

Soproni Egyetem
Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar
Cziráki József Faanyagtudomány és Technológiák Doktori Iskola

DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI



PELLET TERMÉKCIKLUS SZABÁLYOZÓ- ÉS MÉRŐRENDSZERÉNEK KITERJESZTÉSE

Készítette: Konrád Krisztina Éva

Témavezető: Dr. Németh Gábor
egyetemi docens

Dr. Viharos Zsolt János
tudományos főmunkatárs (MTA SZTAKI)

Sopron
2018

Doktori (PhD) értekezés tézise

Soproni Egyetem

Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar

Cziráki József Faanyagtudomány és Technológiák Doktori Iskola

Vezető: Prof. Dr. Csóka Levente egyetemi tanár

Doktori program: Fafeldolgozási technológiák és kreatív tervezés

Programvezető: Prof. Dr. Kovács Zsolt és Zalavári József DLA

Tudományág: Anyagtudomány és technológiák

1. A TÉMAVÁLASZTÁS INDOKLÁSA

Az energiaforrások felhasználása a tűz felfedezése óta része az emberiség életének [1]. A felhasználási szokások folyamatos változása, az ipari és lakossági energiaigények fejlődése, **a világ elsődleges energiafelhasználásának folyamatos növekedését** eredményezi. Ennek a növekedésnek a mértéke egyre drasztikusabb, az elmúlt negyed évszázadban 60%-os igénynövekedés generálódott [2]. Az energiafogyasztást számos tényező befolyásolja. Az adott régió népsűrűsége mellett fontos indikátorok a régióra jellemző időjárási körülmények; a rendelkezésre álló/beszerezhető energiaforrások mennyisége és ára; az energiafogyasztási kultúra; a jellemző energia hatékonysági mutatók; valamint az ipari fejlettség és termelési adatok is.

A növekvő energiaigény kielégítése folyamatos kihívások elé állítja az emberiséget. A Föld fogyó energiaforrásai kapcsán ellátás-biztonsági kérdést vet fel a készletek folyamatosan csökkenése, illetve több állam számára a források lokális elérhetősége is [3]. A megújuló energiaforrások készletei abszolút mértékben nem csökkenek, vagy utánpótlásuk állandó, gyors és folyamatos. Ezek esetében a helyhez kötöttség, az időben változó mértékű rendelkezésre állás, és a tárolhatóság állít kihívásokat, habár ezt a nehézséget egy optimálisan diverzifikált energiamix képes megfelelően kezelni.

A megújuló-energia szektor - többek között az előbbiekből kifolyólag is - folyamatos bővül globális szinten, **a világ végső energiafogyasztásának már csaknem egyötödét megújuló forrásokból fedezik** [4]. A megújuló energiaforrások hasznosításában vezető szerepe van biomassza anyagoknak, **a felhasznált megújuló források több mint 75%-a biomassza eredetű.** Ennek egyik oka, hogy ezen anyagok különböző módú hasznosításával hőenergia, villamos-energia, és folyékony- illetve gáznemű üzemanyag is előállítható. **Ezek közül az anyagok közül tűnnek ki a pellet tüzelőanyagok.** A pelletek gyártása során a különböző biomassza alapanyagokat tömörítéses eljárással, hengeres alakú, kisméretű, alacsony nedvesség tartalmú és magas fűtőértékű biotüzelőanyagokká alakítják [5]. A pelletek pozitív tulajdonságainak köszönhetően piacuk folyamatosan bővül, a legyártott és forgalomba

hozott tüzelőanyag mennyisége intenzíven növekedik. A felhasználási kategóriákon belül a tisztán **dendromassza alapanyag felhasználásával előállított pelleteket fapelleteknek, a nem dendromassza alapú pelleteket gyűjtőnéven agripelleteknek**, vagy nem faalapú pelleteknek nevezik [6] [7]. E két kategória között igen jelentős különbség van az alapanyag kémiai összetételének állandósága szempontjából. A **fás szárú alapanyagokból** – azon belül is a faanyagok kéregtelenített törzsrészből – **készült pelletek alapanyagának összetétele fafaj alapján jól prognosztizálható**, alacsony ingadozást mutat [8]. Ezzel szemben, **az agripelletek esetében az anyagösszetétel nem állandó sajátossága az alapanyagoknak, ezért a pelletek alapanyagokkal kapcsolatos vizsgálata és fejlesztése napjaink aktuális kérdése, amely számok kutatási kérdést is felvet** [8] [9].

