

Kisteljesítményű, faalapú pellet tüzelő berendezés környezeti hatásainak vizsgálata

I. rész

A pelletek dimenzióinak, fizikai és mechanikai tulajdonságainak meghatározása

NÉMETH Gábor¹

¹ Nyugat-magyarországi Egyetem Simonyi Károly Kar, Gépészeti és Mechatronikai Intézet

Kapcsolat: gabor.nemeth@skk.nyme.hu

Kivonat

Köztudott, hogy sokféle típusú és méretű dendromassza alapon működő hőtermelő egység működik szerte a világban. Általános jellemzőjük, hogy a tüzelés során különböző környezeti hatások forrásainak kell ezeket tekinteni. Legjellemzőbb környezetszennyező közegnek – számos egyéb mellett (pl: zaj, hamu, alapanyag beszállításból adódó környezeti terhelés, stb.) – a füstgázt tekintjük. A kutatás a faalapú tüzelés környezeti hatásainak csökkentésére irányul. Egyik alapcél a különböző fafajtából készült pelletek alaptulajdonságai, a tüzeléstechnikai paraméterek, valamint a környezeti terhelések közötti összefüggések keresése. A kétrészes cikksorozat első részében a tüzeléstechnikai vizsgálatoknak alávetett pelletek dimenzióinak és fizikai, mechanikai tulajdonságainak vizsgálata kerül bemutatásra. A kutatás – és a cikksorozat – második részében egy általános pellet tüzelésű kazán segítségével elvégzett tüzeléstechnikai vizsgálat és annak eredményei kerülnek előtérbe különös tekintettel a tüzelés során létrejövő károsanyag-kibocsátás és a pellet tulajdonságainak összefüggéseire.

Kulcsszavak: energetika, pellet, pellet tüzelés, környezeti hatások

Investigation of the environmental impact of wood-based small-scale pellet stokers

Part I.

Determination of the physical, mechanical properties and dimensions of the pellets

Abstract

Diverse types and sizes of dendromass-based calorific units are in operation around the world. They should be considered as sources of different environmental impacts during the firing process. Among many others – (eg. noise, ash, environmental impacts resulting from transportation of raw materials, etc.) – flue gas is considered a typical polluting agent. The research is aimed at decreasing the environmental impact of wood based burning. One of its goal is to find correlations between the basic properties of wood pellets made of different species, the combustion parameters, and the resulting environmental impact. The first part of this two-part article-series shows the analysis of the physical, mechanical properties and dimension of the pellets. In the second part, the completed pyrotechnics examination and its results, especially regarding the relationship between the emission characteristics and the pellet properties. The examination is based on a standard pellet boiler.

Keywords: energetics, pellet, pellet combustion, environmental impact

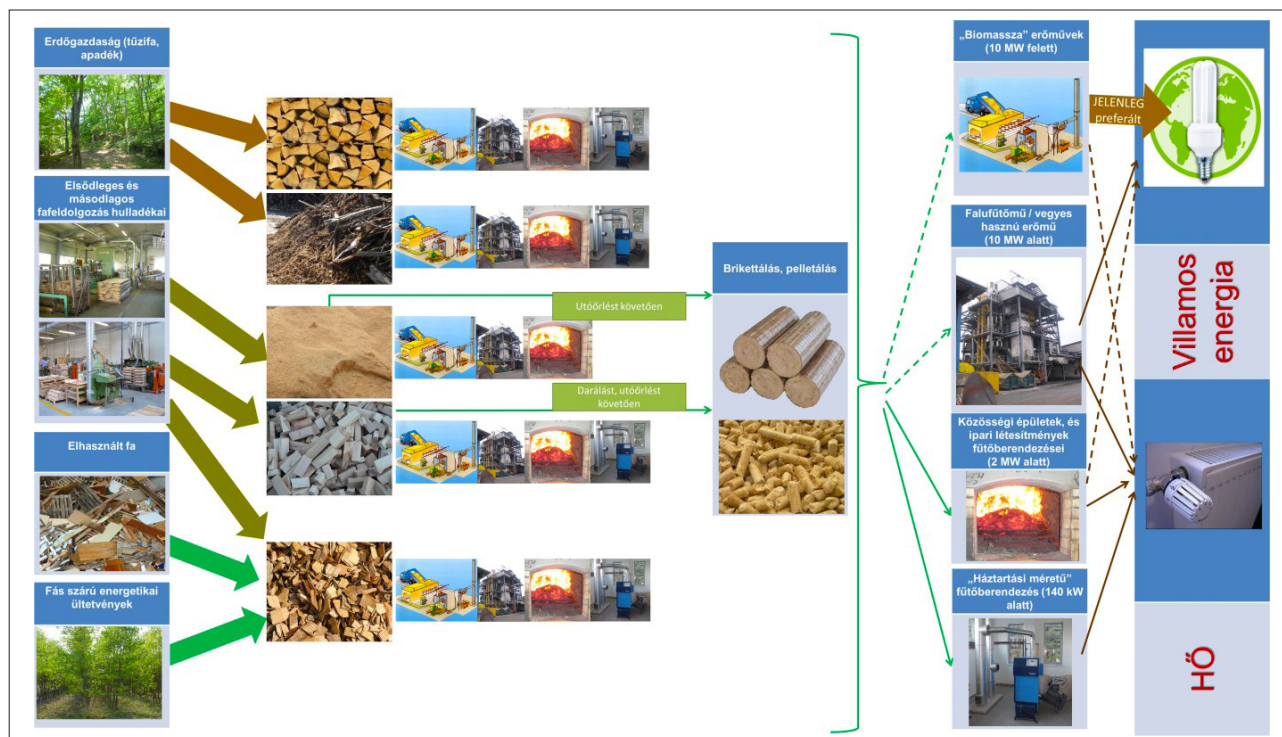
Bevezetés: a kutatási terület általános bemutatása

