

DEBRECENI EGYETEM
Agrártudományi Centrum
Mezőgazdaságtudományi Kar
Géptani Tanszék

**INTERDISZCIPLINÁRIS AGRÁR- ÉS TERMÉSZETTUDOMÁNYOK
DOKTORI ISKOLA**

Doktori Iskola vezető:
Prof. dr. Nagy János
MTA doktora

Ph.D. értekezés tézisei

**A RÉGIÓRA JELLEMZŐ MEZŐGAZDASÁGI HULLADÉKOK ÉS
MELLÉKTERMÉKEK TÜZELÉSTECHNIKAI HASZNOSÍTÁSA**

Témavezető:
Dr. Grasselli Gábor
a mezőgazdaságtudományok kandidátusa

Készítette:
Juhász György
doktorjelölt

Debrecen
2006

1. BEVEZETÉS

1.1. A témaválasztás indoklása, a kutatás célkitűzései

Alaszkától az Andokig egyre melegszik a világ. Bár a földi átlaghőmérséklet csak 0,6 Celsius-fokkal több (*APPENZELLER, 2004/b*), mint a múlt század elején, de a leghidegebb, legtávolabbi vidékek melegebbek lettek. Ma már szinte minden tudományos szinten egyetértenek abban, hogy a 20. században főleg az emberi tevékenység miatt melegedett az idő (*IPCC, 2001*). Ahogy a szén-dioxid szintje emelkedik, úgy kúszik följebb a higanyszál, az IPCC-előrejelzés szerint a század végéig újabb 1,5-5,5 Celsius-fokkal.

Műholdfelvételek bizonyítják, hogy 2005 szeptemberében a sarkvidék jégtakarója vékonyabb volt, mint amit valaha tapasztaltak. 1979-hez képest 1,3 km²-rel csökkent a tengereket borító jég kiterjedése (*KISS, 2006*). A kutatók többsége egyetért abban, hogy a melegedést okozó szén-dioxid növekedés fő oka a fosszilis energiahordozók használata és az erdőégetés (*MORELL, 2004*).

A szakirodalomban gyakran jelennek meg becslések a világ energiavagyonáról, de a geológiai feltáratlan terület még rendkívül nagy, ezért ezek az adatok bizonytalanok (*VAJDA, 2004; BAUQUIS, 2002*). Nem tudjuk pontosan meddig lesz elég ez a vagyon, de egy biztos: a készletek korlátozottak. A mai ellátás 87 %-a fosszilis energiahordozón alapul (*FARKAS, 2004*) és várhatóan néhány évtizedig még ez így is marad (*MOLNÁR, 2005*). A bőségesen rendelkezésre álló szén reneszánsza a globális felmelegedést gyorsítaná, s ezzel megszüntetné a létfenntartáshoz szükséges környezetet.

Magyarország szénhidrogénvagyonára egyre fogy. Az éves kitermelés csak kis részét fedezi a felhasznált mennyiségnek és a termelés évről évre csökken. Az import folyamatosan drágul, és kockázatokat rejt magában, ezért létkérdés az energiaellátás területén jelentkező kedvezőtlen folyamatok ellensúlyozása.

BARÓTFI, 2006 szerint az energetika egyedül járható útja, a meglévő készletekkel való következetes takarékoskodás, és a szükségletek minél nagyobb mértékben megújuló energiaforrásokból történő biztosítása. Hazánk megújuló energiapolitikájában a leginkább járható útnak az látszik, ha a biomassa hasznosítását növeli, melyben az-energetikai eljárások közül jelenleg a tüzelési célú hasznosítás tűnik a legkedvezőbbnek.

Magyarország a biomassa készletek tekintetében kedvező adottságokkal rendelkezik, amelyet a jelenlegi 4,2- %-os hasznosítási arány (*BAI, 2005*) nem tükröz. Szakemberek szerint a hazai energiafogyasztás 9-10 %-a is fedezhető lenne a biomassa eltüzelésével (*BAI - ZSUFFA, 2001*), és hosszabb távon a 17-18 % sem lehetetlen (*MAROSVÖLGYI, 2004, 2005*). Az országban több mint húsz éve folynak kutatások a biomassa hasznosításának területén, ezáltal nemcsak biomassa források tekintetében kedvezőek az adottságaink, hanem rendelkezésre áll a szakértelem is.

A biomassa tüzeléstechnikai hasznosításának elsődleges feltétele a biomassa mennyiségének pontos ismerete. Bár készültek országos felmérések a témában, de részletes, helyi viszonyokat is tükröző adatok - amelyek a települési, kistérségi vagy a regionális felhasználást elősegíthetik – hiányoznak.

A Debrecen agglomerációjának területén évente képződő, tüzelésre alkalmas biomassa mennyiségének meghatározása érdekében dolgozatomban az alábbi célokat tűztem ki:

1. A vizsgált térséghez tartozó települések közigazgatási területén évente képződő égethető, növényi eredetű szilárd biomassa mennyiségének felmérése. A növényeket a hasznosítás azonos technológiája alapján választottam ki, ezáltal a felmérés tárgyát a mezőgazdasági eredetű, fás bio-tüzelőanyagok képezték. A vizsgált térségben képződő fás bio-tüzelőanyagok arányainak bemutatása valamint a tüzeléstechnikai hasznosítás tervezhetőségének érdekében meghatároztam a térség erdészeti produktumát is.
2. A szőlő- és gyümölcsfanyesedékek tömegének és energiatartalmának korrekt meghatározásához számos adat hiányzik, ezért a kutatásom nagyobb részét a

térségre jellemző szőlő- és gyümölcsfafajok és fajták energetikai hasznosításához szükséges fizikai jellemzők meghatározása képezte.

Megvizsgáltam a tüzeléstechnikai felhasználás szempontjából meghatározó fizikai jellemzők közül az egy fára vonatkoztatott nyesedék nedves tömegét fajtánként, a nyesedékek metszés utáni nedvességtartalmát, a hamutartalmát, az égéshőjét és fűtőértékét valamint a nyesedék fajra jellemző legnagyobb átmérőjét.

3. Alapadatok meghatározása, amely egyrészt bázisul szolgálhat a későbbi, tervezett kutatásokhoz, másrészt elősegítheti a kistérségek megújuló energiaforrások hasznosítására irányuló stratégiai terveinek kidolgozását.

A térség és a települések kiválasztási szempontjaként egy lehetséges biomassza erőmű építésének szállítási útvonal optimalizálása érdekében a gazdaságos szállítási lehetőségeket vettem figyelembe. Ezen szempont szerint 23 település került a vizsgálati körbe.

Alapvető célkitűzésem, hogy ezek az ismeretek ne csak szakmai körökben váljanak ismertté, hanem széles körben terjesztve bővítsék a tényleges felhasználók körét is.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

2.1. A vizsgálat tárgya

Vizsgálatokat végeztem a szőlő- és gyümölcsfanyesedékek tüzeléstechnikai szempontból fontos fizikai jellemzőinek meghatározására. A vizsgálathoz szükséges mintákat a debreceni agglomeráció területén vettem fel. A vizsgált jellemzők az egy fára vonatkoztatott nyesedék tömege fajtánként, a nyesedék metszésekor mérhető nedvességtartalma, a nyesedék hamutartalma, égéshője és fűtőértéke valamint a nyesedék legnagyobb átmérője.

Adatgyűjtést végeztem a vizsgált térségek közigazgatási határán belül a fás biomassza, ezen belül a szőlő- és gyümölcsfanyesedékek valamint az erdészeti produktum mennyiségének meghatározásához.

Számításokat végeztem a vizsgált települések közigazgatási területén képződő fás biomassza energiatartalmának meghatározására.

