

# Közönséges nád (*Phragmites australis*) pelletálási technológiájának vizsgálata

## I. rész: Az alapanyag tulajdonságai

RICHTER Zoltán<sup>1</sup>, VITYI Andrea<sup>2</sup>, MAGOSS Endre<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Nyugat-magyarországi Egyetem Simonyi Károly Kar, Gépészeti és Mechatronikai Intézet

<sup>2</sup> Nyugat-magyarországi Egyetem Erdőmérnöki Kar, Erdészeti-Műszaki és Környezettechnikai Intézet

### Kivonat

A megújuló energiaforrások kiaknázásának ígéretes új területe a közönséges nád biomasszájának hasznosítása, melynek egy lehetséges megvalósítási módja a pelletált nád tüzelése, arra alkalmas berendezésekben. A kutatás, melyet ez a cikk és folytatásai dokumentálnak, az elméleti eredményekre támaszkodva a gyakorlati megvalósítást is vizsgálja. Az általunk vizsgált közönséges nád minták tüzeléstechnikai tulajdonságai (fűtőérték, hamutartalom, hamu olvadáspont) az agripelletekkel összehasonlítható eredményt adott.

A közönséges nád pelletálásánál alkalmazott aprítási technológia alkalmazása esetén, a mezőgazdasági szár anyagokhoz hasonlóan, a fa alapanyaghoz képest a nagyobb mérettartomány felé tolódott el. A felhasználási lehetőségek behatárolása után a kísérleti gyártás során kívánjuk elemezni a közönséges nád légszállítási és üzemi pelletálhatósági lehetőségeit.

**Kulcsszavak:** közönséges nád (*Phragmites australis*), pelletálás, méreteloszlás, fűtőérték

## Investigation of common reed's pelletizing technology

### Part 1: Properties of the raw material

#### Abstract

A promising new field of renewable energy sources is the utilization of common reed's biomass, and a possible way of this is to pelletize and burn it in suitable furnaces or stoves. The research documented by this and subsequent publications analyze the production process, based on the results of the research.

The results from testing the combustion properties (calorific value, ash content, ash melting point) of common reed samples are comparable with the properties of agripellets. By using the conventional grinding technology the common reed – similarly to agricultural stalk materials – moved towards the larger size range as compared to the woody raw material.

After the delimitation of uses we intend to analyze the possibilities of air transportation and utility pellet production of common reed in pilot production.

**Keywords:** common reed (*Phragmites australis*), pelletizing, particle size distribution, calorific value

### Bevezetés

Napjaink egyik legnagyobb kihívása, hogy hogyan tudjuk megújuló energiaforrásainkat hatékonyan, természetkárosítás nélkül kiaknázni. A nyugat-dunántúli régió bővelkedik a közönséges nád élőhelyeiben. A szűkebb Fertő–Hansági kistérségben évente több tízezer tonna nádmennyiség learatása lenne természetvédelmi szempontból kívánatos (Kask Ü., Kask L., Link S. 2013), ennek jelenleg csak töredéke kerül betakarításra és hasznosításra. Az így rendelkezésre álló olcsó alapanyag energetikai hasznosításának egyik lehetősége egy gazdaságos pelletálási technológia kidolgozása (Burján E. 2009).

Mivel a nád energetikai hasznosítása ma még nem elterjedt, fontos megismerni a tüzeléstechnikai tulajdonságait (nedvességtartalom, fűtőérték, térfogatsűrűség, hamutartalom és hamu olvadáspont), valamint vizsgálni a tüzelőberendezésre gyakorolt hatását (Németh G., Konrád K. 2013). Ez utóbbit alapvetően a nedvességtartalom, a hamutartalom, a hamu olvadáspontja és a tüzelőanyag kémiai összetétele határozza meg. Ugyanakkor nem hagyható figyelmen kívül az sem, hogy a tüzelőanyag tulajdonságait a termőhelyi viszonyok és a betakarítás ideje is jelentősen befolyásolja. A tüzelőanyag tulajdonságainak ismerete a felhasználási lehetőségek és korlátok beazonosítása mellett az energiatermelés teljes technológiai rendszerének optimális kialakításához és működtetéséhez, továbbá a környezetvédelmi vonatkozások vizsgálatához is elengedhetetlen.