2. CÉLKITŰZÉSEK, KUTATÁSI STARTÉGIA

A folyamatos piaci bővülés, a piaci szereplők számának növekedése minden esetben megköveteli az egységes, magas minőségi követelményeknek megfelelő termékek piacra bocsátását. Ennek az elvárásnak bármely termék esetén – így a tűzipelletek kapcsán is - a megfelelően kialakított, teljes termékcikluson átívelő, egységes mérő- és szabályozórendszer képes megfelelő alapot biztosítani.

A pelletgyártás szempontjából ideálisnak tekinthető, kéreg, levél és ág részekről mentes faforgácsolási és –csiszolási alapanyagok korlátos rendelkezésre állása, új lágý- és fás szárú alapanyagok bevonását teszi szükségessé. Az új alapanyagok bevonása új kihívásokat elé állíthatja a pelletszektor, hiszen **a folyamatosan egyenletes, magas minőségű termékgyártás alapfeltétele a szabványosított, kontrolált gyártási folyamatok és alapanyagok megléte** [11] [12].

Ezen feltételek teljesülésének vizsgálatára, az esetleges hiányosságok kiküszöbölésére, valamint a pellet termékciklus szabályozó- és mérőrendszerének kiterjesztésére első lépésben a szabályozandó területeket kell meghatározni; majd a szabályozási eszközök megfelelőségét és hatékonyságát vizsgálva, célszerű a szabályozási eszközök továbbfejlesztése és kiterjesztése.

3. A DOLGOZAT ÖSSZEGZÉSE, FŐBB KUTATÁSI EREDMÉNYEK

Pellet ciklus szabályozó eszközeinek kiértékelése

A pelletek gyártásának és felhasználásának fokozatos növekedése különösen fontossá tette a minőségi előírások lefektetését, tanúsítási rendszerek kidolgozását.

A nemzeti-, európai és nemzetközi minőségsszabályozó eszközök eltérést mutatnak azzal kapcsolatban, hogy a pellet termékciklus mely területeit fedik le. A pelletekkel kapcsolatos minőségsszabályozás magába foglalhatja:

- az alapanyagok osztályozását minőség és eredet alapján,
- a termék előállítását és minősítést,
- a termék előállítása és fogyasztóhoz juttatása közötti tevékenységeket.

Szabályozó eszköz	Alapanyag		Termék		Kereskedelem	
	Minőség	Eredet	Előállítás	Minőség	Szállítás	Raktározás
ENplus:2015 ¹		✓	✓	✓	✓	✓
ISO 17225:2014		✓		✓		
EN 15234:2012 ²		✓	✓	✓	✓	✓
EN 14961:2010 ²		✓		✓		
Nemzeti szabványok				✓		

¹ Csak fás szárú alapanyagból előállított pelletekre terjed ki a szabályozás

² Csak a nem ipari pelletekre terjed ki a szabályozás

1. táblázat: Minőségsszabályozó eszközök hatókörei

A pelletek gyártási és a késztermék minősítési módszereinek szabványosítását, a releváns fogalmak definiálását, az eljárások és a mérések egységesítését javarészt magukba foglalják a minőségsszabályozó eszközök, de a pellet termékciklus teljes folyamatát már nem fedik le, annak csupán részterületeit szabályozzák.

Korábban, amíg a piaci forgalomban nem terjedtek el a lágyszárú alapanyagból készülő agripelletek ez a fajta szabályozás kielégítő volt. A fás szárú alapanyagok összetétele fafaj alapján szakirodalmi adatok

használatával jól prognosztizálható, így a késztermék minősége nagy pontossággal előre jelezhető. **A lágy szárú alapanyagok felhasználását is megengedő minőségkategóriák szabályozás alá vonását követően viszont, már nem helytálló az eredet alapján történő szabályozás, mert a lágy szárú anyagok kémiai összetétele változékony, és eredet alapján nem határozható meg a késztermék minősége.** A pellet termékciklust legátfogóbban az EN 15234:2012 és az ENplus:2015 szabályozó eszközök fedik le jelenleg. **Ugyanakkor a lefedettség ezeknél az eszközöknél sem teljes körű, hiszen ezek esetében is fennáll (csakúgy, mint a többi minőségsszabályzó eszköz esetén) az a meghatározó hiányosság, hogy az alapanyagok eredetére ugyan kiterjednek, de az alapanyagokat minőségük alapján nem osztályozzák (1. táblázat).**