2.2. A vizsgálat helyszíne

Debrecen agglomerációjában 1990-et követően több kistérségi társulás szerveződött. A kutatást a kistérségekhez tartozó településeken 2002-ben kezdtem meg. 2004. január 1-jén a kistérségi besorolás megváltozott, Derecske és Konyár is a kistérséghez került. Az utóbbi települések adatai nem kerültek feldolgozásra, mivel a területi és mérési adatok többsége a változáskor már készen volt.

A térségben keletkező fás biomassza energetikai hasznosításának tervezésekor szükséges a helyi adottságok ismerete, hiszen a Debrecen agglomerációjához tartozó települések esetében jelentősek ezek a különbségek. A vizsgálatba bevont kistérségeket és településeket az 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat: Debrecen agglomerációjához tartozó kistérségek és települések

| Kistérség név | Települések | Kistérség székhelye |
|----------------------|---|---------------------|
| Debreceni | Debrecen | Debrecen |
| Derecske–Létavértesi | Álmosd, Bagamér, Derecske, Hajdúbagosa, Hosszúpályi, Kokad, Konyár, Létavértes, Mikepércs, Monostorpályi, Sáránd | Létavértes |
| Hajdúhadházi | Bocskai kert, Fülöp, Hajdúhadház, Hajdúsámson, Nyírábrány, Nyíracsaád, Nyíradony, Nyírmártonfalva, Téglás, Újléta, Vámospercs | Hajdúhadház |

Forrás: KSH 2004

2.3. Szőlő- és gyümölcsfanyesedékek fizikai jellemzőinek vizsgálati módszerei

2.3.1. A nyesedéktömeg meghatározásának lépései és módszerei.

- Mintavétel előtt kiválasztottam az adott területre jellemző fajokat és a területen természetesen jellemző fajtákat. A minták szakemberek által telepített és kezelt ültetvényekről származnak. A vizsgálathoz fajtánként termőkorú egyedekből vettem mintát. Nem volt tárgya a vizsgálatnak a talaj minősége.
- Az ültetvényeken véletlen kiválasztáson alapuló mintavétellel kijelöltem a vizsgálandó fákat és megmértem az egy fára vonatkozó nyesedék tömegét. A mért adatok alapján kiszámítottam a tömegadatok statisztikai jellemzőit, az egy fára vonatkozó minimumot, maximumot, átlagértékeket valamint 95%-os konfidenciaszint mellett a konfidencia intervallumot.

2.3.2. A mérések helyszínei és körülményei

A szőlő- és gyümölcsfanyesedékek tömegadatait ültetvényeken és házikertekben mértem fel. A méréseket ugyanazon fajtánál kétszer ismételttem meg. Az első mérési sorozatot 2003 márciusában, a kontroll mérést pedig 2006 tavaszán végeztem el. A felmérés helyszíneit és körülményeit a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat: A mintavétel helyszínei és körülményei a tömegadatok meghatározásához

| Faj | Fajta | M. | Dátum | H. [°C] | Rp. [%] |
|--------------|---|--------|----------------------------------|------------------|---------------|
| Almafa | Jonathan, Mutsu | Pallag | 2003.03.20-21 2006.03.16. | +3...4 +1 | 73...75 72 |
| Körtefa | Bosc Kobak, Hardenpont, Hardy vajkörte | Józsa | 2003.03.15. 2006.03.17. | +5 +1 | 75 70 |
| Meggyfa | Érdi bőtermő | Apafa | 2003.03.19. 2006.03.21. | +6 | 76 |
| Őszibarackfa | Babygold, Champion, Redhaven, Sunhaven, Sunbeam | Pallag | 2003.03.22-23. 2006.04.07-08. | +3...4 +8..10 | 73 75...76 |
| Szilvafa | Stanley | Apafa | 2003.03.18. 2006.03.22. | +5 | 76 |
| Szőlő | Afuz Ali, Attila, Boglárka, Cardinal, Chasselas, Csaba gyöngye, Favorit, Irsai Olivér, Pannónia kincse, Pölöskei muskotály, Sarolta, Teréz | Józsa | 2003.03.12-14. 2006.04.09. | +4 +9 | 75 76 |

Jelmagyarázat: M. – mintavételi hely, H. – hőmérséklet, Rp. – relatív páratartalom

A szőlő- és a körtefajokat házikertekben mértem fel, amelyek jellemző művelési adatait a 3. táblázat tartalmazza.

3. táblázat: A vizsgált szőlő- és körtefafajták művelési adatai

| Fajta | Alany | Kor 2003-ban [év] | Művelési jellemző |
|---|-------------------|-------------------------|---|
| Bosc kobak, Hardenpont, Hardy | vadkörte | 8 | Szabadon álló |
| Afuz Ali, Attila, Cardinal, Chasselas, Boglárka, Csaba gyöngye, Favorit, Irsai Olivér, Pannónia kincse, Pölöskei muskotály, Sarolta, Teréz | amerikai alany | 7 | Guyot kordonos művelési mód, 2 egymástól távol álló sorban, tőtávolság 1,2 m |

A gyümölcsfaültetvényeken az alma-, a meggy-, a szilva- és az őszibarackfajok több fajtáját mértem fel. A meggy és szilva fajnál egy-egy, az almánál kettő, míg az

őszibaracknál öt fajtát vizsgáltam meg. A vizsgált gyümölcsfaültetvények művelési adatait a 4. táblázat foglalja össze.

4. táblázat: A vizsgált gyümölcsfaültetvények művelési adatai

| Fajta | Alany | Kor | Terület | Sor- és | Fák száma | Összes |
|--------------|-----------|------------------|-------------|---------------------|-------------------------|------------|
| | | 2003-ban [év] | let [ha] | tőtávolság [m×m] | hektáronként [fa/ha] | fa [db] |
| Mutsu | M26 | 12 | 12,5 | 5×3 | 666 | 8325 |
| Jonathan | M26 | 12 | 12,5 | 5×3 | 666 | 8325 |
| Érdi bőtermő | sajmeggy | 10 | 13 | 6×4 | 416 | 5408 |
| Stanley | myrobalán | 12 | 40 | 7×4 | 357 | 14280 |
| Babygold | vadószi | 14 | 2 | 6×4 | 416 | 832 |
| Champion | | | 11 | | | 4576 |
| Redhaven | | | 5,5 | | | 2288 |
| Sanhaven | | | 5,5 | | | 2288 |
| Sunbeam | | | 7 | | | 2912 |

Az adatok elemzését Microsoft Excel táblázatkezelő program segítségével végeztem el. A tömegadatok értékelésénél a mezőgazdasági kutatásokra nemzetközileg elfogadott 95%-os konfidencia valószínűséget (SVÁB, 1981) vettem alapul.

2.3.3. Nedvességtartalom

A nedvességtartalom meghatározását a Debreceni Egyetem Műszaki Főiskolai Kar Építészeti Intézet Talajmechanikai Laboratóriumában végeztem el, ahol a szabványban előírt feltételek és eszközök rendelkezésre álltak.

Minden vizsgált szőlő- és gyümölcsfafajta nyesevékéből 10-10 db mintát vettem, amit kóddal és sorszámmal láttam el. A próbatesteket légmentesen zárható edényben a laboratóriumba szállítottam és megmértem a nedves tömegüket. A kb. 10-12 cm hosszú próbatestek kiválasztása, a levágott gallyakból véletlenszerűen történt, ezáltal ágvég, ágító és különböző korú nyesevék kerültek a vizsgálandó anyagba. Az 1. ábra a minták egy csoportját mutatja.



