

Tóth Tamásné¹ - Barczi Attila² - Nagy Valéria³

Szalma-trilemma – avagy a szalmahasznosítás fontosabb kérdései

Straw-trilemma – or the most important issues of straw utilization

toth.juditemi@gmail.com; barczi.attila@mkk.szie.hu; valinagy78@mk.u-szeged.hu

¹Szent István Egyetem – Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, PhD hallgató

²Szent István Egyetem – Mezőgazdaság- és Környezettudományi Kar, egyetemi docens

³Szegedi Tudományegyetem – Mérnöki Kar, főiskolai docens

1 BEVEZETÉS

Magyarországon az évente keletkező biomassza mennyiség alig több, mint felét hasznosítja az ember élelmiszer előállításra, takarmányozásra vagy ipari célra. A fennmaradó biomassza mennyiség optimális felhasználásának meghatározása csak gazdasági és környezetgazdálkodási kérdések megválaszolásával érhető el (Bai et al. 2002).

A növénytermesztésben a főtermények mellett jelentős mennyiségben termelődik biomassza, mint melléktermék, amely kiaknázható erőforrást képez (Pintér 2012). A legnagyobb mennyiségben termelődő mezőgazdasági melléktermék a szalma (Bai et al. 2002; Weiser et al. 2014), aminek három fő hasznosítási területe van: szántóföldi felhasználás, az állattartásban való hasznosítás, illetve az energetikai célú felhasználás. A szántóföldeken többek közt talajtakarásra, talajba való visszaforgatásra, gombatermesztésre vagy akár kertészeti mulcsozásra is használható, az állattartásban leginkább almozási és takarmányozási célra szokás használni, illetve a biomassza erőművek a szalma eltüzelésével tudnak elektromos- és/vagy hőenergiát termelni. E három lehetőséget az ún. „szalma-trilemma” rendeli össze, amely az ökológiai szempontokat is figyelembe vevő, racionalizált felhasználáson alapul (1. ábra).



1. ábra Szalma-trilemma

Magyarországon a megújuló energiahordozókra való átállási folyamat következményeként egyre több szalmára tart igényt az energiaszektor. Hajdú (2017) véleménye szerint a gazdálkodó, aki nemcsak a gabonát, hanem a szalmát is értékesíti, másfélszeresére növelheti a bevételét. Azonban felmerül a kérdés, hogy az energiaipari felvevőpiac mellett a többi felhasználási területnek marad-e elegendő mennyiség. A rendelkezésre álló szalma energetikai célú felhasználása mellett annak talajra gyakorolt hatása is fontos szempont, ilyen módon a fenntarthatóságot szalma hasznosításánál a teljes felhasználási lánc mentén kell vizsgálni, különös tekintettel az erőforrás- és energiapotenciálokra (Weiser et al. 2014).

Jelen kutatásindító közleményben a kalászos gabonaszalma hasznosítását vizsgáltuk. A fellelhető adatok alapján meghatároztuk, hogy mennyi gabonaszalma termelődik évente az országban, illetve, hogy mekkora az állattartásban hasznosuló szalma mennyisége. Továbbá azokra a kérdésekre kerestük a választ, hogy milyen hatással van a talajra a szalmahagyás, illetve az energetikai célú felhasználás milyen kritériumokat támaszt a

szalmával szemben, valamint milyen gazdasági és/vagy környezetre gyakorolt hatásokkal számolhatunk a szalma erőművi hasznosítása során.

2 SZALMA TERMELÉS

A Központi Statisztikai Hivatal adatai alapján az elmúlt években a kalászos gabonaszalma-termelés az 1. táblázat szerint alakult. A főbb szalmát adó gabonafélék termelésének megoszlása a 2. táblázatban foglaltuk össze a 2013 és 2017 közötti időszakra vonatkozóan.

1. táblázat KSH kalászos gabonaszalma-termelés adatai 2013-2016 között.

