasználásának módjától függő energiaveszteséget.

Természetesen a területen más fajta megújuló energiaforrás is rendelkezésre áll - elég csak a kiterjedt erdőterületekre gondolni - de könnyen belátható, hogy egy fajta megújuló energiaforrás nem képes fedezni a térség energiafelhasználását. Ennek ellenére a megújuló energiaforrásra való átállás szükségessége egyre sürgetőbb feladat. Ezt azonban sikeresen csak úgy érhetjük el, ha rendszerben gondolkodó multidiszciplináris energiatervezést hajtunk végre, amelynek kulcselemei a megújuló energiaforrások komplex rendszerbe való integrálásán kívül az energiatárolás és a fogyasztói oldal bevonása.

Irodalomjegyzék

ANTAL J. 2000: Növénytermesztők zsebkönyve. – Mezőgazda Kiadó, Budapest. 392 p.

ANTAL J. – BERZYENYI Z. – BIRKÁS M. – BOCZ E. – CSÍK L. – DÉR S. – GYŐRY Z. – GYURICZA C. – IZSÁKI Z. – JOLÁNKAI M. – KÉSMÁRKI I. – KISMÁNYOKI T. – LÁZÁR L. – PEPÓ P. – TÓTH Z. – CSAJBÓK J. – IZSÁKI Z. – JOLÁNKAI M. – KAJDI F. – KISMÁNYOKY T. – KISS J. – KRUPPA J. – NAGY J. – SÁRVÁRI M. – SIMITS K. – SIMONNÉ KISS I. – SZABÓ M. – SZÖLLŐSI G. – SZŐCS Z. 2005: Növénytermesztéstan 1. – Mezőgazda Kiadó, Budapest. –

http://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/2011_0001_521_Novenytermesztestan1/index.html – 2016.08.30.

BECKMAN, K. 2015: Steve Holliday CEO National Grid: baseload is outdated. – http://www.energypost.eu/interview-steve-holliday-ceo-national-grid-idea-large-power-stations-baseload-power-outdated/ – 2016.08.09.

BEDŐ S. – BODA I. – BODÓ I. – BUCSY L. – DOHY J. – HECKER W. – HOLLÓ I. – IVÁNCSICS J. – LENGYEL A. – LOVAS L. – MIHÓK S. – MUCSI I. – NAGY S. – STEFLER J. – VERESS L. – ZOMBORSZKY Z. – HORN P. 1995: Állattenyésztés 1. Szarvasmarha, juh, ló. – Mezőgazda Kiadó, Budapest. 602 p.

EUROSTAT 2013: Economy-wide Material Flow Accounts (EW-MFA) – Eurostat. http://ec.europa.eu/eurostat/documents/1798247/6191533/2013-EW-MFA-Guide-10Sep2013.pdf/54087dfb-1fb0-40f2-b1e4-64ed22ae3f4

FOGARASSY CS. 2001: Energianövények a szántóföldön – Szent István Egyetem, Gödöllő. – http://real.mtak.hu/29291/1/Fogarassy_Csaba_Energianovenyek_a_Szantofoldon_u.pdf

GYURICZA CS. 2014: Segédleg a közfoglalkoztatási programokohoz kapcsolódó állattartáshoz és állatitermék-feldolgozáshoz – Szent István Egyetem Mezőgazdaság- és Környezettudományi Tanszék. – http://kozfoglalkoztatas.kormany.hu/download/b/d3/e0000/Juh%20%C3%A9s%20kecsketart%C3%A1s.pdf

HAJAS J. – RÁZSÓ I. 1955: Mezőgazdaság számokban – Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 752 p.

IEA (INTERNATIONAL ENERGY AGENCY) 2012: Technology Roadmap – Bioenergy for Heat and Power – International Energy Agency. – https://www.iea.org/publications/freepublications/publication/2012_Bioenergy_Roadmap_2nd_Edition_WEB.pdf – 2016.07.12.

KOHLHEB N. – MUNKÁCSY B. – CSANAKY L. – MELEG D. 2014: A megújuló energiaforrások potenciáljai és hasznosításuk Magyarországon. – Kovász 19 1–4. pp. 19-50.

KRÁMOS D. 2014: Megújuló energia hasznosítása és hatása a vidéki közösségek fejlesztésében – OTDK dolgozat, kézirat.

KTBL (Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft) 2010: KTBL-Datensammlung: Betriebsplanung Landwirtschaft 2010/11; Daten für die Betriebsplanung in der Landwirtschaft – 22. kiadás ISBN:978-3-941583-38-2.

NIKOLAISEN, L. – DANMARK, ENERGISTYRELSEN – VIDENCENTRET FOR HALM- OG FLISFYRING. 1998: Straw for energy production: technology, environment, economy – Centre for Biomass Technology, Koppenhága.

POPP J. – ALICZKI K. – GARAY R. – KOZAK A. – NYÁRS L. – RADÓCZNÉ KOCSIS T. – POTORI N. 2011: A biomassza energetikai célú termelése Magyarországon – Agrárgazdasági Kutató Intézet, Budapest.

SCHMIDT, R. 2003: A szervesanyag-gazdálkodás jelentősége a mezőgazdaságban – előadás, Mosonmagyaróvár. http://www.uis.hu/download/A%20szervesanyag-gazdalkodas%20jelentosege%20a%20mezogazdasagban.pdf – 2016.07.23.

VDLUFA (Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten) 2014: Standpunkt - Humusbilanzierung. Eine Methode zur Analyse und Bewertung der Humusversorgung von Ackerland – VDLUFA. – http://www.vdlufa.de/joomla/Dokumente/Standpunkte/11-Humusbilanzierung.pdf

WEISER, C. – ZELLER, V. – REINICKE, F. – WAGNER, B. – MAJER, S. – VETTER, A. – THRAEN, D. 2014: Integrated assessment of sustainable cereal straw potential and different straw-based energy applications in Germany – Applied Energy, 114. pp. 749–762.

ZELLER, V. – THRÄN, D. – ZEYMER, M. – BÜRZLE, B. – ADLER, P. – PONITKA, J. – POSTEL, J. – MÜLLER – LANGER, F. – RÖNSCH, S. – GRÖNGRÖFT, A. 2012: DBFZ Report Nr. 13 – Basisinformationen für eine nachhaltige Nutzung von landwirtschaftlichen Reststoffen zur Bioenergiebereitstellung – Deutsches Biomassefoschungszentrum. – http://webdoc.sub.gwdg.de/ebook/serien/yo/DBFZ/13.pdf – 2016.08.12.