1. ábra. Nyessedékminták

A megmért próbatesteket szárítószekrényben tömegállandóságig kiszárítottam, majd exsikkátorban a mérőhelyiség hőmérsékletére történő lehűtést követően megmértem a tömegüket. Mindkét mérést 0,001 g pontossággal végeztem el. A mért értékeket vizsgálati jegyzőkönyvben rögzítettem és táblázatos formában összesítettem.

Az adatok kiértékelését Microsoft Excel táblázatkezelő program segítségével végeztem el. A mintákat fajtánként és fajonként is összehasonlítottam, az eredményeket a szemléletes bemutatás érdekében doboz diagramban is ábrázoltam.

2.3.4. Hamutartalom

A hamutartalom mérését a Debreceni Egyetem Műszaki Főiskolai Kar, Hőkezelő Laboratóriumában a nedvességtartalom meghatározásához vett mintákon végeztem el. A mérési adatokat jegyzőkönyvben rögzítettem. A mintákat előzetesen lemért mérőedényben elégettem. Az égetés után keletkezett hamu és a tömegállandóságig kiszárított érték felhasználásával kiszámítottam a hamutartalom százalékos értékeit és statisztikai adatait.

Az adatok kiértékelését Microsoft Excel táblázatkezelő program segítségével végeztem el. A mintákat fajtánként és fajonként is összehasonlítottam, az eredményeket a szemléletesebb bemutatás érdekében doboz diagramban is ábrázoltam.

2.3.5. Égéshő és fűtőérték

Az égéshő és a fűtőérték meghatározását Gödöllőn, az FVM Mezőgazdasági Gépesítési Intézet Energetikai Vizsgáló-laboratóriumában végeztem el. A laboratórium az MSZ EN ISO/IEC 17025: 2001 szabvány szerint működik és a Nemzeti Akkreditáló Testület általi tanúsítása 2005-ben megtörtént, mely lehetővé teszi a vizsgálati eredmények Európai Unió belüli elfogadását.

A fűtőérték meghatározásához szükséges nedvességtartalom mérését a HR 73 típusú halogén nedvességtartalom mérő készüléssel végeztem el, amely a 2. ábrán látható. A készülék egy halogén szárítóval összeépített mérleg, amely a porrá tört minta nedves és kiszáritott tömegének mérése után kiszámolja a bruttó nedvességtartalmat.



2. ábra. HR 73 típusú nedvességtartalom-mérő berendezés

Az égéshő meghatározását IKA gyártmányú C 2000 típusú égéshő és fűtőérték meghatározó mérőrendszer segítségével végeztem el, amely a 3. ábrán látható.



3. ábra. IKA, C 2000 típusú égéshő- és fűtőértékmérő berendezés

A gyümölcsfafajok esetében minden fajtánál elvégeztem a nedvességtartalom, égéshő és fűtőérték mérését, a szőlőfajták esetében két véletlenszerűen kiválasztott minta adatait hasonlítottam össze.

A nedvességtartalom ismeretében bomba kaloriméteres vizsgálattal az anyag égéshője és a mért nedvességtartalomhoz tartozó fűtőérték közelítő értéke számítható. Az IKA gyártmányú C 2000-es típusú bomba kaloriméteres készülék a behelyezett anyag égéshőjét automatikusan határozza meg, majd a nedvességtartalom bevitelével a fűtőértéket is automatikusan számolja ki. Az adatok kiértékelését Microsoft Excel táblázatkezelő program segítségével végeztem el.

2.3.6. A nyesedék fajtára jellemző legnagyobb átmérője

A legnagyobb átmérő mérése a nyesedékek aprítása szempontjából került a vizsgálati jellemzők körébe.

A felmérés a tömegadatok mérésével párhuzamosan történt, a mérés időpontjai, helyszínei és körülményei megegyeznek a tömegadatoknál rögzített értékekkel. A legnagyobb átmérő meghatározása fajtánként történt a tömegadatok mérésére összegyűjtött nyesedékből. Az adatok tájékoztató jellegűek, statisztikai feldolgozást nem igényeltek.

2.4. Szőlő és gyümölcsfanyesedékek mennyiségének és energiatartalmának meghatározása

A vizsgált térségben a szőlő- és gyümölcsfanyesedékek mennyiségének meghatározása statisztikai és irodalmi adatokból, saját felmérésekből valamint mérésekből származó adatok felhasználásával, becsléssel történt, amelynek lépései és módszerei a következők:

- A vizsgált térségben a *KSH, 2002, 2004* és *FVM HBM FH, 2002* adatbázisai alapján meghatároztam a jellemző földhasználatot, majd a falugazdász hálózat szakemberei segítségével felmértem a települések közigazgatási határaitra eső mezőgazdasági területek arányát.
- A *KSH, 2002; 2004; FVM HBM FH, 2002* adatai és saját felmérések segítségével meghatároztam a vizsgált térségben termesztett szőlő- és gyümölcsfafajokat, fajtákat, azok termesztési területeit és termesztési jellemzőit.

- A 2.3. fejezetben leírtak szerint meghatározott fizikai jellemzők és a területi természetési adatok ismeretében becsléssel meghatároztam a vizsgált térségben évente képződő nyersedék nedves és légszáraz tömegének átlagos mennyiségét és konfidencia intervallumát.
- A fajtákra jellemző átlagos tömeg, nedvességtartalom és égéshő ismeretében számítással meghatároztam a települések közigazgatási területére eső szőlő- és gyümölcsfanyesedékek becsült, átlagos, légszáraz tömegre vonatkozó energiatartalmát.

2.5. Erdészeti produktum mennyiségének és energiatartalmának meghatározása

A vizsgált térségben az erdészeti produktum meghatározása statisztikai, irodalmi és saját felmérésekből származó adatok felhasználásával, becsléssel történt.

Az erdészeti produktum meghatározásának lépései és módszerei:

- A vizsgált térségben a *KSH, 2002*; *ÁESZ, 2002*, és *FVM HBM FH, 2002* adatbázisai alapján meghatároztam a települések közigazgatási határára eső erdősült területek nagyságát.
- Az országos és a helyi kitermelési mutatók és irodalmi adatok alapján meghatároztam a területegységre eső, gazdaságosan kitermelhető famennyiséget. A kitermelhető bruttó fa mennyiségét a $3,12 \text{ m}^3/\text{ha}/\text{év}$ (*BARÁTOSSY, 1999*; *ÁESZ 2005*) értékkel határoztam meg.
- A területegységre számított kitermelhető famennyiség ismeretében irodalmi adatok segítségével meghatároztam a bruttó és nettó famennyiség, a tűzifa és az erdőben maradó hulladék arányát. Az erdőben maradó fát irodalmi adatok alapján a bruttó-nettó fa különbségéből határoztam meg, a nettó fát a bruttó 80 %-nak vettem fel, a tűzifát pedig a nettó fa 45%-ával számoltam ki (*MOLNÁR, 2000*).
- Az erdősült terület, a fafaj összetétel és a vizsgált terület fajlagos kitermelési mutatóinak ismeretében számítással meghatároztam a települések közigazgatási határára eső tűzifa és erdőben maradó hulladék légszáraz tömegének becsült mennyiségét és energiatartalmát. A fák légszáraz állapotra vonatkozó sűrűségét és