Év	Szalmahozam [millió tonna]
2013	1,240
2014	1,214
2015	1,159
2016	1,182

2. táblázat: Főbb szalmát adó gabonafélék (búza, árpa, rozs, zab tritikálé) termelése 2013-2017 között (KSH adatok 2018)

Év	Búza [millió tonna]	Árpa [millió tonna]	Rosz [millió tonna]	Zab [millió tonna]	Tritikálé [millió tonna]	Összes [millió tonna]
2013	5,058	1,062	0,108	0,132	0,487	6,847
2014	5,262	1,275	0,096	0,136	0,567	7,336
2015	5,331	1,409	0,104	0,129	0,452	7,425
2016	5,603	1,594	0,084	0,104	0,429	7,814
2017	5,246	1,416	0,087	0,095	0,374	7,218

Irodalmi adatok alapján az országban évente 4,5-7,5 millió tonna szalma keletkezik (Bai et al. 2002; Kacz, Neményi 1998). A termelődött szalma mennyiségét meghatározható a szemtermések mennyiségéhez viszonyított arányával, amely 80% körüli (Bellus 2013). 2017-ben termelt 7,218 millió tonna gabona mennyiség mellett hozzávetőleg 5,7 millió tonna szalma keletkezett a főbb terményekből. (3. táblázat). Birkás (2017) adatai szerint átlagosan 3-5 t/ha szalma keletkezik évente, csapadékosabb években volt olyan terület, ahol elérte a 10 t/ha mennyiséget is (Árendás, Vida és Veisz 2013).

3. táblázat. Főbb gabonafélék (búza, árpa, rozs, zab tritikálé) termése összesen (KSH adatok 2018) és a szalmahozam a gabonatermésből számolva 2013-2017 között.

Év	Összes gabona mennyiség [millió tonna]	Számított szalmahozam (gabona 80%-a) [millió tonna]
2013	6,847	5,477
2014	7,336	5,868
2015	7,425	5,940
2016	7,814	6,251
2017	7,218	5,774

A Központi Statisztikai Hivatal adatai szerint az elmúlt években átlagosan 1,2 millió tonna szalma keletkezett az országban, ami jóval kevesebb, mint ami a megtermelt gabona mennyiségéből kiszámítható. Az éves gabonatermések tükrében az elmúlt években a szalma megtermelt mennyisége 5-6 millió tonnára tehető (3. táblázat), amely összhangban van a szakirodalmi források által 4,5-7,5 millió tonna között meghatározott mennyiséggel.

A szalma mennyiség meghatározása mellett a betakarítás módja is jelentőséggel bír. A gazdálkodó háromféle eljárás közül választhat: a kisbálás, a hengeres nagybálás, illetve a szögletes nagybálás technológia. Magyarországon a legelterjedtebben használt gépek a hengeres nagybálázógépek (Szendrei, Grasselli és Szűcs 2016; Hajdú 2017). A hengeres bálák előnye, hogy a formájukból adódóan a beázásra kevésbé érzékenyek, mivel a palástjukon a legtömörebb a szalma. Viszont a szögletes bálákkal jobban kitölthetők a szállító járművek és tárolóhelyek. Az energetikai és ipari felhasználásra a szögletes nagy bálákat használják (darabonként 350-500 kg). Az ipari felhasználók, mint például a Hungrana, a Szalmacell, illetve a biomassza erőművek is ezt a típusú bálaméretet preferálják (Hajdú 2017). Azonban egyes biomassza erőművek már bármilyen geometriájú szalmabálát képesek fogadni és feldolgozni. A 4. táblázatban összefoglaltuk a szalma tüzeléstechnikai szempontból lényeges paramétereit.

4. táblázat. Szalma tüzeléstechnikai szempontból meghatározó összetétele (Lőrincz 1978, Ábrahám 1980, Tóth, Bulla és Nagy 2011)

Szervesanyag tartalom [%]	Hamu [%]	Illó [%]	P ₂ O ₅ [%]	K ₂ O [%]	Nedvesség-tartalom [%] (betakarításkor)	Nedvesség-tartalom [%] (tárolás után)	Fűtőérték [MJ/kg]
80-85	4,5-5,28	74-84	0,2-0,3	0,6-1,2	10-20	13-15	15,3-16,2

3 A SZALMA FELHASZNÁLÁSI TERÜLETEI

3.1 Szalmafelhasználás az állattartásban

Takarmányozási és almozási célra 3-3,5 millió tonna szalma kerül betakarításra (Kacz, Neményi 1998; Bai et al. 2002). KSH adatok (2018) alapján elmondható, hogy bár a szarvasmarha-állomány az elmúlt 4 évben mintegy 10%-os növekedést mutat (5. táblázat), a gabonatermesztés növekedése ezt meghaladó mértékű volt, tehát összességében a rendelkezésre álló szalma mennyisége nem csökkent. Az állattartásban a szarvasmarhák mellett a juh- és ló tartás használ jelentős mennyiségű szalmát. Az elmúlt években juh-, illetve lóállomány minimálisan csökkent (KSH adatok 2018), így a szalmafelhasználás ezeken a területeken nem növekedett. Ezek alapján megállapítható, hogy az állattartás szalma igénye az elmúlt években nem növekedett, így nem befolyásolja a szalma egyéb felhasználási területeinek szalma ellátását.