Pellet alapanyag mérési eljárásokat kiértékelő rendszer kidolgozása és alkalmazása

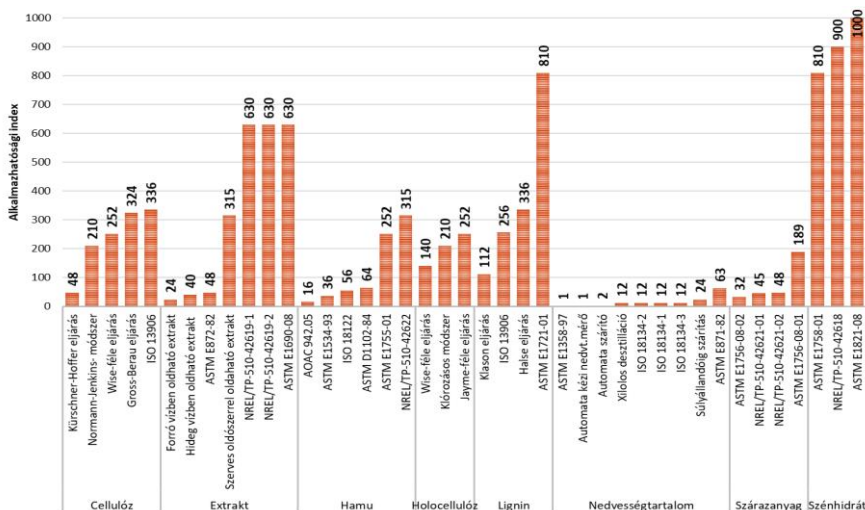
Az alapanyagok minőségének kontrolálására rendelkezésre állnak szabványosított és egyéb eljárások, amelyek alkalmasak az alapanyag paraméterek meghatározására. **A dolgozatban 8 kritikus pellet alapanyag paramétertípus** (nedvességtartalom; szárazanyag-tartalom; szénhidráttartalom; hamutartalom; cellulóztartalom holocellulóz-tartalom; lignintartalom; extrakt-tartalom) **lett kiválasztva, melyek kontrolálásával szabályozható a magas minőségű késztermékgyártás, még lágy szárú alapanyagok felhasználása esetén is.**

A biomassza anyagok minősítésére rendelkezésre állnak ugyan különböző mérési eljárások, de ezek javarészt komplex, nagy összetettségű módszerek, ebből adódóan az pellet életciklusra vonatkozó optimális eljárások kiválasztása támogatást igényel, erre korábban nem állt rendelkezésre eszköz.

Az újonnan kidolgozott pelletgyártás alapanyagát szabályzó, mérési eljárásokat kiértékelő rendszer célja, hogy az alapanyag vizsgálatára alkalmas mérési eljárásokat egyértelműen osztályozza, egymással összehasonlítható módon rangsorolja, segítve ezzel a gyártók számára az optimális vizsgálati módszerek kiválasztását és folyamatba illesztését. A kidolgozott mérési eljárásokat kiértékelő rendszer új, tudományos aspektust ad az alapanyag minősítés területének.

Az értékelési rendszer kidolgozásának alapja azon vizsgálati tényezők meghatározása volt, melyek képesek közös platformra helyezni a különböző vizsgálati csoportba tartozó mérési eljárásokat. Ennek érdekében a kiértékelő rendszer fejlesztése során három kiértékelési tényezőt – eszköz-, időigény és komplexitás - határozta meg, amelyek ismerete és értékelése biztosítja, hogy a mérési eljárásokat kiértékelő rendszerrel szemben támasztott követelmények maradéktalanul teljesíthetők legyenek. A három vizsgálati tényező tartalma a következő:

- *eszköz*igény - a szabványosított eljárásleírásban meghatározott valamennyi eszköz száma és értéke, a minta előkészítés eszközeivel együtt;
- *idő*igény - a szabványosított eljárás leírásában meghatározott, az eljárások lefolytatásához szükséges átlagos időigény, az esetleges várakozási időkkel és a minta előkészítés idejével együttesen;
- *komplexitás* - a szabványosított eljárás leírásában meghatározott eljárás bonyolultsága (műveleti lépések száma), összetettsége, és humánerőforrás igénye alapján.