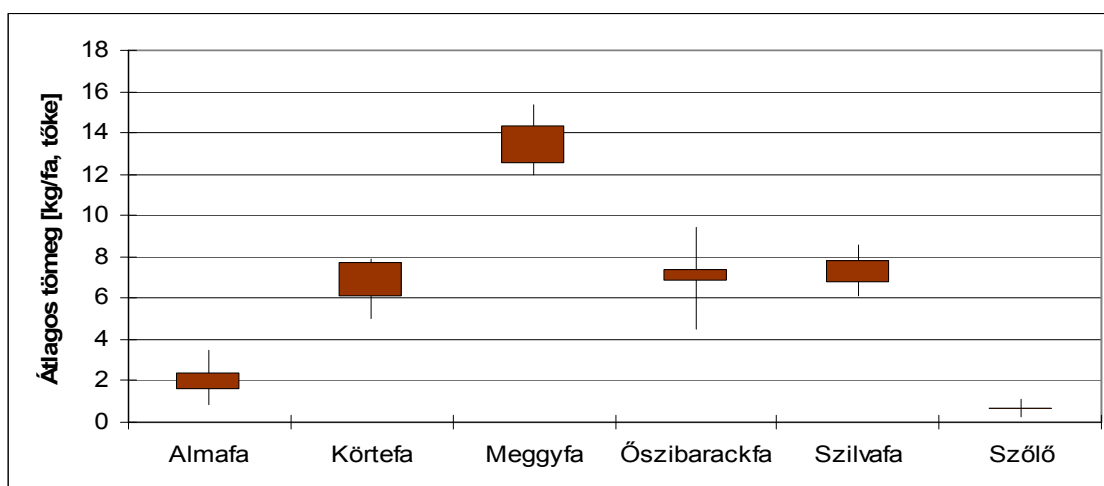
fűtőértékét a területre jellemző fajok súlyozott átlagával határoztam meg, $\rho=670$ kg/m^3 és $F=13,4$ MJ/kg értékekkel számoltam (*MOLNÁR, 1999, 2000*).

3. EREDMÉNYEK ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

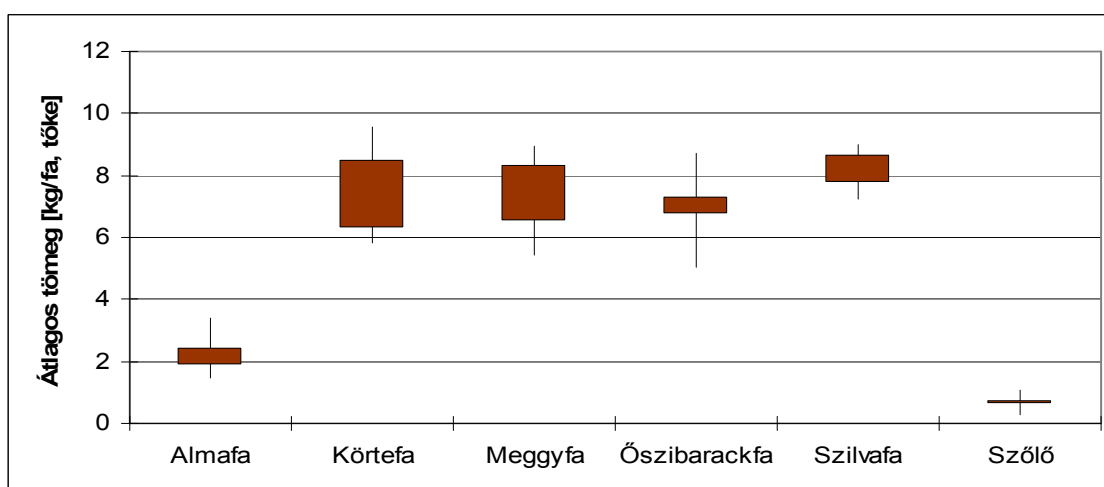
3.1 Szőlő- és gyümölcsfanyesedékek fizikai jellemzői

3.1.1. Szőlő- és gyümölcsfanyesedékek tömegadatai

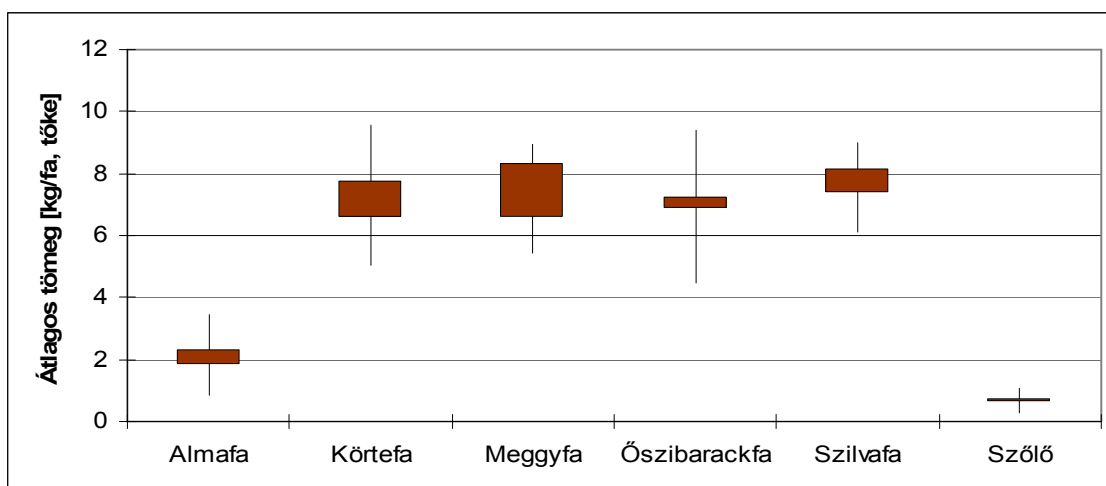
A szőlő- és gyümölcsfafajok nyesedéktömegének mérését 2003-ban, a kontroll mérést 2006-ban végeztem el. Az adatokat táblázatkezelő program segítségével értékeltem ki és doboz diagramban ábrázoltam. A 2003-ban mért adatok diagramját a 4. ábra, a 2006-os adatokét az 5. ábra, míg az összesített adatokét a 6. ábra szemlélteti.



4. ábra. A szőlő- és gyümölcsfafajok tömegadatainak minimum, maximum értékei és konfidencia intervalluma a 2003-as mérések alapján



5. ábra. A szőlő- és gyümölcsfafajok tömegadatainak minimum, maximum értékei és konfidencia intervalluma a 2006-os mérések alapján



6. ábra. A szőlő- és gyümölcsfafajok tömegadatainak minimum, maximum értékei és konfidencia intervalluma az összesített adatok alapján

Az almafa két fajtájánál a két év mérési adatai eltérő tendenciát mutattak. 2003-ban a Mutsu nyesedéktömege meghaladta a Jonathánét, a 2006-os mérésnél azonban ez az arány megfordult. A két fajta alanya, termőhelyi adottságai, a fák életkora és az ültetvények művelésmódja teljesen megegyezik, ezáltal az eredmények azt valószínűsítik, hogy a fajták befolyása a nyesedék tömegére nem meghatározó, az értékek ugyanis a kiegyenlítődés irányába mutatnak. Az összesített adatok alapján a nyesedék tömege a két év összehasonlításában mérsékelten nőtt.

A körtefánál a két év mérési adatai hasonló tendenciát mutatnak. Mindhárom fajtánál a 2006-os évben mérsékelten nőtt a nyesedék mennyisége.

A meggyfa 2003-ban mért nyesedékének átlagos tömege közel kétszerese volt a 2006-ban mért értékeknek, ami a metszésmóddal magyarázható. A meggyet minden évben mérsékelten ritkítják, amelyet a 2006-os év adatai reprezentálnak, és 3-4 évente ifjítják, amelyet a 2003-as év adatai mutatnak. Ezért a további számításoknál reprezentatív értéknek a 2006-os mérési adatokat vettem alapul.