5. táblázat. Szarvasmarha-állomány alakulása 2014-2017 között. (KSH adatok 2018)

Év	Összesen [ezer db]	Változás előző évhez viszonyítva [ezer db]	Változás előző évhez viszonyítva [%]
2014	788,7	25,5	3,3
2015	818,4	29,8	3,8
2016	842,0	23,6	2,9
2017	864,0	22,0	2,6

3.2 Szalma a talajerő-gazdálkodásban

A talaj legfontosabb szervesanyag-utánpótlási forrásai a tarlómaradványok, mint például a szalma, ilyen módon a szalma hasznosítására a következő lehetőség a közvetlen szántóföldi hasznosítás. Egy adott területen a jövőben természetű növények tápanyag-igényének kielégítésre szükség lehet a szántóföldekről esetleg eltávolított melléktermékekben megtalálható szervesanyagra. A termőföldeken a szervesanyag mennyiségének fenntartása előfeltétele a magas és a stabil terméshozamoknak (Weiser et al. 2014). A talajtermékenység nem állandó tulajdonság, ezért a megőrzéséhez szükséges olyan eljárásokat alkalmazni, amelyek hozzájárulnak a talajok tápanyagtartalmának fenntartásához, illetve serkentik a talajéletet is (Márton 2018). A szalma termőföldekbe való visszajuttatása növeli a talaj víztartó képességét, kedvezően hat a tápanyagok felvehetőségére, tápanyagforrást és tápanyagtartalmát biztosít (Birkás 2008). A szervesanyag tartalom növelése mellett a szalmatrágyázásnak talajvédelmi funkciója is van azáltal, hogy csökkenti a gyomosodást, az eróziót és a deflációt, valamint segíti a talajnedvesség megtartását és kiegyensúlyozza a talajhőmérsékletet, ezen felül a talajszerkezetre is jó hatással van (Göblyös et al. 2011). Szoros összefüggés van a szalmahagyás, valamint a talajszerkezet javulása és a biológiai aktivitás fokozódása között (Barczy, Harrach és Nagy 2014). A talaj megnövekedett nedvesség- és szervesanyag-tartalma kedvező életfeltételeket biztosít a földgilisztáknak (*Lumbricus terrestris*) is, amelyek a talaj termékenységének indikátorai. A giliszták mezőgazdasági jelentősége régóta ismert, járatrendszerükkel levegőztetik, lazítják a talajt, megkönnyítik a levegő, illetve a víz eljutását a gyökerekhez, valamint javítják a talajok vízmegtartó képességét (Birkás 2017, Csizmazia et al. 2016). A szalmatakarás alkalmazása által elérhető talajminőség javulás közvetlenül pozitívan hat a terméshozam növekedésére, illetve a haszonnövények megbetegedéseinek kártételeit is jelentősen csökkenti (Pusztai 2010). Árendás, Vida és Veisz (2013) durum búzán végzett vizsgálataikkal megállapították, hogy 1 tonna szalma átlagosan 7 kg nitrogént tartalmaz. 5 tonnával számolva hektáronként, 100 kg 34%-os ammónium-nitrát műtrágyának megfelelő nitrogén-hatóanyag tartalommal egyezik meg. A kálium-tartalom is megfelelő körülmények között meghaladta a 13 kg/t-t, ami 5 t/ha szalmával számolva közel 110 kg 60%-os kálisó műtrágyának megfelelő mennyiséggel egyezik meg. Ha a szalmát eltávolítjuk a termőföldről, akkor ennyivel több tápanyagot kell visszapotolnunk a talajba, csak ezzel a két tápanyaggal számolva. A szalma tápanyagtartalmát (6. táblázat) érdemes figyelembe venni a talajba való visszaforgatás során, mivel ennyivel kevesebb tápanyagot kell visszapotolnunk termőföldbe. Hosszú távon a talajok állapotának megőrzése érdekében a szántóföldön keletkezett szervesanyagokat helyben kellene hasznosítani, a talaj tápanyag tartalmának visszapotlása érdekében is. Pintér (2012) véleménye szerint a szalma tápanyag hatóanyagértéke meghaladhatja az értékesítésből származó árbevételt, ezért egy gazdaság teljes szalmamennyiségének energetikai célú hasznosítása hosszabb távon nem kifizetődő.