A betakarított nád tárolása és feldolgozása alapvetően befolyásolja a pelletálhatóságot. Ezért az ide tartozó részfolyamatok (tárolás, feldolgozás előtti mozgatás, előkészítés – előaprítás/szárítás/utóaprítás, pelletálás, utókezelés) mindegyikének szükséges megtalálni az optimális kivitelezési módját. A térfogatsűrűség meghatározó tulajdonság a tüzelőanyag betáplálás, szállítás, tárolás szempontjából. A nád térfogatsűrűsége – és egyúttal energiasűrűsége is – alacsony, kb.  $0,13 \text{ MWh/m}^3$  (Komulainen M., Simi P., Hagelberg E., Ikonen I., Lyytinen S. 2008). Ez egyben a szállítási és tárolási igény növekedését is jelenti, ezért nagyobb távolságokra történő szállítás esetén a térfogatsűrűséget növelni kell bálázással vagy pelletálással.

Ez a cikk egy sorozat bevezető része, amely a közönséges nád pelletálásra történő előkészítésével foglalkozik. A második rész a kísérleti gyártás tapasztalatait foglalja majd össze. A harmadik, záró részben a közönséges nádból gyártott pellet tulajdonságait fogjuk összehasonlítani ugyanazon a gyártósoron gyártott, más alapanyagból készült pelletek tulajdonságaival.

### A közönséges nád termőhelye és előfeldolgozása

A közönséges nád (továbbiakban: nád) tömegesen az álló vagy lassan folyó vizekben (legfeljebb 2 m vízmélységig, azaz a parti részeken), illetve mocsarakban, nedves réteken fordul elő. Ideális körülmények mellett – mint pl. a Fertő-tó, vagy a Kis-Balaton – nagy, összefüggő területeket boríthat. Ezek a helyeken a nád szakszerű hasznosítása már gazdasági és környezetvédelmi tényezővé válik, egyrészt a hasznosítható alapanyagpotenciál, másrészt a megfelelő mértékű hasznosítás elmaradása esetén felgyorsuló eutrofizáció miatt (Kask Ü., Kask L., Link S. 2013).

A nád betakarításához az élőhely fent ismertetett jellemzői miatt többnyire nem használhatók a hagyományos mezőgazdasági gépek. Ma Magyarországon a legelterjedtebb betakarítási mód a Seiga gyártmányú speciális nádaratógépre épülő technológia. Itt a hidraulikus hajtású gumikerekes önjáró nádaratógép rakfelületén álló munkások kötik kérébe a gép által levágott nádat. Ez a módszer leginkább jégen vagy szilárdabb talajon hatékony, iszapban vagy vízben haladva a gép kerekei komoly kárt tehetnek a nád rizómáiban, ami nádpusztuláshoz vezethet. Megfelelő vízmélység esetén alkalmazható úszó aratógép is. Maga az aratás általában a levelek lehullása után, novemberben–decemberben kezdődik, és egészen tavaszig tarthat. Gazdasági szempontból legértékesebb az egyéves nád, a „klasszikus” nádtermékekhez (tetőfedő nád, nádpalló, nádszövet) csak ez felel meg, azonban biomasszaként történő hasznosítás esetén learatható a gazdasági okokból korábban be nem takarított többéves nád is.

A kérébe kötött nádat a parton kúpokba rakva tárolják, amely elősegíti az önszáradást, illetve megakadályozza a későbbi újranedvesedést. Energetikai célú hasznosítás esetén szóba jöhet a bálázás is, mivel így kisebb lehet a fajlagos rakodási és szállítási költség. E módszer azonban nem segíti az önszáradást és a száraz állapot megőrzését, ami viszont veszteséget jelent a felhasználáskor. A két tárolási mód jellemzőinek, előnyeinek és hátrányainak részletes vizsgálata a kutatás későbbi részét fogja képezni.