A Magyarországon rendelkezésre álló – nem csupán energetikai célú – teljes biomassza-készlet mintegy 350–360 millió tonna, melynek közel harmada folyamatosan, évente újratermelődik (Czupy, 2013). A kérdés az, hogy ebből mennyi az úgynevezett fenntartható módon energetikai célokra kitermelhető mennyiség. Korábbi felmérésekből tisztán látszik, hogy jelenleg Magyarországon a dendromassza alapú energiafelhasználás ~45–50 PJ-ra tehető (jelenleg Magyarország teljes primer energiafelhasználása évente közel 1000 PJ) (Németh, 2013).

Mivel a megújuló energiaforrások részarányát folyamatosan növelni szeretnénk, ezért felvetődik a kérdés, hogy milyen módon lehet mind nagyobb mennyiségben felhasználni a dendromassza alapú forrásainkat.

A faalapú energiaforrások egyes típusainak energetikai hasznosítására racionális és kevésbé racionális megoldások is kínálkoznak. Az ésszerű, gazdaságos, de legfőképpen környezetkímélő és fenntartható megoldásokat kell azonban minden esetben preferálni. Annak meghatározása, hogy mely felhasználási irány (pl.: „biomassza erőmű”, falufűtőmű) tekinthető a fenti szempontok alapján preferálandónak, sokszor társadalmi, (fa)ipari és energetikai viták tárgyát is képezi. A dendromasszából tehát elég változatos méretű és kivitelű berendezésekkel tudunk előállítani hőt (és villamos energiát), ahogy az 1. ábrán is látszik.

Számos kérdés vetődik fel azzal kapcsolatban, hogy az energetikai alapanyagok – például pelletek – esetén milyen energiaráfordítással állítjuk elő az energiatermelő egységek számára befogadható formában az alapanyagot. A fás szárú energetikai alapanyagok esetén az ún. EROEI – energy returned on energy invested (kinyert energia/bevitt energia) – szám általában 3–45 közötti. Ez azonban nagymértékben függ attól, hogy az energiamérlegek készítésénél mit veszünk figyelembe. Egy energiaültetvény esetén a kezdeti termőföld megmunkálásától a kazánhoz történő beszállításig viszonylag egyszerűen fel lehet ezt térképezni (Vágvolgyi és tsai., 2012), egy erdő esetén a több tízéves vágásforduló alatt az ilyesfajta nyomon követés már nehezebb, sokkal pontatlanabb eredményt hoz. Pellettek esetében az EROEI-érték 8–25 közé tehető attól függően, hogy alkalmazni kell-e szárítást vagy sem, és hogy milyen alapanyagunk és technológiánk van (Németh, 2013). Ez az érték megint viszonylagos, hiszen nem számoltunk ebben az esetben azzal, hogy a pellet alapanyagul szolgáló por-forgácsot „elő is kell állítani”. Mivel ez a faipari megmunkálások mellékterméke, ezért a forgácsolás során bevitt energiát az előállított faipari termékhez rendelhetjük. Ha a keletkező melléktermék arányában a rá eső energiafelhasználást is figyelembe vesszük, akkor ez a szám máris 4–6 EROEI-értékre esik vissza. Ha az erdészeti telepítést, gondozást és kitermelést is hozzávonnánk, természetesen ez a szám tovább romlana.



1. ábra Faalapú energiahordozók jellemző, leggyakoribb felhasználási területei, javasolt teljesítménytartományok (saját szerkesztés)
Figure 1 The most typical application of wood based energy source, the proposed power range (own editing)

Az Európai Parlament és az Európai Tanács RED-irányelve Magyarország számára 2020-ra – jogilag kötelező módon – minimum 13 százalékban határozta meg a megújuló energiaforrásból előállított energia bruttó végső energiafogyasztásban képviselt részarányát. Magyarország Megújuló Energia Hasznosítási Cselekvési Tervében (NCST) ezzel szemben a magasabb, 14,65% elérését tűzte ki célul 2020-ra.