6. táblázat. Gabonaszalma összetétele száraz anyagra vonatkoztatva (Ábrahám 1980, Tóth, Bulla és Nagy 2011)

Szerves-anyag tartalom [%]	Hamu [%]	Illó [%]	C [%]	H [%]	N [%]	O [%]	S [%]	Cl [%]	Si [%]	Al [%]	Ca [%]	K [%]	Mg [%]	Na [%]	P [%]
80-85	4,5-5,28	74-84	45-50	5,9	0,7	43	0,12-0,15	0,4	0,8	0,005	0,4	1	0,07	0,05	0,08

Összefoglalva a fentieket, az agronómiai módszereket a talaj jó állapotának megőrzése szem előtt tartásával kell megvalósítani (Monteleone et al. 2015). A szalmahagyás vázolt talajvédelmi előnyei (fizikai és kémiai tulajdonságok víz- és tápanyaggazdálkodás, termőképesség növelése, erózió csökkentése, talaj biológiai aktivitás növelése stb.) egyértelművé teszi, hogy a megtermelt szalmát, illetve annak egy részét célszerű a termőföldön hagyni.

3.3 Szalma energetikai célú hasznosítása

Az energiaellátás biztonsága a társadalom jóllétének és gazdasági fejlődésének előfeltétele. Az energiaelőállítás kapcsolatos tevékenységek azonban jelentős környezeti hatásokkal járnak, elengedhetetlen egy olyan energiarendszer létrehozása, amely lefedi a gazdaság igényeit és környezetvédelmi szempontból fenntartható (HTTP2).

A mezőgazdaságból származó szerves melléktermékek és hulladékok energetikai célú felhasználása környezetbarát és társadalmilag elfogadható megoldásnak számít (Weiser et al. 2014). Mivel mezőgazdasági melléktermékek – mint azt a második fejezetben részletesen tárgyaltuk – jelentős mennyiségben állnak rendelkezésre, ilyen módon indokolt lehet, hogy a jövőbeni energiatermelés egyre nagyobb mértékben a biomasszából származó maradványok és hulladékok közvetlen elégetéséből származzon (James et al. 2012).

Az energetikai célra felhasznált mezőgazdasági melléktermékek legnagyobb részét a gabonafélék szalmája teszi ki. A gabonafélék szalmája az egyik legnagyobb energiahordozó forrás a mezőgazdaságban. Az évente megtermelt szalma azon részét, amelyre nincs szükség az állattartásban vagy a talajerő-visszapótlásban, maradék nélkül fel lehetne használni energiatermelésre. Magyarországon az elmúlt időszakban ez évente 1,5-2 millió tonna szalma mennyiséget jelentett (Kacz, Neményi 1998).

Hazánkban a gabonatermesztés 1,5-1,7 millió hektárnyi területet foglal el (KSH adat 2017). Ha 3 t/ha számolunk akkor évente 3,9-4,5 millió tonna szalma keletkezik. A pécsi Pannonpower biomassza tüzelésű erőmű szalma igénye évi 200-240 ezer tonna, ami az éves szalmatermelés mindössze néhány százaléka. Egyes kutatások eredményei szerint az ország bármelyik részén kialakítható lokális erőmű, melynek biztonságos és gazdaságos ellátása biztosítható búza-, illetve repceszalmával (Pintér 2012, HTTP1). Összehasonlítva más országokkal, például Dániában évente mintegy 6 millió tonna szalma keletkezik, amelyből több mint egymillió tonnát használnak fel biomassza erőművek (HTTP2). Már Magyarországon is tapasztalható előrelépés ezen a területen, mivel a már meglévő távhőszolgáltatás egyre több településen részben biomassza eltüzelésével valósul meg (Bohoczky 2005).