Az őszibarackfák mérési adatait elemezve nem tapasztalható a fajtákra és évre jellemző nagy eltérés, ami azt valószínűsíti, hogy azonos korú, termőhelyi adottságú és művelésmódú őszibarack ültetvények esetén a vizsgált fajtáknak a nyesedék tömegének alakulásában nincs meghatározó jelentősége ezáltal az ültetvényeken képződő nyesedék tömegének mennyisége jól prognosztizálható

A *szilvafa* nyesedékének tömegadatai a két év összehasonlításában mérsékelt növekedést mutatnak, amely azt valószínűsíti, hogy a két év átlaga jól reprezentálja az adott fajta termőkori átlagát.

A *szőlővenyige* két éves összesített adatainak összehasonlítása alapján megállapítható, hogy a vizsgált fajok közül a szőlő tömegadatakra vonatkozó konfidencia intervalluma a legkisebb, ami a vizsgált fajok közül a legegyszerűsebb nyesedékképződést mutatja. Ez alapján megállapítható, hogy szélsőséges időjárási körülményektől eltekintve a szőlő adott helyen, változatlan fajtaösszetétel esetén évente egyenletes, jól kiszámítható nyesedék mennyiséget szolgáltat.

A fajokra kiszámított átlagos tömeg, konfidencia intervallum és művelési adatok ismeretében kiszámoltam fajonként a területegységre vonatkoztatott fajlagos nyesedék-tömeget, melynek adatait az 5. táblázat tartalmazza.

5. táblázat: A nyesedékek nedves tömegének területegységre számított értékei

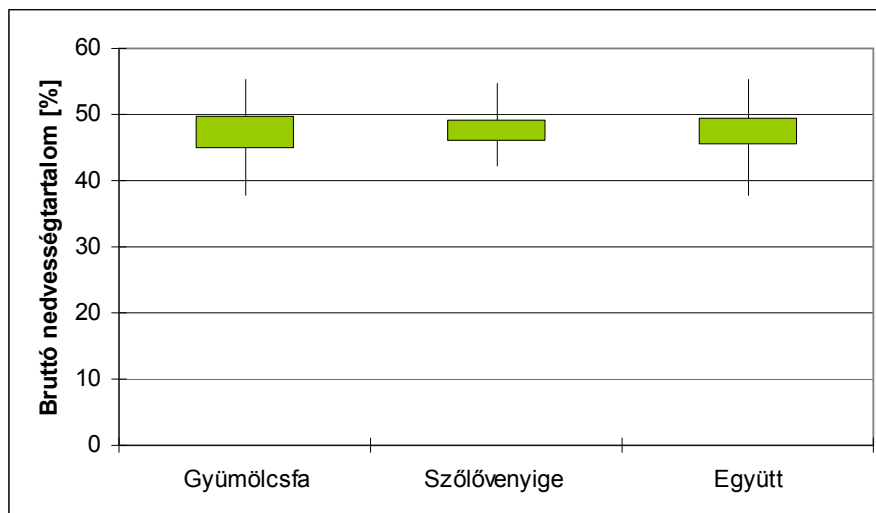
| Faj | A nyesedék átlagos tömege | | | Fajlagos nyesedék tömeg | | |
|--------------|---------------------------|-------|----------|-------------------------|-------|---------|
| | Alsó h. | Átlag | Felső h. | Alsó h. | Átlag | Felső.h |
| | [kg/fa,tőke] | | | [t/ha] | | |
| Almafa | 1,8 | 2,05 | 2,29 | 1,20 | 1,37 | 1,53 |
| Körtefa | 6,59 | 7,18 | 7,77 | 2,35 | 2,56 | 2,77 |
| Meggyfa | 6,54 | 7,43 | 8,32 | 2,33 | 2,65 | 2,97 |
| Őszibarackfa | 6,9 | 7,09 | 7,28 | 2,88 | 2,96 | 3,04 |
| Szilvafa | 7,35 | 7,74 | 8,12 | 2,62 | 2,76 | 2,90 |
| Szőlővenyige | 0,61 | 0,66 | 0,71 | 2,03 | 2,20 | 2,37 |

Az adatok azt mutatják, hogy a vizsgált szőlő- és gyümölcsfafajoknál az egy fára/tőkére vonatkoztatott nyesedék átlagos tömege szignifikánsan függ a fajtól, de a fajnak területegységre számított fajlagos tömeg szempontjából kisebb a hatása, mint a művelésmódnak. A fajlagos nyesedéktömeg mennyisége alapján megállapítottam, hogy a szőlő- és gyümölcsfa ültetvények kiszámítható módon, megbízható minőségben szolgáltatnak évente jelentős mennyiségű fás bio-tüzelőanyagot.

3.1.2. Szőlő- és gyümölcsfanyesedékek nedvességtartalma

A biomassa tüzeléssel történő hasznosításánál a nedvességtartalom nagymértékben befolyásolja a fűtőértéket, ezért közvetlenül metszés után minden szőlő- és

gyümölcsfafajtánál, megmértem a nyesedék nedvességtartalmát. A mért adatok statisztikai jellemzésére az átlag, minimum, maximum értéket és az interkvartilis terjedelmet választottam, amelyet a 7. ábrán látható doboz diagram szemléltet.



7. ábra. Szőlő- és gyümölcsfanyesedékek nedvességtartalmának minimum, maximum értékei és interkvartilis terjedelme

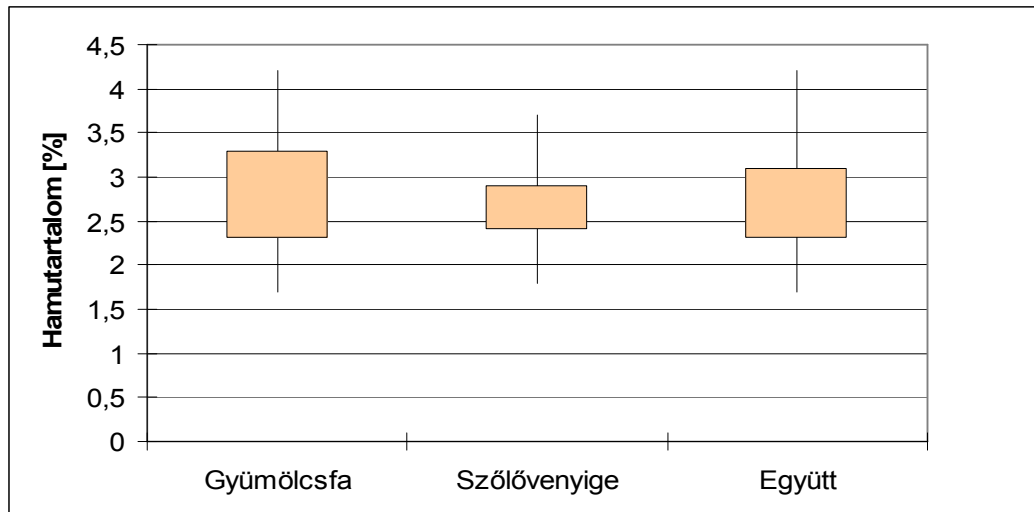
Az adatok azt mutatják, hogy metszéskor a nyesedékek nedvességtartalma fajtól és fajtától függetlenül, egységesen magas, ezért a közvetlen tüzeléssel történő hasznosítása csak szárítás után gazdaságos. A nedvességtartalmak és a tömegek ismeretében kiszámoltam a nyesedékek légszáraz tömegének fajlagos értékeit, amit a vizsgált térségben évente képződő nyesedék légszáraz tömegre vonatkoztatott energiatartalmának meghatározásához használtam fel. Értékeit a 6. táblázat tartalmazza.