A jelenlegi adatok alapján (megújuló energiaforrások felhasználásán belül) 80% feletti biomassza részarány legnagyobb részét a dendromassza alapú anyagok teszik ki. A fejlesztés- és klímapolitikáért, valamint kiemelt közszolgáltatásokért felelős államtitkár adatai alapján (Horváth, 2013) jelenleg mintegy 9–9,2% körüli érték közelében vagyunk, ami az NCST-ben elfogadott tervek alapján már a 2016-os szintet üti meg. Ezen adatot kissé beárnyékolja, hogy mindezt úgy érzük el, hogy nagy mennyiségben villamos energiát állítunk elő fa felhasználásával – helytelenül csak „biomasszaként” emlegetve –, köztudottan alacsony (összesített) hatásfokkal (akár 30–35%), korlátozott kogenerációval.

Ennek hatására különböző scenáriók a lehetőséget a decentralizált faalapú energiatermelés kialakítását tekintik alapnak. Ugyanakkor jelenleg Magyarországon egyes becslések alapján közel 600 ezer háztartás (Szilágyi, 2014) alkalmas arra, hogy részben vagy teljes egészében fatüzelésből állítsa elő azt a hőt, amire szüksége van (600 ezer háztartásból mintegy 200 ezerben csak fűtés van). Arra irányuló összehasonlító kutatás nem létezik, hogy decentralizált erőműveknek és a lakossági tüzeléseknek milyen környezeti hatásai vannak.

Természetesen a jelenlegi centralizált és decentralizált erőművek esetében a kötelező jellegű mérések, vizsgálatok miatt alapadatok rendelkezésre állnak például a füstgázra vonatkozóan, ugyanakkor ez a kisteljesítményű háztartási rendszerekre már nem igaz. A magyar jogi szabályozásban a kisteljesítményű (140 kW_{th} alatti) berendezések esetén nem kell mérni az elsődleges környezeti terhelést okozó tényezőt, a füstgázt. Az ilyen kisteljesítményű berendezések esetében a füstgáz bemérése jó esetben is csak az adott kazántípus forgalomba hozatala előtti minősítési, osztályozási eljárás során egyszer történik meg.

A kétrészes cikksorozatban azon vizsgálatok kezdeti lépései kerülnek bemutatásra, melyek arra irányulnak, hogy a dendromassza alapú – jelen kutatásban a fapelletből történő – energiatermelés miként hat a környezetünkre, és milyen összefüggések vannak az energetikai célokra előállított alapanyagok és az emissziók között a kisteljesítményű kazánok esetében.

A kutatás kezdetén meg kellett tehát vizsgálni a pelletek tulajdonságait, hiszen fontos az energetikai alapanyag ismerete a tüzeléstechnikában is. A pelletek alaptulajdonságai a tüzeléstechnikai paramétereket is nagyban befolyásolhatják, kifejezetten igaz ez a tömörségre és a pellet alapanyagául szolgáló por-forgács halmazok szemcseméretére (Kocsis, Csanády, 2014).

A felhasznált alapanyag tulajdonságai és a vizsgálati módszerek

A bemutatásra kerülő – kutatást indító – vizsgálatokat általános, vegyes összetételű, bükk-tölgy alapú pellet tüzelőanyag segítségével végeztük.

Első lépésében a bükk-tölgy (50–50%) alapú pelletet el kellett készíteni a rendelkezésre álló (NOVA PELLET N-MICRO típusú pelletáló; maximális teljesítmény 10,5 kW; kapacitás 60–100 kg/h; alkalmazott matrica vastagság 28 mm) pelletálónk segítségével.

Mivel a későbbi – a cikksorozat második részében bemutatásra kerülő – vizsgálatoknál a kazánba beadagolt pellet „mechanikai minőségét” és a fűtőértékét is meg kell adni (melyek jelentősen befolyásolhatják a károsanyag-kibocsátást is) a mérés visszavezethetősége miatt, ezért különböző fizikai, mechanikai vizsgálatok váltak szükségessé.

Mintavétel és a mérések főbb menete

A pelletáló gép működése közben három minta kivételére került sor (az üzemelés kezdeti, közép, valamint végső szakaszában), melyek mintegy 5–5 kg-ot tettek ki. (A pelletálás során kialakuló sűrűdés a matrica hőmérsékletét növeli, ami alapvetően befolyásolja a pellet állékonyságát, hiszen a fában a természetes kötőanyagnak tekinthető lignin esetén lágyulás figyelhető meg már 80 °C körül is.)

Mindegyik mintából ~1,2 kg-ot el kell különíteni. Először meg kellett határozni a finomhányadot, majd az ezen 1,2 kg-ból elkülönített ~0,5 kg segítségével a mechanikus szilárdságot. Ezt követte az 1,2 kg-os minta maradéka (~0,7 kg) segítségével a méretek (~80–100 gramm mintára), majd a nedvességtartalom (~10 gramm) vizsgálata.

Az 5 kg-os mintából megmaradó mintegy 3,8 kg elegendő volt az ömlesztett sűrűség meghatározására.

A vizsgálatok minden esetben a vonatkozó szabványok – melyek az egyes tulajdonságok vizsgálati módszereinél feltüntetésre kerülnek – alapján történtek a rendelkezésre álló és saját fejlesztésű mérőberendezések segítségével.