1. ábra: Alapanyag minősítő eljárások rangsorolása

A különböző vizsgálatok értékelése során mindhárom tényező 1-től 10-ig terjedő pontértéket vehet fel (a legjobb: 1, a legrosszabb: 10),

melyek szorzata együttesen adja az adott eljárás alkalmazhatósági indexét. Az értékelési rendszer alapján a legkedvezőbb eljárás alkalmazhatósági indexe 1, a legkedvezőtlenebbé pedig 1000, ezzel az új módszerrel a mérési eljárások kiértékelhetővé és összevethetővé váltak (1. ábra).

A dolgozat 41 különböző – a 8 kritikus alapanyag paraméter vizsgálatára irányuló - **mérési módszer értékelését foglalja magába.** Összességében megállapítható, hogy a nedvesség-, a szárazanyag-, a hamu- és az extrakt tartalom meghatározására több kedvezőnek mondható, alacsony alkalmazási indexű (azaz hatékony) eljárás is rendelkezésre áll. Ezzel szemben állnak a cellulóz-, holocellulóz-, lignin-, és szénhidrát-tartalom meghatározására szolgáló vizsgálatokkal, melyek alkalmazhatósági indexe relatív rosszabb, magasabb értéket mutat. A mérési eljárásokat kiértékelő rendszer alkalmazása alapján a pellet életciklusban a következő eljárások alkalmazását javaslom paramétercsoportonként:

- Nedvességtartalom: ***Automata kézi nedvt. mérő*** ($A_i=1$)
- Hamutartalom: ***AOAC 942.05*** ($A_i=16$)
- Extrakt-tartalom: ***Extraktok oldása forró vízzel*** ($A_i=24$)
(*vízben oldható rész meghatározására*)
Szerves oldószerrel oldható extrakt ($A_i=315$)
(*szerves oldószerekkel oldható rész meghatározására*)
- Szárazanyag-tartalom: ***NREL/TP-510-42621-02*** ($A_i=32$)
- Cellulóztartalom: ***Kürschner-Hoffer eljárás*** ($A_i=48$)
- Holocellulóz-tartalom: ***Wise-féle eljárás*** ($A_i=140$)
- Lignintartalom: ***Klason eljárás*** ($A_i=112$)
- Szénhidráttartalom: ***ASTM E1758-01*** ($A_i=810$)

Pellet alapanyag mérési eljárások gyártási folyamatba illesztése

A mérési eljárások folyamatba illeszthetőségének meghatározása fontos kérdés, mert a mérési módszerek gyártási folyamatban elfoglalt pozíciója meghatározza a szabályozás erősségét, így a gyártási folyamaton lévő kontrol megvalósítható szintjét is. Ebből adódóan alapvető kérdés a különböző vizsgálati csoportokhoz tartozó eljárások optimális illesztési pontjainak meghatározása.

A különböző alapanyag mérési eljárások elméletileg a pellet gyártási folyamat bármely pontjához (vagy, azt megelőzően) hozzáadhatók, de a gyakorlati megvalósítás számos kérdést felvet, hiszen cél a hatékony gyakorlati megoldás és a jó minőségű termék gyártása. Ha egy vizsgálati paraméter a gyártási folyamat korai szakaszban szabályozott, akkor már a folyamat elején lehetséges az eltérések/hibák detektálására, ami erős kontrollt, így hatékony és olcsóbb előállítást jelent.

A kifejlesztett új kiértékelő rendszer alkalmazásával láthatóvá vált, hogy a biomassa anyagok minősítésére rendelkezésre álló eljárások javarészt komplex, nagy összetettségű eljárások. Ezek a módszerek jellemzően nem, vagy csak részben automatizálhatók, lefolytatásuk humán erőforrás igényes. Az eljárások ezen tulajdonságai egyértelműen gátló tényezők a gyártási ciklus különböző folyamatleírásaihoz történő kapcsolásnak, így a különböző mérések elvégzése leginkább két folyamatlépés közé ékelve értelmezhető. Az eljárásokra kevés kivételtől eltekintve magas időigény is jellemző, így ezek a gyártási ciklus normál folyamatáramával nehezen összehangolhatók, amely szintén kritikussá teszi a folyamatba illeszthetőség lehetőségeit.

A cellulóztartalom mérésére jellemzően nagy időigényű eljárások állnak csak rendelkezésre, ezért ezek folyamatlépések közé illesztése nehézkes, az eljárások eredményesen a gyártási folyamat megkezdése előtt, az alapanyag minősítés során végezhető el. Hasonló a helyzet a holocellulóz-tartalom, a lignintartalom, és a szárazanyag-tartalom mérése során is.