6. táblázat: A nyesedékek légszáraz tömegének területegységre számított értékei

| Faj | A nyesedék átlagos tömege | | | Fajlagos nyesedék tömeg | | |
|--------------|---------------------------|-------|----------|-------------------------|-------|---------|
| | Alsó h. | Átlag | Felső h. | Alsó h. | Átlag | Felső.h |
| | [kg/fa,tőke] | | | [t/ha] | | |
| Almafa | 1,15 | 1,32 | 1,47 | 0,77 | 0,88 | 0,98 |
| Körtefa | 4,12 | 4,46 | 4,86 | 1,47 | 1,59 | 1,74 |
| Meggyfa | 4,2 | 4,78 | 5,35 | 1,50 | 1,71 | 1,91 |
| Őszibarackfa | 4,49 | 4,61 | 4,73 | 1,87 | 1,92 | 1,97 |
| Szilvafa | 4,75 | 5 | 5,25 | 1,70 | 1,79 | 1,87 |
| Szőlővenyige | 0,39 | 0,42 | 0,45 | 1,30 | 1,40 | 1,50 |

3.1.3. Szőlő- és gyümölcsfanyesedékek hamutartalma

A tüzelőberendezés kiválasztásához ismerni kell az alapanyag hamutartalmát, ezért megmértem minden szőlő- és gyümölcsfafajta hamutartalmát. Az adatok statisztikai jellemzőit a 8. ábrán látható doboz diagram szemlélteti.



8. ábra. Szőlő- és gyümölcsfanyesedékek hamutartalmának összesített statisztikai jellemzői

Az adatok alapján megállapítottam, hogy a nyesedékek technológiai szempontból homogénnek tekinthetők és direkt tüzelés esetén a szőlő- és gyümölcsfanyesedékek azonos berendezéssel és technológiával hasznosíthatók.

3.1.4. Szőlő- és gyümölcsfafajok égéshője és fűtőértéke

A vizsgált szőlő- és gyümölcsfanyesedékek égéshőjének mérését az FVM MGI Energetikai Vizsgáló-laboratóriumában végeztem el. Az égéshő mért értékeit, a fajták légszáraz állapotra átszámított fűtőértékeit, a fajokra vonatkoztatott átlagait valamint az adatok statisztikai jellemzőit a 7. táblázat foglalja össze.

7. táblázat: A vizsgált fajok, fajták égéshő, fűtőérték adatai és statisztikai jellemzői

| Faj | Fajta | Fajta | | Fajok átlaga |
|--------------|----------------|------------------------|------------------------|--------------|
| | | H _o [MJ/kg] | H _u [MJ/kg] | |
| Almafa | Jonathan | 18,270 | 13,958 | 13,991 |
| | Mutsu | 18,349 | 14,025 | |
| Körtefa | Bosc Kobak | 18,466 | 14,123 | 14,123 |
| | Hardenpont | 18,627 | 14,260 | |
| | Hardy vajkörte | 18,304 | 13,986 | |
| Meggyfa | Érdi bőtermő | 18,799 | 14,406 | 14,406 |
| Őszibarackfa | Babygold | 18,977 | 14,557 | 14,663 |
| | Champion | 19,469 | 14,974 | |
| | Redhaven | 18,921 | 14,509 | |
| | Sunhaven | 19,220 | 14,763 | |
| | Sunbeam | 18,924 | 14,512 | |
| Szilvafa | Stanley | 18,955 | 14,538 | 14,538 |
| Szőlő | Attila | 18,424 | 14,088 | 13,977 |
| | Boglárka | 18,162 | 13,866 | |

Jelmagyarázat: H_o – égéshő, H_u – fűtőérték légszáraz állapotban

Az adatokból számított átlagos égéshő értéke 18,7 MJ/kg, az átlagtól való eltérés maximális értéke nem haladja meg a 3 %-ot. Ez alapján kijelenthető, hogy a vizsgált szőlő- és gyümölcsfanyesedékek, az égéshő szempontjából fajtól és fajtától függetlenül homogénnek és egyenértékűnek tekinthetők az erdei bio-tüzelőanyagokkal.

3.1.5. Szőlő- és gyümölcsfafajok nyesedékének legnagyobb átmérője

A vizsgált fajták nyesedékének legnagyobb átmérője befolyásolja az aprítógép kiválasztását. A mért legnagyobb átmérőket a 8. táblázat tartalmazza.

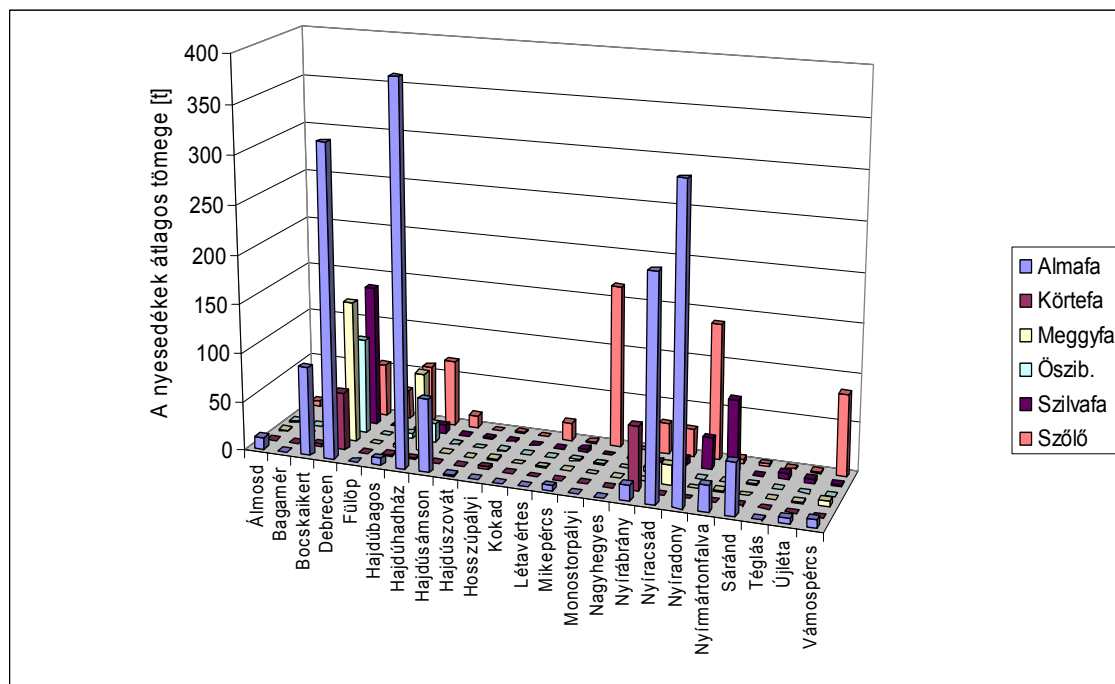
8. táblázat: A vizsgált fajták nyesedékének legnagyobb átmérője

| Faj | Fajta | Legnagyobb átmérő [mm] |
|--------------|--|------------------------|
| Almafa | Jonathan, Mutsu | 23-38 |
| Körtefa | Bosc Kobak, Hardenpont, Hardy | 28-31 |
| Meggyfa | Érdi bőtermő | 36 |
| Őszibarackfa | Babygold, Champion, Redhaven, Sunhaven, Sunbeam | 43-86 |
| Szilvafa | Stanley | 40 |
| Szőlő | Afuz A., Attila, Cardinál, Chasselas, Boglárka, Csaba gy., Favorit, Irsai O., Pannónia k., Pölöskei m., Sarolta, Teréz | 7-10 |

A mért adatok alapján megállapítottam, hogy a vizsgált szőlő- és gyümölcsfanyesedékek fajtól és fajtától függetlenül a tüzelésre történő előkészítés technológiája szempontjából homogénnek tekinthetők.