Vizsgált tulajdonságok

1. A finomhányad meghatározása („F”)

Egy ISO 3310-2 szabvány alapján készült perforált kivitelű szitát kell használni – az MSZ EN 15210-1 szabvány alapján – a pellet szitalására, a finomhányad (az ún. „morzsalék”) meghatározására.

A körülbelül 1,2 kg tömegű mintából ezen szita segítségével néhány körkörös mozdulattal manuálisan kell eltávolítani a finomhányadot (2. ábra), melyet a következő képlettel tudunk számolni:

$$F = 1 - \frac{m_A}{m_E} \quad [\%] \quad [1]$$

ahol:

F – finomhányad [%]

m_E – minta tömege szitalás előtt [g]

m_A – minta tömege szitalás után [g]

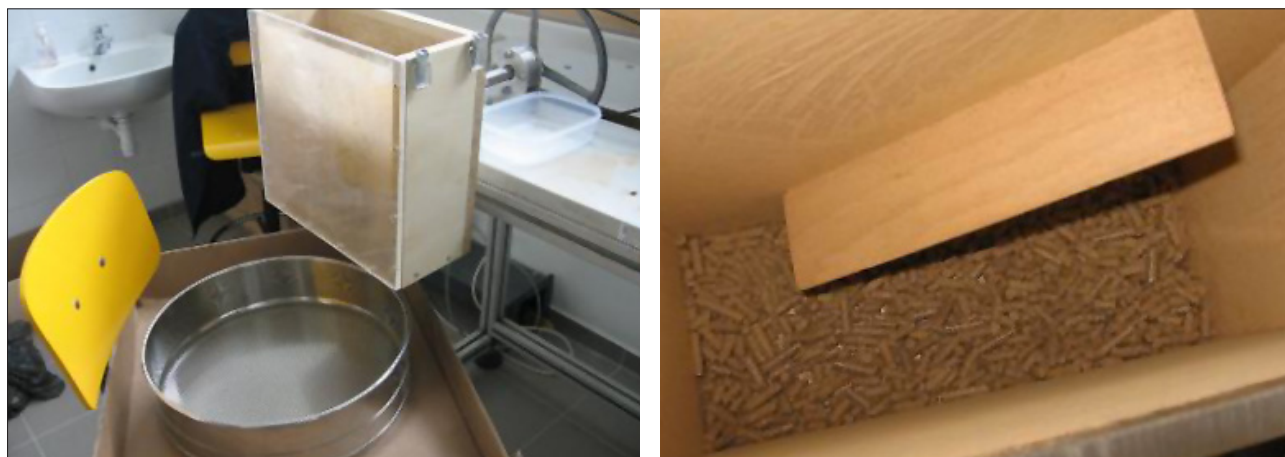
2. A pelletek mechanikai ellenálló képessége („DU”)

A pelletek mechanikai tartósságának meghatározását az MSZ EB 15210-2 szabvány írja le. A mérés a szabvány előírásainak megfelelő saját fejlesztésű berendezéssel történt. A 500 ± 10 g pelletet – melyet előzetesen a 3,15 mm-es perforált kialakítású szitán le kellett szitalni és mérlegelni – betöltjük a 3. ábrán látható pellet tesztelő berendezésbe, majd ezt követően 10 percig 50 ± 2 1/min fordulatszámmal megforgatjuk a mintát. Az igénybevételt követően a szitába töltött pelletet ismét enyhén leszitaljuk, majd visszamérjük a tömegét. A mért két tömeg és



2. ábra Szabványos szita és a szitalás művelete a finomhányad meghatározásához

Figure 2 Standard sieve and the sieving to the determine the fine material amount



3. ábra Mechanikai szilárdságvizsgáló berendezés

Figure 3 Mechanical durability checking equipment

a [2]-es képlet segítségével meghatározzuk a pellet mechanikai ellenálló képességét:

$$D_U = \frac{m'_A}{m'_E} \quad [\%] \quad [2]$$

ahol:

D_U – mechanikus szilárdság [%]

m'_E – 3,15 mm felett pellet tömege igénybevétel előtt (szítálás után) [g]

m'_A – 3,15 mm felett pellet tömege igénybevétel után (szítálás után) [g]