A nedvességtartalom mérésére rendelkezésre állnak teljesen automatizált, gyors mérési eljárások is. Folyamatba illeszthetőség szempontjából ez a módszer tekinthető a legkedvezőbbnek, hiszen gyakorlatilag bármely művelet közé eredményesen integrálható.

A hamutartalom, az extrakt-tartalom, és a szénhidrát-tartalom mérésére rendelkezésre álló módszerek esetében szintén fennáll a folyamatba illeszthetőség nehézsége, hiszen valamennyi eljárásra igaz, hogy magas időigényük, vagy komplexitásuk gátló tényezőként hat. **Az ismertett korlátozó tényezők (magas eszköz-, időigény és komplexitás) hatására, a legtöbb eljárás csupán a termékciklus legelején, az alapanyag ciklus során integrálható hatékonyan a folyamatba. Kivételt képeznek ez**

alól a nedvességtartalom mérésére rendelkezésre álló, alacsony alkalmazhatósági indexszel rendelkező eljárások, melyek a termékciklus kezdeti szakaszán túl, a gyártási folyamat több pontján is sikeresen folyamatba illeszthetők.

Természetesen a folyamat végén, a pelletálási szakaszt követően a késztermék utólag is minősíthető a mérési eljárásokkal. Ebben az esetben viszont ezek a paraméterek nem kontrolálhatók, a késztermék minősége az alapanyag eredetét alapján – jellemzően a lágyszárú alapanyagok esetén - nem jelezhető előre, így egy esetleges receptúraváltással, vagy egyéb eszközökkel nem is befolyásolható az. Ez a megoldás nem hatékony.

Javaslattevél a pellet szabályozó eszközök kiterjesztésére

A standardok normál fejlődését leíró folyamat során az új, magasabb szintű nemzetközi normák váltják az európai illetve a nemzeti szabványokat. A váltással egyidőben honosításra kerülnek a magasabb szintű szabályozás irányelvei, a korábbi szabványok harmonizációjával a nemzetközi standardok lépnek érvénybe. A pellet szabványok fejlődése követi a normál metódust, vagyis a nemzeti szabványokat az európai normák, majd a Nemzetközi Szabványügyi Szervezet irányadó standardjai váltották. A kiterjesztés alternatíváinak számbavétele során az európai biomassza közösség ernyőszervezete, az Európai Biomassza Szövetség által kidolgozott ENplus szabványrendszert is átvizsgálásra került. Az ENplus szintetizáló jellegéből adódóan magába foglalja a nemzetközi szabályozás elemeit, felépítésében és tartalmában is követi azokat.

A hatályos szabályozó eszközök a késztermékeket azok paraméterei, és az azok előállításához felhasznált alapanyag eredete alapján osztályozzák. A pelletszektor fiatal ágazat, amely sokat változott az elmúlt időszakban. Az új, jellemzően lágyszárú alapanyagok bevonása változásokat hozott. **Így a jelenlegi szabályozás már nem tekinthető elegendőnek,** hiszen a lágyszárú, illetve a magas a kéreg, levél- és ágrész tartalmú faszárú anyagok, valamint ezek keverékei esetében is igaz, hogy nem prognosztizálható az anyagösszetétel az alapanyag eredete alapján úgy, mint a magas minőségű faszárú alapanyagok esetében.

A jelenlegi szabályozás magában hordozza továbbá azt a korlátosságot is, hogy akár a legmagasabb késztermék kategória

követelményeinek is megfelelő, de lágy szárú alapanyagot is tartalmazó késztermékek nem kerülhetnek be az adott minőségi kategóriába (hiszen ezek eredetük alapján nem lehetnek a legmagasabb minőségi kategóriába tartozó pelletek alapanyagai). Ennek feloldása érdekében, a következőben ismertetett módosítások bevezetésével javaslom kiterjeszteni a pellet szabályozó eszközöket, egy alapanyag eredettől független, összetétel alapú szabályozási rendszer bevezetésével.