3.2. A vizsgált térségben évente képződő nyesedéktömeg átlagos, becsült értékei

A szőlő- és gyümölcsfafajok területi adatainak és a nyesedékek légszáraz tömegének területegységre vonatkoztatott értékeinek ismeretében meghatároztam a vizsgált térség településekre lebontott nyesedéktömegének átlagos, becsült értékeit, amelyet a 9. ábra szemléltet.



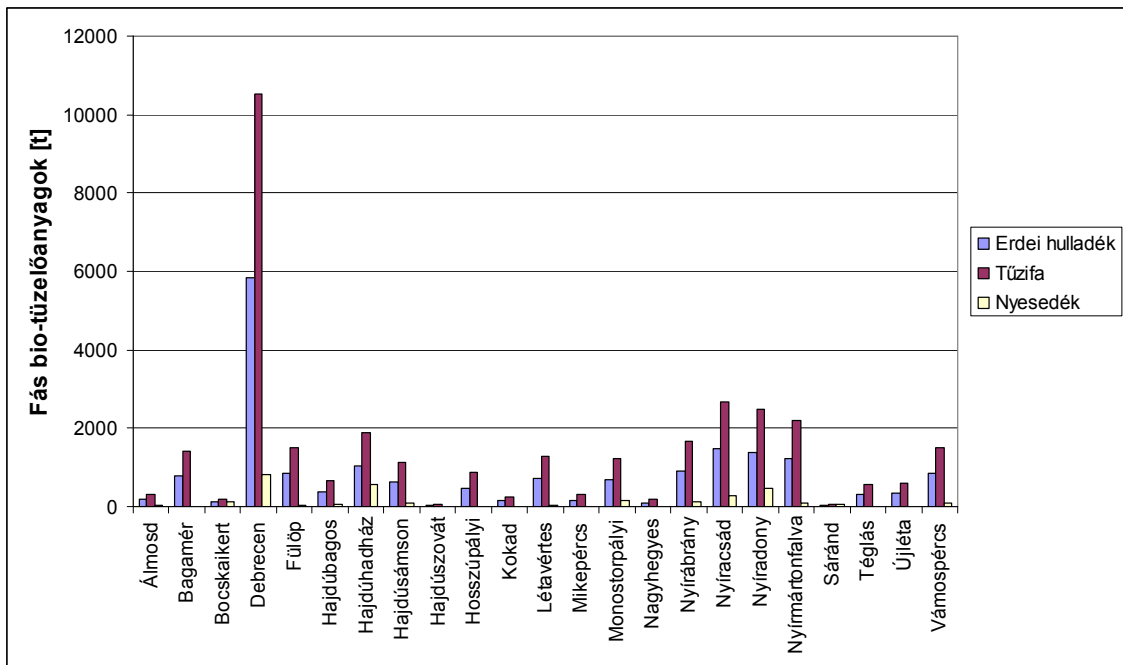
9. ábra. A vizsgált településeken évente képződő nyesedékek átlagos, becsült tömegadatai

A vizsgált települések közigazgatási területén évente képződő nyesedékek átlagos, becsült légszáraz tömege 3,1 ezer tonna. A nyesedék mintegy 90 %-a kilenc településen keletkezik, amelyek közül kiemelkedik Debrecen (821 t), Hajdúhadház (564 t), Nyíradony (486 t), Nyíracsad (292t), Nyírábrány (117 t) és Nyírmártonfalva (107 t), de az átlagot meghaladó mennyiség képződik még Bocskai kertben (139 t),

Monostorpályiban (166 t) és Vámospércsen (1001 t). Nagyhegyes, Kokad, Bagamér, Hajdúszovát településeken az évente képződő nyesedék összesen sem éri el a 6 tonnát. A vizsgált térségben a legnagyobb tömegű az almafafaj nyesedéke, de néhány településen, mint pl. Monostorpályi a szőlővenyige a meghatározó.

3.3. A vizsgált településeken évente képződő fás bio-tüzelőanyagok átlagos, becsült tömegadatai

A vizsgált térségben évente újratermelődő, fás bio-tüzelőanyag mennyiségét az erdei hulladék, a tűzifa és a nyesedék együttes tömege adja. A számítások eredményeit a 10. ábra szemlélteti.



10. ábra. A vizsgált településeken évente képződő fás bio-tüzelőanyagok átlagos, becsült tömegadatai

A vizsgált térségben évente képződő fás bio-tüzelőanyag átlagos, becsült tömege 55,4 ezer tonna, amelyből 60,6 % a tűzifa, 33,8 % az erdei hulladék. Az adatokból látható, hogy a térség fás bio-tüzelőanyag összetételét tekintve meghatározó a tűzifa, amely nagyságrenddel meghaladja a nyesedék értékét. Az erdőben maradó hulladék energetikai hasznosításának jelentős növekedése – elsősorban a begyűjtés gazdaságtalansága miatt – a jövőben nem várható.

4. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

1. Méréssel és számítással meghatároztam a térségben termesztett szőlő- és gyümölcsfafajok energetikai szempontból fontos fizikai jellemzőit, a nyesedékek metszés kori nedvességtartalmát, hamutartalmát és égéshőjét. A szőlő- és gyümölcsfafajok nyesedékének összesített adatai alapján: a bruttó nedvességtartalom átlagos értéke metszéskor 47,4 %, a hamutartalom átlagos értéke 2,7 %, az égéshő átlagos értéke 18,7 MJ/kg-ra adódott. Megállapítottam, hogy a szőlő és gyümölcsfanyesedékek tüzeléstechnikai szempontból fajtól és fajtától függetlenül homogénnek tekinthetők és egyenértékűek az erdei bio-tüzelőanyagokkal.
2. Méréssel és számítással meghatároztam a vizsgált térségre jellemző szőlő- és gyümölcsfafajok nyesedékének évente képződő, egy fára/tökére vonatkozó átlagos, nedves tömegét. Az évente képződő nyesedékek átlagos becsült értéke almafánál 2,05 kg/fa, körtefánál 7,18 kg/fa, meggyfánál 7,43 kg/fa, őszibarackfánál 7,07 kg/fa, szilva fánál 7,74 kg/fa, míg szőlőnél 0,66 kg/tőke értékre adódott. Megállapítottam, hogy a fajokra vonatkozó fajlagos tömegadatok segítségével a hasonló korú, adottságú és művelési módú szőlő- és gyümölcsfaültetvények esetén a területen képződő nyesedék mennyisége jól becsülhető.
3. A vizsgált térség ültevényeinek művelésmódja, a mért tömegadatok és fizikai jellemzők ismeretében kiszámítottam a szőlő- és gyümölcsfanyesedékek légszáraz tömegének egységnyi területre vonatkoztatott átlagos értékeit: almafanyesedékek 0,88 t/ha; körtefanyesedékek 1,59 t/ha; meggyfanyesedékek 1,71 t/ha; őszibarackfanyesedékek 1,92 t/ha; szilva fanyesedékek 1,79 t/ha és szőlővenyige 1,4 t/ha. Az eredmények alapján megállapítottam, hogy a szőlő- és gyümölcsfaültetvények évente a tűzifa fajlagos értékét meghaladó mennyiségű fás bio-tüzelőanyagot szolgáltatnak a fajra jellemző ideig, kiszámítható módon és megbízható minőségben.
4. A vizsgált települések közigazgatási területén évente képződő nyesedékek átlagos, becsült légszáraz tömege 3,1 ezer tonna. Megállapítottam, hogy a vizsgált térségben a nyesedék képződésének eloszlása településenként nagy eltéréseket mutat. Kilenc településen keletkezik a nyesedék közel 90 %-a. Ezek közül kiemelkedik Debrecen

(821 t), Hajdúhadház (564 t), Nyíradony (486 t), Nyíracsaád (292t), Nyírábrány (117). Nagyhegyes, Kokad, Bagamér, Hajdúszovát településeken az évente képződő nyesedék összesen sem éri el a 6 tonnát. Az eredmények ismeretében megállapítottam, hogy a vizsgált térségben évente keletkező nyesedék mennyisége önmagában csak helyi - pl. fűtőművi – felhasználásra javasolható.