3. A pelletek hosszúsága és átmérője

A pelletek esetén fontos követelmény – az EN 14961-2 felhasználásával készül ENplus ajánlás alapján –, hogy 3,15 és 40 mm között legyen azok közepes hosszúsága. Jelen esetben 6 mm átmérőjű pelletek képezik a kutatás tárgyát, ezek esetében a megengedett eltérés ± 1 mm. A vizsgálatokat 80–100 gramm mintában található összes pelleten el kell végezni, egyszerű tolómérő segítségével. A mérési bizonytalanság meghatározásának kiemelkedő fontossága van a hosszúság mérése során, hiszen a középhosszúság mérési helyének szubjektív meghatározása, valamint a mérésből adódó egyéb véletlen mérési hibák jelentős abszolút hibát eredményezhetnek. Mivel a hosszúság mérése esetén a mérést végző személyen múlik, hogy a pellet valós „közepes” hosszának mérését milyen módon találja el, ezért egyetlen pelleten végeztünk el 30 mérést (ezzel tehát azt határoztuk meg, hogy egy mérő személy egymás után ugyanazon mértet milyen hibával tudja megmérni, a mérést reprodukálni). Azt, hogy a mérő személy a maximális és minimális hosszban belül szemre milyen hibával határozza meg az ideálisnak tekintett közepes hosszúságot, szintén 30 méréssel határozható meg, itt azonban 30 különböző pelleten kellett a méréseket elvégezni. A különböző pelletek minimális, maximális és – a mérő személyzet által ideálisnak tekintett – közepes hosszúság mérése alapján (4. ábra) került meghatározásra ezen véletlen mérési hiba meghatározása. A fenti mérések alapján számított összesített hiba $\pm 1,66$ mm lett (beleértve a műszer 0,02 mm-es hibáját is). Ennek jelentősége abban rejlik, hogy megmért pellet típusok esetén nem célszerű egyszerűen elfogadni az átlagként kapott eredményeket, hanem szükséges a mérési hibával együtt megadni az átlagos hosszúsági értékeket (pl. ha az átlaghossz 25 mm, helyesen így kell megadni: $25 \pm 1,66$ mm).

Ugyan egy szabvány sem írja elő annak szükségességét, hogy a mechanikai vizsgálatot követően a hossz-méretet ismét lemérjük és összehasonlítsuk a kiinduló értékekkel, ennek ellenére ez is a kutatás részét képezte.

4. A nedvességtartalom meghatározása („M”)

A szilárd biomassza alapú tüzelőanyagok nedvességtartalmának meghatározását az MSZ EN 14774 szabványsorozat írja le. A nedvességtartalom meghatározására egy, a pellet iparban is „járatos” automatikus nedvességmérő – BOECO SMO 01 típusú – megfelelő pontossággal nyújt információt részünkre. Ez a berendezés, ugyan a szabványban előírtnál kisebb mennyiségű (~10 gramm) minta nedvességtartalmának meghatározása szolgál, de korábbi mérési tapasztalatok alapján ez a módszer is megfelelőnek bizonyult. Az esetleges hibák kiküszöbölése végett minden mérést három mintán el kell végezni.

Mérés elve: az 5. ábrán látható műszer mintatartójára mintát helyezünk, majd 105 °C-on szárítjuk tömegállandóságig egy, a műszerbe épített fűtőszál segítségével. A szárítás előtti és utáni tömegértékek segítségével közvetlenül meghatározhatjuk a pellet nedvességtartalmát.



4. ábra A hossz-mérésben rejlő bizonytalanság illusztrálása

Figure 4 Uncertainty of length measurement

5. Térfogatsűrűség (ún. telítési tömörség, „BD”)

Az MSZ EN 15103 alapján egy mérlegre és egy szabványos 5 literes tartályra van szükség a vizsgálathoz. A [3] képlet alapján ezt a paramétert a mért értékek figyelembevételével ki lehet számolni:

$$BD_{ar} = \frac{(m_2 - m_1)}{V} \left[\frac{kg}{m^3} \right] \quad [3]$$

ahol:

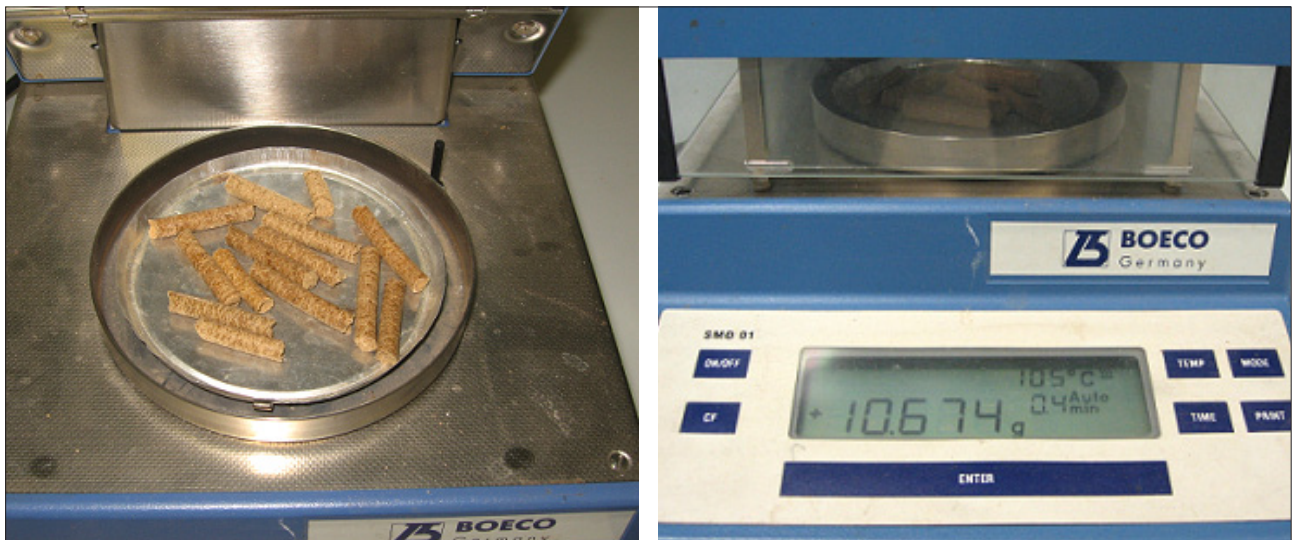
- BD_{ar} – az átvett minta (felhasználási nedvességtartalmú) térfogatsűrűsége $\left[\frac{kg}{m^3} \right]$
- m_1 – a tartály tömege [kg]
- m_2 – a minta és a tartály együttes tömege („telített” tartály tömege) [kg]
- V – tartály térfogata [m^3]