A szálal anyagok – köztük a nád – aprítása a további felhasználás függvényében egy vagy több lépésben történhet. Amennyiben a cél beszántás vagy almózás, elegendő egy lépésben aprítani rögtön a betakarításkor az aratógéphez csatlakozó szecs-kázó adapterrel vagy később a bálában – nádnál kérében – tárolt anyag esetén egy bálabontó aprítóval (ez lehet késes vagy rosta nélküli kalapácsos). Ennek eredménye egy zömében 5–15 cm közötti hosszúságú szálakat tartalmazó halmaz. Brikett vagy pellet gyártásához ennél lényegesen kisebb átlagos méretű és homogénebb frakció-eloszlású anyag szükséges (Sitkei Gy. 1981), bár bizonyos típusú brikettprések képesek közvetlenül feldolgozni a hosszabb szálakat is. Ennek eléréséhez az előaprított anyagot második lépésként rostával ellátott kalapácsos darálóban tovább kell aprítani. Az első gyakorlati tapasztalatok szerint a takarmány- és fapelletüzemekben általános kalapácsos darálók megfelelő kalapácskészlettel (élek száma, anyag-

vastagság, keménység – ezek hatással vannak az aprítás minőségére is, de döntően inkább a kalapácsok élettartamára) és rostamérettel alkalmasak a feladatra.

Az utóaprításhoz ideális rostaméret meghatározása annak a függvénye, hogy a préselés szempontjából milyen frakcióeloszlás az optimális.

Léteznek olyan megoldások, melyek a nád és más szál as anyagok finomaprítását egy lépésben próbálják megoldani (kombinált késes-kalapácsos aprító, illetve kalapácsos bálabontó rostával és elszívással kiegészítve), de még tisztázásra szorul, hogy a pelletálás által támasztott további követelményeknek is meg tudnak-e felelni ezek a rendszerek. Amennyiben igen, az több előnnyel járna. Az egyik, hogy csökken a beépítendő gépek száma és összes teljesítményigénye. A másik előny akkor jelentkezik, ha a nád nedvessége magasabb, mint ami a pelletáláshoz ideális és emiatt szárításra van szükség. Erre a kétlépcsős aprítás esetén az előaprítás után kerül sor, mivel a nedves anyag hatékony finomaprítása szinte lehetetlen. Azonban az előaprított anyag hosszabb szálú frakciója dugulásokat okozhat a levegős továbbítású szárítóknak (jelenleg a pelletüzemek nagyobb részében ilyen használnak). Megoldást jelenthet más rendszerű szárító alkalmazása vagy az említett egylépcsős aprítás, mivel itt a szárítóba már a finomra darált anyag kerül.

### Anyagok és módszerek

Első lépésként a nád tüzeléstechnikai jellemzőinek – fűtőérték, hamutartalom, hamu-olvadáspont – meghatározása történt meg, amiből egyértelműen kiderült, hogy van létjogosultsága a további vizsgálatoknak. Második lépésként a száraz nád aprításának analízise, illetve az apríték részecskéinek méreteloszlás-meghatározása történt meg. Ez kétféle szempontból is jelentőséggel bír: egyrészt az aprítás utáni méreteloszlás befolyásolja a tömöríthetőséget (Kocsis Z., Varga M. 2013) – kész pellet tömörsége, állékonytsága, a tömörítés energiaszükséglete, alkalmazandó présmatrica és görgők kialakítása. Másrészt az egyes gépek közötti levegővel történő anyagszállítás paramétereinek meghatározásához is szükségesek ezek az adatok (Reisz L., Magoss, E. 2013).

A laborvizsgálatokhoz és a kísérleti gyártáshoz az alapanyagot a Fertő-tavi Nádgazdaság Zrt. biztosította az alábbi formában:

- 3 tonna száraz, 8–10% nedvességtartalmú, kalapácsos darálón finomaprított nád az előzetes pelletálási próbákhoz.
- 15 tonna aprítás nélküli bálázott nád (0,6 x 1,2 x 2,5 m-es bálák) betakarítás utáni nedvességtartalommal (10–25% között változó).