Természetesen a szalma erőművi felhasználása megoldandó problémákat is indukál. A biomasszatüzelés melléktermékeként keletkező hamu elhelyezése, tárolása, ártalmatlanítása újabb megoldandó feladatot jelent (James 2012). Felmerült, hogy a hamu egyik lehetséges felhasználási módja a termőföldekre való kihelyezés lehetne, mivel a benne található tápanyagok kedvező hatással lennének a talajra. Azonban a hamu ilyen célú alkalmazása csak azzal a feltétellel lehetséges, hogyha nem veszélyezteti a talaj ökológiáját, a növények és az emberi egészséget (Bradna, Malat'ák és Hájek 2016). A szalmahamu azonban jelen formájában trágyaként való felhasználásra alkalmatlannak bizonyult, mivel kémiai vizsgálatok bizonyítják, hogy a magas klórtartalom, alkálifém tartalom és nehézfém tartalom valamint P és Ca alacsony oldhatósága miatt műtrágyaként való felhasználása a mezőgazdasági területeken nem lehetséges (James 2012; Szendrei, Grasselli és Szűcs 2016). Fenntartható módszereket kell tehát találni a hamu hasznosítására, mivel a jövőben számíthatunk a biomasszából történő energia-termelés növekedésével a keletkező hamu mennyiségének növekedésére is.

4 ÖSSZEFOGLALÁS

Hazánkban nagy mennyiségben (4,5-7,5 millió tonna) keletkezik szalma, mint mezőgazdasági melléktermék. A szalma felhasználásának három fő területe az állattartás, a talajerő-gazdálkodás és az energia célú hasznosítás. E három lehetőséget az ún. „szalma-trilemma” rendeli össze, amely az ökológiai szempontokat is figyelembe vevő, racionalizált szalma felhasználáson alapul. A kérdés az, hogy a rendelkezésünkre álló szalmát hol és hogyan hasznosítsuk, milyen mértékig részesítsük előnyben az energetikai célú hasznosítását a talajvédelmi hasznosítással szemben. Amennyiben a gazdálkodó a szalmát értékesíti, az azonnali bevételt jelenthet számára. Azonban az energetikai célú felhasználási lehetőség mellett szem előtt kell tartani a szalma talajminőségre gyakorolt kedvező hatásait is (Kismányoky 2012). A szalmatrágyázásnak számos előnye van, például csökkenti a talaj párolgását ezáltal is megtartja a talajnedvességet, csökkenti a gyomosodást, fékezi az eróziót és a deflációt, befolyásolja a tápanyag felvételét, fokozza a tápanyagok felvehetőségét, védi és javítja a talajszerkezetet, gazdagítja a talaj

mikrobiális életét (Merwin 1994; Nagy et al. 2008, Birkás 2017). A termőterületek degradációjának elkerülése céljából, valamint a megfelelő talajállapot megőrzésének biztosításához, szükséges a szalma bizonyos hányadát a talajba visszajuttatni (Bellus 2013). Az országban évi 4,5-7,5 millió tonna szalma keletkezik, melyből 1,5-2 millió tonna marad az állattartás és a talaj-visszapótlás szükségleteinek kielégítése után (Kacz, Neményi 1998; Bai et al. 2002). A pécsi biomassza erőmű évi szalma igénye 200-240 ezer tonna (HTTP1), így az országban keletkező szalmafelesleg 7-9 hasonló méretű, lokális erőműnek tudja biztosítani az igényeit. A szalma hasznosítása energiatermelés céljából hozzájárul a megújuló energiaforrásokra való áttérésre, azonban a szalma felhasználásánál mindenkor szem előtt kell tartani a fenntartható talajhasználatot. A fenntartható és alkalmazkodó mezőgazdaság hozzájárul a talaj ökológiai funkcióinak és az ökoszisztéma szerepének megőrzéséhez.

Láthatóan ezen a területen szükség van még további statisztikai adatgyűjtésre is, mivel nincsenek részletes, pontos adatok, melyekkel az optimális szalmafelhasználás módszertana meghatározható lenne. Jelenleg nincs kidolgozott szabályozás a szalma, mint erőforrás felhasználásra annak érdekében, hogy a termőföld minőségét megőrizzük, lehetőség szerint javítsuk, emiatt ez mindenképpen egy fontos és hasznos kutatási terület lehet.