A térfogatsűrűséget száraz alapanyagra is meg lehet határozni az alábbi [4] képlettel:

$$BD_d = BD_{ar} \cdot \frac{(100 - M_{ar})}{100} \left[\frac{kg}{m^3} \right] \quad [4]$$

ahol:

- BD_d – az átvett minta (száraz) térfogatsűrűsége $\left[\frac{kg}{m^3} \right]$
- M_{ar} – az átvett minta nedvességtartalma [%]



5. ábra BOECO SMO 01 típusú automatikus nedvességmérő

Figure 5 Automatic moisture measurer type BOECO SMO 01



6. ábra Térfogatsűrűség meghatározása

Figure 6 Determination of bulk density

6. Az égéshő meghatározása

Égéshőnek nevezzük azt a hőmennyiséget, mely az egységnyi tüzelőanyag tökéletes égésekor felszabadul, az alábbi feltételek mellett:

- a tüzelőanyag és a levegő hőmérséklete égetés előtt és után is 298 K legyen,
- a tüzelőanyag széntartalma szén-dioxiddá, kén tartalma kén-dioxiddá égjen el,
- a tüzelőanyag és a levegő nedvességtartalma, valamint a hidrogén elégetéséből származó víz az elégetés után 298 K-en cseppfolyós halmazállapotú.

A fűtőérték fogalma ezen utolsó gondolatjelben megfogalmazottban különbözik az égéshőtől, hiszen az elégetéskor a tüzelőanyagból eltávozó és a hidrogén elégetéséből keletkező víz párolgási hőjével csökkentett égéshőt nevezzük fűtőértéknek. (A tökéletes égés után a víz gőz halmazállapotú.)

A vizsgálatot az MSZ EN 14918 alapján a Faanyagtudományi Intézet munkatársai végezték el, egy IKA 2000C típusú bombakaloriméter segítségével. A vizsgálat során a műszer segítségével közvetlenül az égéshő értékét kapjuk meg. A fűtőérték számítását ezt követően az [5] képlet segítségével meg lehet határozni.

$$\text{Fűtőérték}(F) = \frac{\dot{E} - \left(\frac{2447 \cdot (U + 9 \cdot H)}{100} \right)}{1 + \frac{U}{100}} \quad \left[\frac{\text{kJ}}{\text{kg}} \right] \quad [5]$$

ahol:

- \dot{E} – vizsgált anyag égéshője (mért érték)
- U – a fa bruttó nedvességtartalma [m/m %]
- H – a fa hidrogéntartalma [~6 m/m %]

Mérési eredmények, összegzés

A megismert mérési módszerek alapján bevizsgálásra került a későbbi tüzeléstechnikai vizsgálatnak alávetett alapanyag, melynek eredményei az 1. táblázatban láthatók.

Általánosságban elmondható (az 1. és 2. táblázat adatait összehasonlítva), hogy a pellet megfelelő, hiszen jó minőségű – ENplus szerinti A1-es besorolású – pelletről 3,15 és 40 mm közötti hossz, 6 ± 1 mm átmérő, 10%-os nedvességtartalom és 1% finomhányad alatt, valamint 97,5 % mechanikus szilárdság és 600 kg/m^3 ömlesztett sűrűség feletti adatokról beszélhetünk.

Az 1. táblázat alapján látható, hogy a mechanikai igénybevétel előtt a közepes hosszúság $17,36 \pm 1,66$ mm (a vizsgált pelleték a 40 mm-es hosszúságot nem haladták meg). A mechanikai ellenállóképesség-vizsgálat utáni pelleték esetében ez az érték már csak $13,02 \pm 1,66$ mm volt. Láthatjuk, hogy a mérések is visszaigazolják azt, ami már szemrevételezés során is tapasztalható volt. Az egyes pelleték rövidültek, illetve eltörtek, ami hatással lehet a pellet égetésére is, hiszen ha kisebb méretű pelleték kerülnek a tűztérbe – és a finomhányad is megnövekszik – ez módosíthatja a füstgázösszetételt, és a távozó szilárd anyagok mennyiségét is. Ez elsődlegesen annak köszönhető, hogy a fa égetéséhez betáplált levegő a kisebb részecskéket magával is ragadhatja anélkül, hogy azok megfelelő mértékben elégték volna (különösen akkor, ha túlzott mennyiségű levegőbetáplálás történik, mely akár egy rosszabb beállítás miatt, vagy tűztéri problémák miatt is adódhat). Nem mellékes az sem, hogy a pelletégetésre használatos égőfejek – kialakításukból fakadóan – nem tökéletesen alkalmasak a kisebb morzsalékok tökéletes elégetésére.