A kapott alapanyag a GSD Agrárprodukt Kft. zsirai pelletüzemében került feldolgozásra (a 3 tonna finomaprított nád teljes egészében, a 15 tonna bálázottból csak 7 tonna), a következő gépekkel:

- RotoGrind bálabontó-aprító
- MGF-OB dobszáritó, sajátanyag-tüzelésre átalakítva
- Friedli Sigma kalapácsos daráló 120 db lépcsős élű kalapáccsal, 90 kW elektromos teljesítménnyel, többféle rostamérettel
- 2 db Salmatec Maxima ECO 450 típusú 1 tonna/óra kapacitású pelletprés, keményfákhoz gyártott henger-matricával, 6 mm-es furattal.

Kiegészítő berendezések:

- gépek közötti transzportelemek (szállítószalag, elevátor, transzportventilátor)
- puffertartályok
- nedvességmérő/vízadagoló rendszer
- kész pellet hűtését, rostálását, csomagolását végző berendezések

### A nád fűtőértékének, hamutartalmának és hamu-olvadáspontjának meghatározása

A kutatás létjogosultságát eldöntő alapvető vizsgálatok részben Sopronban, a Nyugat-magyarországi Egyetemen (fűtőérték), részben Gödöllőn, a VM Mezőgazdasági Gépesítési Intézetében (hamutartalom- és olvadáspont) kerültek elvégzésre. A vizsgálatokhoz a Fertő-tavi Nádgazdaság Zrt. által biztosított 8–10% nedvességtartalmú finomaprított nádból végeztünk próbapelletálást 1 tonna mennyiségben, a gyártás folyamán több mintavétel történt egyenlő időközönként (összesen ötször 1 kg minta), majd az így kapott minták keveréke szolgált a vizsgálatok alapjául, melyek elvégzése az alábbi módokon és eszközökkel történt:

- fűtőérték: IKA C 2000 típusú bombakaloriméterben az MSZ 18000/5-71 szabvány alapján
- hamutartalom: MSZ EN 14775:2010 szabvány szerinti méréssel
- hamu-olvadáspont: CEN/TS 15370-1:2006 szabvány szerinti méréssel

### Az apríték részecskeeloszlásának vizsgálata

A nád méreteloszlásának vizsgálatához referenciaként légszáraz tölgyfa aprítékot alkalmaztunk. A fa porforgács tömörfa-parkettát gyártó üzem gépeinek (rönkhasító szalagfűrészgép, többfejes gyalugépek) melléktermékeként keletkezett, mely gépek részletes adatainak nyilvánosságra hozatalához az üzem nem járult hozzá.

A Friedli Sigma típusú 90 kW-os kalapácsos darálón, 5 mm-es rostamérettel finomaprított nád, és utánaprított faforgács/fűrészpor részecskeeloszlásának vizsgálata szitaanalízissel történt. A minták térfogattömegének meghatározásához és a szitaanalízishez az alábbi hitelesített mérőeszközöket alkalmaztuk:

Térfogattömeg meghatározása:

- 5,02 dm<sup>3</sup>-es mérőhenger
- KERN PCB 3500-2 típusú digitális precíziós mérleg

Frakcionálás:

- CISA BA 200 N típusú elektromágneses szitarázó készülék (beállítások: rázási idő 10 perc, amplitúdó 1,5 mm)
- 0,63 – 0,2 – 0,5 – 0,8 – 1,0 – 2,5 mm-es szitasorozat

Frakciók mérése:

- KERN PCB 3500-2 típusú digitális precíziós mérleg

A vizsgálatokat 6-6 mintán hajtottuk végre, a vizsgált nádapríték össztömege 643 g, a tölgy fűrészpor tömege 958 g volt. Az egyes frakciókat a későbbi vizsgálatok céljára félretettük feliratozott, zárható műanyagtasakokban.