Megállapítottam, hogy a szabványmódosítást a legmagasabb szintű, az alapanyag minősítésének szempontjából releváns nemzetközi szabványsorozaton, az ISO 17225:2014 „Szilárd bio-tüzelőanyagok. Tüzelőanyag-előírások és -osztályok.” című standardsorozaton javasolt elvégezni, hiszen ily módon a módosítások az alacsonyabb szintű, és a szintetizáló jellegű szabályozó eszközökre is kiterjednek. A szabványmódosítás helyének megjelölésén túl, kidolgoztam a javasolt szabványmódosítás tartalmát is:

Módosítási javaslat (1): *Javaslom az eredet szerinti csoportosítás eltörlését, helyette új, alapanyag összetétel szerinti minőségi kategóriák meghatározását, melyek ily módon már iránymutatást adnak az új, jellemzően lágy szárú alapanyagok/alapanyag-keverékek beltartalmi értéke alapján történő kategorizálásra is.*

A minőségi kategóriák meghatározása során a hatályos ISO 17225:2014 szabványsorozat 2. és 6. kötetében, a késztermék minősítésre kiadott kategóriák megtartását javaslom, azonos paraméter határértékekkel.

Ezek alapján az alapanyagok és azok keverékei lehetnek: A1, A2, B, I1, I2, I3, C, D kategóriájú anyagok.

Módosítási javaslat (2): *Javaslom a dolgozatban bemutatott minősített eljárások jegyzékének átvételét (a szabványban „Javasolt mérési eljárások” cím alatt megjeleníteni), minden esetben jelölve a metódusok alkalmazhatósági indexét is.*

Továbbá javaslom a kidolgozott mérés kiértékelő-rendszer implementálását, ezzel támogatva a tanúsított fél számára az optimális

alapanyag minősítő eljárások kiválasztását, a korábban még nem kiértékelt, egyéb eljárások esetén is.

Módosítási javaslat (3): ISO 17225 2. és 6. kötetének összevonásával, az alapanyag eredetétől független, tisztán minőségi osztályozás alapján történő kategóriák kialakítását javaslom. A késztermék minőségi kategóriák legyenek azonosak az alapanyag kategóriákkal – megegyezően az módosított ISO 17225-1 szabványkötettel.

Az így képzett késztermék minőségi kategóriák tehát: A1, A2, B, I1, I2, I3, C, D

4. TÉZISEK

- (T1)** Az agripelletek alapanyagául szolgáló lágy szárú anyagok kémiai összetételük alapján nagy változékonyságot mutatnak, eredet (faj) alapján összetételük nem tekinthetőek állandónak. Ezért ezen alapanyagok esetében a jelenleginél lényegesen magasabb szintű szabályozását és ellenőrzését kell bevezetni. A minőségsszabályozó eszközök eltérést mutatnak azzal kapcsolatosan, hogy a teljes pellet termékciklus mely részterületeit képesek lefedni, valamennyi eszköz esetében fennáll az a meghatározó hiányosság, hogy az alapanyagok minőségi szabályozására nem terjednek ki, ezért szükséges a szabványok kiegészítése.

(3.3.1. Alapanyag ciklus, 5. Pellet termékciklus jellemzőinek meghatározása)

Publikálva:

- Konrád K., Németh G.: Fa- és agripelletek tüzeléstechnikai tulajdonságaival összefüggő kutatások alapjai. Sopron, ERFARET Nonprofit Kft., 2013., *Fajpar*, 61. kötet, old.: 28-34.
- Konrád K., Viharos Zs. J., Németh G.: Minőségsszabályozási rendszerek kiterjesztése pellet alapanyagokra. Kolozsvár, XVII. Nemzetközi Energetika-Elektrotechnika Konferencia (ENELKO), 2016. old.: 72-77.
- Konrád K., Viharos Zs. J.: Pellet termékciklus szabályozásának, mérésének rendszere és kihívásai. Keszthely, XXII. Ifjúsági Tudományos Fórum, 2016. old.: 1-6. ISBN:978-963-9639-83-6.
- Konrád K., Viharos Zs. J.: Hungary: raw material quality as a crucial factor. Wels, European Pellet Conference, 2018. március 1.

- (T2)** A megfelelő minőségű pellet előállításához az alapanyag minősége erősen meghatározó, a pelletgyártási folyamat szabályozása csak korlátozottan tudja a végtermék minőségét befolyásolni. A pelletek gyártása során alapanyagul szolgáló szilárd biogén anyagok molekuláris szerkezetének, illetve elemi összetételének, azaz az

alapanyag paraméterek ismerete nem csak a végtermék tüzeléstechnikai paramétereire enged következtetni, hanem teljes gyártási folyamatot szabályozhatóvá teszi. Az alapanyag paraméterek ismeretével a gyártási receptúrák egyszerűbben, gazdaságosabban kialakíthatóvá válnak, amivel még változó paraméterű alapanyagok felhasználása esetén is biztosítható a késztermék minőségigadozásának alacsony szinten tartása.