5. Méréssel és számítással meghatároztam a vizsgált térségben évente keletkező fás bio-tüzelőanyagok (erdei hulladék, tűzifa, szőlő- és gyümölcsfa nyesedékek) átlagos, becsült tömegét és energiatartalmát. A bio-tüzelőanyagok összesített átlagos, légszáraz, becsült tömege 55,4 ezer tonna, melynek energiatartalma 116,2 TJ. Ebből az erdei hulladék 33,8 %, a tűzifa 60,6 %; a szőlő- és gyümölcsfanyesedék 5,6 %. Jelenleg ezek közül energetikai felhasználásra csak a tűzifa kerül.
6. Mérésekkel meghatároztam a térségre jellemző szőlő- és gyümölcsfafajok nyesedékének legnagyobb átmérőit. A legnagyobb nyesedékátmérő körténél 32 mm, őszibaracknál 86 mm, míg szőlőnél 10 mm volt. A mért adatok alapján megállapítottam, hogy a vizsgált szőlő- és gyümölcsfanyesedékek fajtól és fajtától függetlenül az aprítás szempontjából homogénnek tekinthetők, így azonos aprítógéppel feldolgozhatók.

5. JAVASLATOK A GYAKORLATI FELHASZNÁLÁS NÖVELÉSÉRE

1. A vizsgált térségben évente képződő fás biomassza energiatartalmának ismerete megerősíti azokat a korábbi kutatási eredményeket (*GRASSELLI – SIPOS, 2002; GRASSELLI, 2001, 2004*), amelyek lehetőséget látnak egy kisebb teljesítményű (2-5 MW), villamos energia- és hőtermelésre alkalmas erőmű létesítésére, amennyiben a hőhasznosítás megoldható.
2. A gyümölcsfa nyesedékek jelenleg szokásos környezetszennyező elégetése is indokolja a nyesedékek energetikai hasznosításának megszervezését. A gyümölcsfa-ültetvényeken javaslom olyan meghatározott jellemzőjű aprítógép beszerzését, amely a nyesedékek átmérőjének, mennyiségének és a meglévő géppark

figyelembevételével kerülhet kiválasztásra. Az apríték pedig nem csak tüzelésre, hanem mulcsozásra vagy talajerő utánpótlásként is hasznosítható

3. A nyesedékek energetikai felhasználása céljából, gazdaságos szállítási távolságon belül javaslom olyan manipuláló tér kialakítását – amely lehetővé teszi a nyesedék természetes úton történő szárítását is.

6. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK LISTÁJA

1. GRASSELLI, G. – **JUHÁSZ, GY.** 2001. Megújuló energiaforrások alkalmazása a mezőgazdaságban. Mezőgazdasági üzemek energiahatékonyságának felmérése. Szakmai Konferencia, Debrecen
2. GRASSELLI, G. – **JUHÁSZ, GY.** 2001. Megújuló energiaforrások regionális bemutatóközpontjának kialakítása. Vidékfejlesztés környezetgazdálkodás mezőgazdaság, Tudományos Konferencia, Keszthely, 1140-1143. o.
3. GRASSELLI, G. – **JUHÁSZ, GY.** 2001. Megújuló energiaforrások a mezőgazdaságban. Innováció, a tudomány és a gyakorlat egysége az ezredforduló agráriumban, Szakmai Konferencia, Gödöllő, 439-447. o.
4. GRASSELLI, G. – **JUHÁSZ, GY.** 2001. A stratégia kialakításához szükséges információk a megújuló energiák területéről. Kisvállalkozások energia- és környezettudatos stratégiájának kialakítása, Szakmai Konferencia, Debrecen
5. **JUHÁSZ, GY.** 2002. A megújuló energiák kutatásának legújabb eredményei: A napenergia felhasználásának lehetőségei régióinkban. A METESZ Hajdú-Bihar megyei szervezete és az Oktatási Minisztérium által szervezett Tudományos Konferencia, Debrecen
6. GRASSELLI, G. – **JUHÁSZ, GY.** 2002. Fafeldolgozó üzem hulladékának energetikai hasznosítása. Innováció, a tudomány és a gyakorlat egysége az ezredforduló agráriumban, Tudományos Konferencia, Debrecen, 172-177. o.
7. GRASSELLI, G. – **JUHÁSZ, GY.** 2002. Megújuló energiaforrások alkalmazása egy tehenészeti telepen. MTA-AMB Kutatási és Fejlesztési Tanácskozása, Gödöllő
8. **JUHÁSZ, GY.** 2002. Fahulladékok energetikai hasznosítása. EU Konform Mezőgazdaság és Élelmiszerbiztonság, Szakmai Konferencia, Debrecen, 375-380. o.

9. GRASSELLI, G. – **JUHÁSZ, GY.** 2003. Energiatermelésre hasznosítható fahulladékok mennyiségének meghatározása Debrecen térségében. MTA XXVII. Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás, Gödöllő
10. **JUHÁSZ, GY.** 2003. Nyessedékek energetikai potenciálja Debrecen agglomerációjában. A megújuló energiák kutatása és hasznosítása az Észak-alföldi régióban. A Magyar Szélenergia Társaság kiadványa, No.2. 37-40. o.
11. **JUHÁSZ, GY.** 2004. Biomassza tüzeléstechnikai hasznosítása Debrecen agglomerációjában. Debreceni Műszaki Közlemények 3. évf. 1. sz. 39-49. o.
12. **JUHÁSZ, GY.** 2005. Nyessedékek energetikai hasznosítása Debrecen agglomerációjában. Energetikai növénytermesztés az Alföldön, Hajdú-Bihar megyei Fórum, E-misszió Egyesület
13. **JUHÁSZ, GY.** 2005. Nyessedékek felmérése és hasznosítási lehetőségei, „Energia és mezőgazdaság” fórum, Balmazújvárosi Környezetvédelmi Csoport
14. **JUHÁSZ, GY.** 2005. Nyessedékek tüzeléstechnikai hasznosításának lehetőségei, XI. Épületgépészeti és Gépészeti Szakmai Napok, Tudományos ülészek, Debrecen
15. **JUHÁSZ, GY.** 2005. Measurement and utilization abilities of biomass, New Trends in Technology System Operation, 7th Scientific Conference Presov, p. 219-220.
16. **JUHÁSZ, GY.** 2005. Gyümölcsfanyessedékek tömegadatainak meghatározása. Debreceni Műszaki Közlemények. 4. évf. 2. sz. 83-87. o.
17. **JUHÁSZ, GY.** 2005. Nutzung von Abschnitten zur Energiegewinnung auf dem Ballungsgebiet von Debrecen. Manufacturing Engineering. Kosice. IV/4. p. 57-59.
18. **JUHÁSZ, GY.** (2006): Nyessedékek tömegadatainak mérési lehetőségei. Magyar Épületgépészet, LV. évf. 2. sz. 28-29. o.