1. táblázat A bevizsgált pellet mechanikai tulajdonságai

Table 1 Mechanical durability of the examined pellets

Pellet tulajdonságai	Tölgy-bükk keményfa pellet			
	1. minta	2. minta	3. minta	Átlag
Átlagos hosszúság [mm]	16,58	19,19	16,31	17,36
Átlagos átmérő [mm]	6,15	6,14	6,36	6,22
Sűrűség [kg/m^3]	1061	1056	1045	1054
„F” Finomhányad [%]	0,1	0,2	0,2	0,2
„DU” Mechanikai szilárdság [%]	97,8	97,9	97,8	97,8
„BD _{ar} ” Ömlesztett sűrűség [kg/m^3]	607,8	592,4	608,8	603,0
„M” Nedvességtartalom [%]	7,34	7,40	7,32	7,35

A jelen vizsgálat tárgyát képező pellet égéshője 19,61 MJ/kg volt, ebből vontuk le az [5] képlet figyelembevételével a hidrogén elégéséből keletkező víz párolgási hőjét, így ez eredményezi a pellet 0%-os nedvességtartalomhoz tartozó fűtőértékét (a bombakaloriméteres vizsgálat előtt a pelletet abszolút szárazra szárítják), mely 18,28 MJ/kg-ra adódott.

Szintén az [5] képlet segítségével azt is kiszámíthatjuk, hogy az átlagosan bruttó 7,35% nedvességtartalmú pellet valós, felhasználási (ún. szállítási) fűtőértéke 16,87 MJ/kg.

2. táblázat Pelletek általános előírásainak – a kísérletben vizsgált tulajdonságoknak megfelelő – kivonata (A nem ipari felhasználásra szánt EN 14961-2 norma szerinti fa pellet részletezése; ENplus.)

Figure 2 Abstract of general directive of wood pellets (From EN 14961-2 standard „Wood pellets for non-industrial use detail”; ENplus)

Osztály /Elemzési módszer	Egység	A1	A2	B
Eredet és forrás EN 14961-1		1.1.3 Rönkfa	1.1.1 Gyökérmentes egész fa	1.1 Erdei- és ültetvényfa valamint egyéb frissen vágott fa
		1.2.1 Nem vegykezelt faipari hulladék	1.1.3 Rönkfa	1.2 Melléktermék és faipari hulladék
			1.1.4 Fakitermelési hulladék	1.3 Használt fa
			1.1.6 Kéreg	
			1.2.1 Nem vegykezelt fahulladék	
Átmérő, D ^a és hossz L ^b , prEN16127	mm	D06, 6 ± 1; 3,15 ≤ L ≤ 40	D06, 6 ± 1; 3,15 ≤ L ≤ 40	D06, 6 ± 1; 3,15 ≤ L ≤ 40
		D08, 8 ± 1 3,15 ≤ L ≤ 40	D08, 8 ± 1 3,15 ≤ L ≤ 40	D08, 8 ± 1 3,15 ≤ L ≤ 40
Nedvességtartalom, M, EN 14774-1, EN 14774-2	Szállítási állapotban w-% nyers állapotban számításba véve	M10 ≤ 10	M10 ≤ 10	M10 ≤ 10
Mechanikus szilárdság, DU, EN 15210-1	szállítási állapotban w-%	DU97.5 ≥ 97,5	DU97.5 ≥ 97,5	DU96.5 ≥ 96,5
Finomhányad az áruátadást megelőző legutolsó ponton, ill. kisebb (20 kg-ig) és nagyobb zsákos áru érkezésekor (a becsomagolásnál vagy a végfelhasználóknak történő kiszállításnál), F, prEN 15210-1	szállítási állapotban w-%	F1.0 ≤ 1,0	F1.0 ≤ 1,0	F1.0 ≤ 1,0
Fűtőérték, Q, EN 14918	szállítási állapotban, MJ/kg vagy kWh/kg	Q16.5, 16,5 ≤ Q ≤ 19 vagy Q4.6, 4,6 ≤ Q ≤ 5,3	Q16.3, 16,3 ≤ Q ≤ 19 vagy Q4.5, 4,5 ≤ Q ≤ 5,3	Q16.0, 16,0 ≤ Q ≤ 19 vagy Q4.4, 4,4 ≤ Q ≤ 5,3
Töltési tömörség, BD, EN 15103	kg/m ³	BD600 ≥ 600	BD600 ≥ 600	BD600 ≥ 600
^a A pellet tényleges átmérőosztályát (D06, D08) meg kell adni.				
^b A pelletmennyiség maximum 1 w-%-a lehet 40 mm-nél hosszabb, max. hossz < 45 mm.				
Megjegyzés: A színnel kiemelt cellák a vizsgált pelletre érvényes besorolást mutatják.				

Az „Európai Pellet Tanács: Fűtés céljára szolgáló faellet tanúsítási eljárásának kézikönyve” alapján a fenti vizsgálatok esetében a vizsgált pellet tehát A1 besorolású (ENplus, ld. 2. táblázat).