(5. Pellet termékciklus jellemzőinek meghatározása)

Publikálva:

- Konrád K., Viharos Zs. J., Németh G.: **Minőség szabályozási rendszerek kiterjesztése pellet alapanyagokra.** Kolozsvár, XVII. Nemzetközi Energetika-Elektrotechnika Konferencia (ENELKO), 2016. old.: 72-77.
- Konrád K., Viharos Zs. J.: **Pellet termékciklus szabályozásának, mérésének rendszere és kihívásai.** Keszthely, XXII. Ifjúsági Tudományos Fórum, 2016. old.: 1-6. ISBN:978-963-9639-83-6.
- Konrád K., Viharos Zs. J., Németh G.: **Evaluation, ranking and positioning of measurement methods for pellet production.** *Measurement*, 2018, 124. kötet, old.: 568-574.

(T3) A biomassa alapanyagok minősítésére szolgáló analitikai eljárások között folyamatba illeszthetőség szempontjából jelentős különbség van. Új, komplex mérési eljárásokat kiértékelő rendszert dolgoztam ki, amely a biomassa anyagok mérésére alkalmas metódusokat eszközigényük, időigényük és komplexitásuk alapján képes egyedileg elemezni. A kifejlesztett alkalmazhatósági index használatával értékelhetővé, osztályozhatóvá és összehasonlíthatóvá válnak a különböző mérési eljárások.

(7.2. Mérési eljárásokat kiértékelő rendszer kidolgozása)

Publikálva:

- Konrád K., Viharos Zs. J., Németh G.: **Evaluation, ranking and positioning of measurement methods for pellet production.** *Measurement*, 2018, 124. kötet, old.: 568-574.
- Konrád K., Viharos Zs. J., Németh G.: **Raw material measurement methods evaluation and ranking for pellet production.** Budapest, *International Measurement Confederation (IMEKO)*, 2017. old.: 164-169. ISBN:978-92-990075-

(T4) A kifejlesztett mérési eljárásokat kiértékelő rendszer alkalmazásával meghatároztam a pellet termékciklusba illeszthetőség szempontjából legkedvezőbb eljárásokat. Megállapítottam, hogy a nedvességtartam mérés kivételével – amelyre rendelkezésre áll teljesen automatizált, egy műveleti elemből álló metódus - a mérési eljárások csupán a termékciklus kezdetén, az alapanyag ciklus során integrálhatók hatékonyan a gyártási ciklusba.

(7.3. Kiértékelő rendszer alkalmazása, 7.4. Alapanyag mérési eljárások gyártási folyamatba illesztése)

Publikálva:

- Konrád K., Viharos Zs. J., Németh G.: Evaluation, ranking and positioning of measurement methods for pellet production. *Measurement*, 2018, 124. kötet, old.: 568-574.
- Konrád K., Viharos Zs. J., Németh G.: Raw material measurement methods evaluation and ranking for pellet production. Budapest, *International Measurement Confederation (IMEKO)*, 2017. old.: 164-169. ISBN:978-92-990075

(T5) Megjelöltem, hogy a kiterjesztést az ISO 17225:2014 szabványsorozaton kell elvégezni. Leírtam, hogy milyen tartalommal és milyen módon kell kiegészíteni a meglévő szabályozó eszközöket. A megjelölt szabványszerkezeti és –tartalmi módosítások feloldják az alapanyag minősítés hiányára visszavezethető defektust, ajánlást tesznek a Nemzetközi Szabványügyi Szervezet számára.

(7.5. Javaslattétel a szabályozó eszközök kiterjesztésére)

Publikálva:

- Konrád K., Viharos Zs. J.: Hungary: raw material quality as a crucial factor. Wels, *European Pellet Conference*, 2018. március 1.