### Eredmények és értékelésük

*A nád tüzeléstechnikai tulajdonságai*

A ledarált alapanyagminta vizsgálata alapján a nád, illetve az abból készült pellet égési tulajdonságai semmivel sem rosszabbak, sőt több szempontból jobbak is, mint más agripelletekéi. A vizsgált minták fűtőértékei közül a legalacsonyabb érték 18,61 MJ/kg, a legmagasabb 18,73 MJ/kg volt, ez a fapellellet egyenértékű. A hamutartalom átlaga 3,80% (ez az agripelletek között közepes értéknek számít), a hamu olvadáspontja 1000 °C feletti (ez az agripelletek között nagyon jó érték, de szükséges a pontosabb meghatározása is, ami később fog megtörténni). Tehát a korábbi szakirodalmi adatok (Kask Ü., Kask L., Link S. 2013) és (Kask Ü. 2011), valamint saját méréseink szerint is a közönséges nádból készült pellet megfelelő lehet az agripelletek tüzelésére alkalmas kazánokban való égetésre, amit reményeink szerint a kísérleti gyártás után elvégzendő gyakorlati égetési próbák igazolni is fognak.

*A nádapríték méreteloszlása*

A korábban említett Friedli kalapácsos darálóval utánaprított (azaz pelletálásra előkészített) nád és az azonos gépen utánaprított fűrészpor méreteloszlását az 1. és 2. táblázat, illetve az 1. ábra mutatja be.

#### 1. táblázat Fertői nádapríték méreteloszlása

**Table 1** Size distribution of milled reed grown at the lake Fertő

Frakció	1. mérés	2. mérés	3. mérés	4. mérés	5. mérés	6. mérés	Össztömeg	Tömegarány (%)
2,5 mm felett	0,59	0,66	0,82	0,70	0,93	0,98	4,68	0,73
1,0–2,5 mm	67,00	60,67	65,33	71,23	77,40	86,25	427,88	66,51
0,8–1,0 mm	3,69	3,44	3,62	3,59	4,18	3,51	22,03	3,42
0,5–0,8 mm	13,03	11,60	12,20	13,41	14,13	16,76	81,13	12,61
0,2–0,5 mm	12,57	10,94	11,41	12,70	13,09	13,83	74,54	11,59
0,063–0,2 mm	4,19	3,46	3,90	4,30	4,44	5,53	25,82	4,01
0,063 mm alatt	1,14	1,03	1,04	1,22	1,27	1,54	7,24	1,13

A két anyag aprítás utáni méreteloszlásának különbözősége egyértelműen látszik az összehasonlításból. A nád frakcióarányainak erőteljes eltolódása a nagyobb értékek felé – 1 mm és 2,5 mm közötti méret túlsúlya, 0,8 mm alatti részek alacsony aránya – feltehetően a fától eltérő anyagi összetételnek, a hosszabb cellulózrostoknak köszönhető. Emiatt kisebb az aprított nád térfogattömege is: 128 g/dm<sup>3</sup>, szemben a keményfa fűrészporminta 191 g/dm<sup>3</sup>-ével.

A gyakorlati próbák azt mutatták, hogy ez az eltérés a levegővel történő szállíthatóságot érdemben nem befolyásolja, a pelletálás optimalizálásában viszont jelentős szerepe lehet. Vélhetően a préselés energiaigényét megemeli a hosszabb szálak nagyobb aránya (illetve az adagolási beállításokat befolyásolni fogja a kisebb térfogattömeg), viszont a szálabb szerkezet pozitív hatással lehet a tömörségre és az állékonyságra. Ezek a feltételezések csak a kutatás következő fázisában elvégzendő kísérleti gyártási próbák után válhatnak majd megállapításokká.