LX. GEORGIKON NAPOK

60th Georgikon Scientific Conference

1. Ábrahám L. (1980): A szerves trágyák kezelése és felhasználása. Mezőgazdasági Könyvkiadó, Budapest 115. p.
2. Árendás T. – Vida Gy. – Veisz O. (2013): Mennyit terem, mit vihetünk? Martonvásár 25. 1. 16-17. p.
3. Barczy A. – Harrach T. – Nagy V. (2014): „A gazdálkodó legjobb munkatársa a földigiliszta” avagy a minimális talajbolygatás jótékony hatása a talajszerkezetre. *Economica (Szolnok)* VII. (2) 205-258. p.
4. Bai A. – Lakner Z. – Marosvölgyi B.– Nábrádi A. (2002): A biomassza felhasználása. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest, 227. p.
5. Bellus Z. (2013): Szalma és kukoricaszár energetikai célú betakarítása. *Mezőgazdasági Technika*, 2013. január, 24-26. p.
6. Birkás M. (2008): Kinek fontos, mi lesz a tajainkkal? *Agrofórum* 19. 9. 33-35. p.
7. Birkás M. (szerk.) (2017): Földművelés és földhasználat. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 482. p.
8. Bohoczky F. (2005): Megújuló energiaforrások, Magyar Atomfórum Egyesület, Budapest, 20. p.
9. Bradna, J. – Malat'ák, J. – Hájek, D. (2016): The properties of wheat straw combustion and use of fly ash as a soil amendment. *Agronomy Research* 14(4), 1257–1265,
10. Csizmazia K. – Kovács I. – Nagy A. – Hrács K. – Mátyás I. – Pauliczky N. (2016): A földigiliszták. *Elena Project Kiadó*, Budapest 39. p.
11. Göblyös J. – Zanathy G. – Donkó Á. – Varga T. (2011): Talajápolási módszerek összehasonlító vizsgálata a tokaji borvidéken. *Biokontroll II.* (4) 15-21. p.
12. Hajdú J. (2017): Aranytartalék. *Haszon Agrár* 11. 7-8. 26-29. p.
13. James, A. K. – Thring, R. W. – Helle, S. – Ghuman, H. S. (2012): Ash Management Review—Applications of Biomass Bottom Ash, *Energies* 2012, 5, 3856-3873; doi:10.3390/en5103856
14. Kacz K. – Neményi M. (1998) Megújuló energiaforrások, Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest, 160. p.
15. Kismányoky T. (2012): Szalmahasznosítás alternatív energia- és/vagy humuszforrás? *Agro Napló* 16. 2. 27. p.
16. KSH adatok: http://www.ksh.hu/docs/hun/xstadat/xstadat_eves/i_omn007a.html (utolsó elérés: 2018. 08. 31.)
17. Lőrincz J. (szerk.) (1978): Földműveléstan. Mezőgazdasági Könyvkiadó, Budapest, 330. p.
18. Márton L. (2018): A talajerő-gazdálkodás tudományos és gyakorlati főbb összefüggései. *Agro Napló* 2018/5. 58-60. p.
19. Monteleone, M. – Cammerino, A. R. B. – Garofalo P. – Delivand, M. K. (2015): Straw-to-soil or straw-to-energy? An optimal trade off in a long term sustainability perspective, *Applied Energy*, Volume 154, 15 Szeptember 2015, Pages 891-899. p.

20. Pintér G. (2012): Lágyszárú mezőgazdasági melléktermékek energetikai hasznosításának lehetőségei Magyarországon. MezőHír 05. 113-115. p.
21. Szendrei J. – Grasselli G. – Szűcs E. (2016): A szalma, mint mezőgazdasági melléktermék energiahasznosítása. Értékálló Aranykorona 16. 5-6. 25-26. p.
22. Tóth P. – Bulla M. – Nagy G. (2011): Energetika.
https://www.tankonyvtar.hu/hu/tartalom/tamop425/0021_Energetika/adatok.html
23. Weiser, C. – Zeller, V. – Reinicke, F. – Wagner, F. – Majer, S. – Vetter, A. – Thraen, F. (2014): Integrated assessment of sustainable cereal straw potential and different straw-based energy applications in Germany, Applied Energy 114:749-762, DOI: 10.1016/j.apenergy.2013.07.016.
24. HTTP1: Adja el a felesleges szalmáját a pécsi erőműnek! Agro Napló 2018.05.08. 62. p.
<https://www.agronaplo.hu/szakfolyoirat/2018/05/pr/adja-el-a-felesleges-szalmat-a-pecsi-eromunek>
(utolsó elérés: 2018. 07. 21.)
25. HTTP2: World Energy Council: World Energy Resources 2016, <https://www.worldenergy.org> (utolsó elérés: 2018. 08. 28.)