5. IRODALOMJEGYZÉK

1. **Szemmelveiszné dr. Hodvogner Katalin.** *Energiahordozók.* Miskolc : Miskolci Egyetemi Kiadó, 1998. old.: 256.
2. **British Petroleum.** BP Statistical Review of World Energy. *www.bp.com.* [Online] [Hivatkozva: 2017. október 5.] <https://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/statistical-review-of-world-energy/downloads.html>.
3. **Európai Bizottság.** Energia 2020 - Stratégia a versenyképes, fenntartható és biztonságos energiaforrásokért. Brüsszel : ismeretlen szerző, 2010.
4. **REN21.** *Renewables 2017 - Global status report.* Párizs : REN21, 2017. ISBN 978-3-9818107-6-9.
5. *Wood fuel properties and fuel products from woods.* **A. J. Baker.** East Lansing : Fuel Wood Management and Utilization Seminar, 1982., old.: 14-25.
6. *A Review of Pellets from Different Sources.* **Teresa Miranda, Irene Montero, Francisco José Sepúlveda, José Ignacio Arranz, Carmen Victoria Rojas and Sergio Nogales .** Bázél : MDPI, 2015., Materials, 8. kötet, old.: 1413-1427. ISSN 1996-1944.
7. *The economic potential of wood pellet production from alternative, low-value wood sources in the southeast of the U.S.* **Ric Hoefnagels, Martin Junginger, André Faaij.** New York : Elsevier Applied Science, 2014., Biomass and Bioenergy, 71. kötet, old.: 443-454. ISSN 0961-9534.
8. *Understanding biomass feedstock variability.* **Kevin L Kenney; William A Smith; Garold L Gresham;** London : Taylor & Francis Group, 2013., Biofuels, 4. kötet, old.: 111-127. ISSN: 1759-7277.

9. *Variability of biomass chemical composition and rapid analysis using FT-NIR techniques.* **Lu Liu; X. Philip Ye; Alvin R. Womac; Shahab Sokha.** New York : Elsevier Applied Science, 2010., Carbohydrate Polymers, 81. kötet, old.: 820-829. ISSN: 0144-8617.
10. *Közönséges nád (Phragmites australis) pelletálási technológiájának vizsgálata – I. rész: Az alapanyag tulajdonságai.* **Magoss, Endre, Vityi, Andrea és Richter, Zoltán.** Sopron : ERFARET Nonprofit Kft., 2015., 63/1. kötet, old.: 21-26. ISSN 0014-6897.
11. **International Organization for Standardization.** *Economic benefits of standards.* Genève : ISO, 2014. ISBN 978-92-67-10620-5.
12. **Peter Hatto.** *Standards and Standardization Handbook.* Brüsszel : Európai Bizottság, 2010.

6. A KUTATÁSI TÉMÁT ÉRINTŐ PUBLIKÁCIÓK ÉS ELŐADÁSOK

- [1] **Konrád K., Viharos Zs. J.:** *Hungary: raw material quality as a crucial factor.* Wels, European Pellet Conference (2018)
- [2] **Konrád K.; Viharos Zs. J. ; Németh G.:** *Evaluation, ranking and positioning of measurement methods for pellet production,* MEASUREMENT 124 pp. 568-574. , 10 p. (2018)
- [3] **Konrád K.:** *Evaluation of measurement procedures for supporting the energy use of biomass materials,XXIV. Ifjúsági Tudományos Fórum Keszthely, Magyarország (2018) pp. 1-6.*
- [4] **Konrád K.; Viharos Zs. J. ; Németh G.:** *Raw material measurement methods evaluation and ranking for pellet production pp. 164-169., 15th IMEKO TC10 International Measurement Confederation, Budapest, Magyarország (2017) p. 206*
- [5] **Konrád K.; Németh G. ; Viharos Zs. J.:** *Minőségsszabályozási rendszerek kiterjesztése pellet alapanyagokra: Extension of the quality control systems to the raw materials of pellets pp. 72-77., ENELKO 2016 - XVII. Nemzetközi Energetika-Elektrotechnika Konferencia, Kolozsvár, Románia (2016)*
- [6] **Konrád K.; Viharos Zs. J.:** *Pellet termékciklus szabályozásának, mérésének rendszere és kihívásai pp. 1-6. , XXII. Ifjúsági Tudományos Fórum Keszthely, Magyarország (2016)*
- [7] **Konrád K.; Németh G.:** *Fa- és agripelletek tüzeléstechnikai tulajdonságaival összefüggő kutatások alapjai, FAIPAR 61 : 1 pp. 28-34. (2013)*

Soproni Egyetem
Simonyi Károly Műszaki, Faanyagtudományi és Művészeti Kar
Cziráki József Faanyagtudomány és Technológiák Doktori Iskola



Sopron
2018