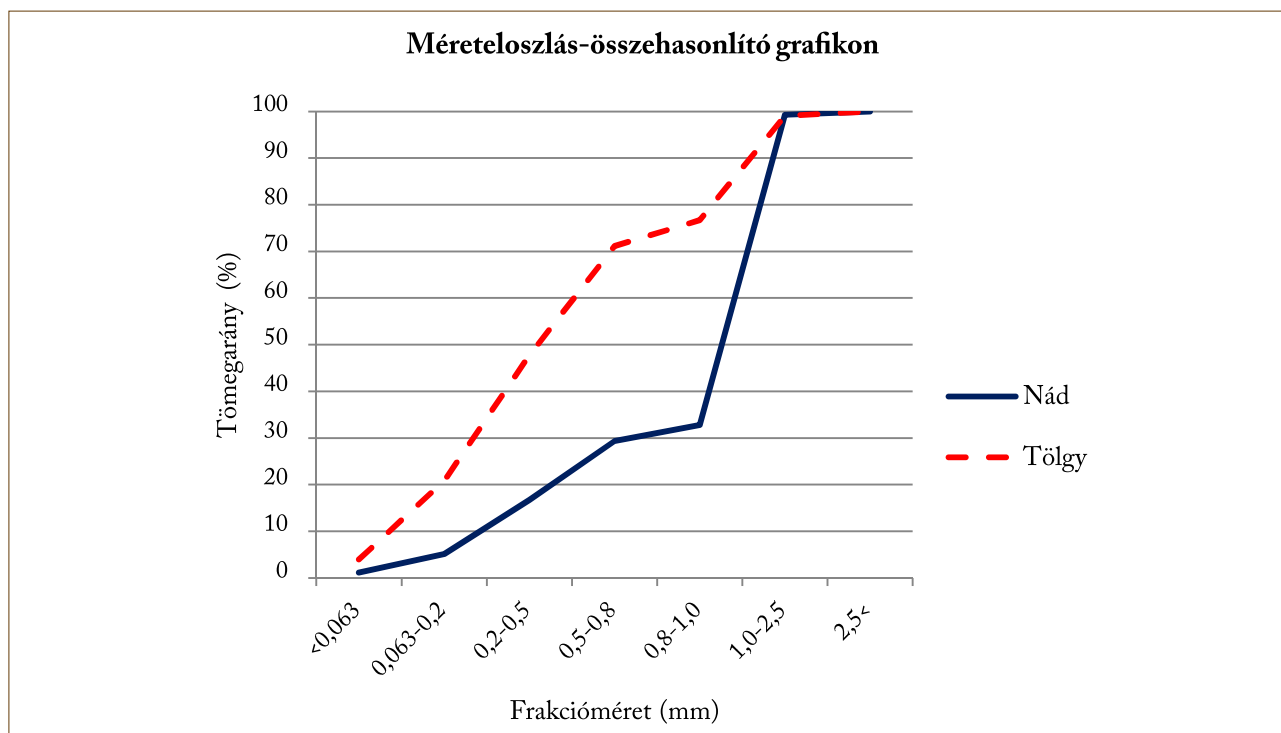
### Következtetések

A közönséges nád biomasszájának megújuló energiaforrásként való hasznosítása pelletált formában a bevezető részben említett okok miatt több szempontból is előnyös lehetne. Az ilyen irányú hasznosítás létjogosultságát a kutatás első szakaszának eredményei egyértelműen alátámasztják, ugyanakkor rámutatnak néhány megoldatlan problémára is.

### 2. táblázat Keményfa (tölgy) fűrészpor

Table 2 Hardwood (oak) sawdust

Frakció	1. mérés	2. mérés	3. mérés	4. mérés	5. mérés	6. mérés	Össztömeg	Tömegarány (%)
2,5 mm felett	1,05	1,38	1,24	1,53	1,63	1,87	8,70	1,44
1,0–2,5 mm	31,21	35,47	34,83	36,40	36,89	38,24	213,04	35,26
0,8–1,0 mm	10,60	10,69	7,47	7,85	7,54	8,87	53,02	8,77
0,5–0,8 mm	34,37	35,89	36,28	39,09	39,70	36,69	222,02	36,74
0,2–0,5 mm	43,56	42,37	40,30	44,84	42,69	42,21	255,97	42,36
0,063–0,2 mm	25,04	24,86	26,67	30,67	27,62	25,93	160,79	26,61
0,063 mm alatt	7,55	8,43	4,53	4,82	4,83	7,36	37,52	6,21