Bár most a pelletnek csak azok a tulajdonságai kerültek bemutatásra, melyek a későbbi tüzeléstechnikai kísérlet során felhasználásra kerültek, de természetesen más forrásból, külső – kereskedelembe megvásárolható – pelletek tulajdonságait is megvizsgáltuk már. E vizsgálatok eredményeként általánosságban elmondható, hogy a Magyarországon megvásárolható pelletek – kizárólag a korábban bemutatott tulajdonságokat figyelembe véve – szinte teljes egészében az A1 besorolás alá esnek.

A kutatás jelenlegi, kezdeti időszakában a faalapú pelletekkel foglalkozunk, de a kutatás későbbi lépéseiben természetesen majd érdekes kérdést vet fel a lágyszárúakból készült pelletek ilyen irányú vizsgálata. A lágyszárúakból és mezőgazdasági melléktermékekből (pl.: kukoricacsutka) készült pelletek fűtőértéke akár el is érheti a fa fűtőértékét (pl.: Richter és tsai, 2014 alapján a nád pellet abszolút száraz nedvességtartalomra vonatkoztatott fűtőértéke 18,61–18,73 MJ/kg között alakul), de hamutartalmuk jóval magasabb, sokszor a 10%-os értéket is átlépi. Ugyanakkor nád esetében például a vizsgált átlag ehhez képest alacsony, 3,80% (Richter és tsai., 2014), de ez is jóval magasabb, mint a fánál megszokott 1%, vagy az alatti érték. A lágyszárúakban található nagy mennyiségű szilíciumtartalom tüzeléstechnikai kihívások elé állítja a tüzelőberendezések gyártóit és azok felhasználóit. Ezeknek a lágyszárú anyagok hamujának olvadáspontja akár 800 °C alatti is lehet, mely a kazán belsőjében jelentős lerakódásokat („üvegesedéseket”) eredményez. (Természetesen a klór szintén nagyságrenddel nagyobb mennyiségben van jelen, és a káliummal reakcióba lépve a hőcserélők felületén kondenzálódik.) Ezek a problémák is alátámasztják, hogy a későbbiekben nem csak a faalapú pelletekkel kell a kutatásokat folytatni.

Természetesen a bükk-tölgy alapú pellet mellett más fafajból készült pelleteket is célszerű lesz a későbbiekben vizsgálat alá vonni, hiszen ugyanazon berendezésben, azonos paraméterek mellett történő tüzelés esetén nagyon jó összehasonlításokat lehet majd elvégezni.

A cikksorozat második – befejező – részében kerül bemutatásra a füstgázelemzéssel összefüggő kutatás és annak eredménye, valamint egy, a témát érintő háztartási méretű pelletkazán decentralizált fűtőművel történő rövid összehasonlító elemzése is.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás a TÁMOP 4.2.4.A/2-11-1-2012-0001 azonosító számú Nemzeti Kiválóság Program – Hazai hallgatói, illetve kutatói személyi támogatást biztosító rendszer kidolgozása és működtetése konvergencia program című kiemelt projekt keretében zajlott. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósul meg. Konvergencia-Magyar Zoltán Posztdoktori Ösztöndíj – 2013 (A2-MZPD-13)

Pályázati azonosító: A2-MZPD-13-0017

Irodalomjegyzék:

- Czupy I. (2013) Szilárd biomassza feldolgozása, energetikai célú hasznosítása. Értékálló Aranykorona, Országos Mezőgazdasági Szaklap, 12(8):14-15, HU ISSN 1586-9652
- European Pellet Council (2011) Handbook for the Certification of Wood Pellets for Heating Purposes (Based on EN 14961-2) 3. 5. 2011
- Horváth A. (2013) Merre halad idén az állami energetika? c. előadás, Agripellet Energy Fórum; Bükkfürdő
- Kocsis Z., Csanády E. (2014) A nem-lineáris rheológia alkalmazása a faalapú anyagok pelletálásával, tömörítésével összefüggésben. I. kísérleti rész. Faipar 62. évf., DOI: 10.14602/WoodScience-HUN_2014_1, ISSN: 0014-6897
- Németh G., Varga M., Tóth B. (2013) Dendromassza alapú energiaforrások jelentősége és hasznosítása Magyarországon. Energiagazdálkodás 54(6):14-17, ISSN 0021-0757
- Richter Z., Vityi A., Magoss E. (2014) Közönséges nád (*Phragmites australis*) pelletálási technológiájának vizsgálata – I. rész. Faipar (megjelenés alatt)
- Sjjak Van Loo, Jaap Koppenjan (2008) Biomass Combustion & Co-firing. Earthscan UK, ISBN: 978-1-84407-249-1
- Szilágyi Zs. (2014) A háztartások földgázfogyasztása c. előadás. ENERGOexpo, Debrecen
- Vágvolgyi A., I. Czupy, G. Kovács, B. Heil, B. Horváth, D. Szalay (2012) The mechanical-technological modelling and the expected yield of wood energy plantation. Hungarian Agricultural Engineering 24: 53-57, HU ISSN 0864-7410