1. ábra Fertői nád és keményfa (tölgy) fűrészpor eredményeinek összehasonlítása

Figure 1 Size distributions of common reed's and hardwood' (oak) chips

- A vizsgált nád minták fűtőértéke a fa mintákkal egyenértékű.
- A vizsgált nád minták hamutartalma közepes értéket képvisel az agripelletek között.
- A minták elégetésekor kapott hamu olvadáspontja magasabb az agripelletek többségénél, ami különösen előnyös a felhasználás szempontjából.
- Pelletté préselve az energiasűrűség jelentősen megnő, ami gazdaságosabbá teszi a tárolást, szállítást, illetve megfelelő tüzelőberendezésben hatékonyan és kényelmesen égethető el.
- Azonos aprítási eljárás esetén a nád részecske összetétele a nagyobb méretek felé tolódik el, szemben a tölgy egyenletesebb méreteloszlásával – ez problémákat okoz az anyagszállító rendszerekben illetve a szárítás során és befolyásolhatja a préselést is.
- Az alapanyag betakarításának, előkészítésének, tárolásának hatékony technológiája, logisztikája még nem alakult ki, ez elengedhetetlen a gazdaságos hasznosításhoz.

Kutatásunk első szakaszában megállapítottuk, hogy a nád alapvető tüzelési tulajdonságai megfelelnek az agripelletekkel szemben támasztott elvárásoknak, sőt akár meg is haladhatják azokat (pl. fűtőérték és hamu-olvadáspont tekintetében). A feldolgozás aprítási és préselési szakaszai komoly problémákat nem rejtenek, a későbbiekben jól optimalizálhatók lesznek, azonban a betakarítás, előkészítés és tárolás munkaszakaszai jelentős mértékű kutató-fejlesztő munkát igényelnek még.

### Köszönetnyilvánítás

Ez a cikk a Környezettudatos energia hatékony épület című TÁMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0068 számú projekt keretében, az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

This article was supported by the Environment conscious energy efficient building TAMOP-4.2.2.A-11/1/KONV-2012-0068 project sponsored by the EU and European Social Foundation.

### Irodalomjegyzék:

- Sitkei Gy. (1981) A mezőgazdasági anyagok mechanikája. Akadémiai Kiadó, Budapest
- Burján E. (2009) „A pelletgyártás helyzete és fejlődési irányai” InnoLignum Konferencia Kiadvány, Sopron, 2009. 09. 04.
- Reisz L., Magoss E. (2013) Particle size distribution for different wood species and woodworking operations *Derevoobrabatyvayushchaya Promyshlennost*: (1):38-45. (2013) (ISSN: 0011-9008)
- Kask Ü., Kask L., Link S. (2013) Combustion characteristics of reed and its sustainability as a boiler fuel. Department of Thermal Engineering, Tallinn University of Technology (ISSN: 1819-754X)
- Kask Ü. (2011) Reed as bio-energy: opportunities to use it boiler-houses and as biogas source. Seminar „Reed for Bio-energy and Construction”, College of Landbased Studies, Piikkiö, Finland
- Komulainen M., Simi P., Hagelberg E., Ikonen I., Lyytinen S. (2008) Reed energy – possibilities of using the Common Reed for energy generation in Southern Finland. Reports from Turku University of Applied Sciences 67., 19. p.
- Németh G., Konrád K. (2013) Fa- és agripelletek tüzeléstechnikai tulajdonságaival összefüggő kutatások alapjai. *Faipar* 61(1):28-34 (HU ISSN: 0014-6897)
- Kocsis Z., Varga M. (2013) Application of a Non-linear Rheological Method for the Compaction of Wood-based Materials. 21st International Wood Machining Seminar (IWMS-21) Tsukuba, Japan, 2013.08.04-2013.08.07. Wood Research Society, pp. 315-322. ISBN: 978-4-9903467-9-9