

Nyugat-magyarországi Egyetem

Doktori (PhD) értekezés tézisei

**FABÁZISÚ CENTRALIZÁLT ÁRAMTERMELÉS LOGISZTIKÁJA
ÉS ANNAK HATÁSA AZ ÉGERERDŐ ERDÉSZETI ZRT.
FAHASZNÁLATI TEVÉKENYSÉGÉRE**

Jung László

Sopron

2008

1. A téma jelentősége és tudományos előzményei

A bioszféra fennmaradásának és fejlődésének alapja a rendelkezésre álló és az egyes szakaszokra jellemző előállított energia felhasználása.

Az ember szerepe determináns a technika fejlődése, továbbá a végeláthatatlan igénynövekedés már egyes állítások szerint korszakunkban a teljesítőképességének határára juttathatja a Földet, vagy az éghajlati változásokat felgyorsíthatja, illetve lelassíthatja.

A globális problémák megoldására nem létezik globális megoldás, hanem felismerve elhárításának szükségszerűségét, beilleszkedve rendszerbe, mindenki a maga tudományterületén kell, hogy megtegye a lépéseket.

Ekképpen a megújuló energiaforrások igénybevétele, hatásmechanizmusának feltárása kiemelt része, a helyes arányok megalkotásának.

A világ primerenergia felhasználása, mely 2003-ban 448 EJ volt, részarányait tekintve 81 %-ban fosszilis származék. Ezen energiatermelő alapanyagok égetése során felszabaduló égéstermékek koncentrációjának mértéke és annak hatása nem tartozik a természetes folyamat-változások sorába. Vitatott ennek súlya, de a tény, hogy a légkör CO₂ tartalma a Földön a vegetációfejlődéssel összefüggő szénlekötés miatt fokozatosan csökkent, és a 18. század végén 270-280 ppm szinten stabilizálódott, addig ma értéke eléri a 360 ppm értéket (IPCC-WGI, 2001). A fossziliák jelenleg igen intenzív kitermelése és a felhasználása ehhez minden bizonnyal hozzájárult, ami nehezen modellezhetően, de befolyásolja a földi életet.

Ez ösztönzi a tudomány és a gyakorlat szereplőit, hogy apró részletekig is lemenve, bármely ehhez kapcsolható területet feltárjanak.

Dolgozatom is ezekre az alapokra épül és kívántam megfogalmazni kutatási céljaimat.

2. Célkitűzések

A dolgozat a megújuló energiaforrásokon belül a biomassa fogalomkörbe tartozó dendromassa energetikai felhasználásának szükségszerűségével, alkalmazásainak kihatásával (energiaszektor, erdőgazdálkodás) foglalkozik.

Célként fogalmazódott meg, hogy a kutatás a hagyományos erdőgazdálkodás kereteire szorítkozzon. A dolgozat tárja fel a téma ökológiára és ökonómiára

gyakorolt kihatásait, és a jelen kialakult helyzetén túlmutatva prognosztizáljon, és adjon olyan módszertani irányelveket, melyek segítségével megalapozott döntéseket lehet meghozni.

A kutatómunka 4 fő irányban folyt:

2.1. A felhasználható és számba vehető megújuló energiaforrások közül a biomassza és azon belül a dendromassza szerepének pozicionálása

A kutatás a szakirodalom feldolgozását jelentette. A csak pár évtizedes múlttal rendelkező szakirodalmi eredmények és előrejelzések jelentős része - az időközben napvilágot látott nemzetközi és hazai direktívák, vállalások tükrében - igen változó. Sok esetben egymásnak ellentmondó megállapításokkal lehetett találkozni, elsősorban a földi életre gyakorolt hatások megítélése terén.

Az összefüggések feltárásának főbb területei:

- energiaigények nagyságának trendje, részleteiben az európai és hazai helyzetelemzés (ezekben a legfontosabb direktívák, vállalások feldolgozása)
- potenciálisan számításba vehető és ténylegesen a rendszerbe beilleszthető hazai megújuló energiaforráson belül a hagyományos erdőgazdálkodásból rendelkezésre álló volumen meghatározása

2.2. Az erőművi beszállítások lehetőségének kezdetétől az erdőgazdálkodásra gyakorolt hatás vizsgálata az EGERERDŐ Zrt. területén

Időrendi elemzésre volt szükség, hogy az EGERERDŐ Zrt. által megkezdett nagy volumenű erőművi beszállításokat követően milyen változások következtek be - a rövid időintervallumot magába foglaló, váltás előtti időszak jellemzőihez képest: és azok törvényszerűek voltak-e?

Kutatásra és elemzésre került:

- az üzemtervek és azok nyilvántartásainak idősoros elemzése, továbbá annak prognózisa a számba vehető választékok tükrében
- a választékszerkezet változása és flexibilitásának hatása a fakereskedelmi stratégiák meghatározására, különös tekintettel az export-importváltozásokra.

2.3. Az AES Borsodi Hőerőműbe beszállított energetikai erdei választék felhasználásának esetleges alternatívájának vizsgálata

A doktori kutatás kiemelt fontosságú vizsgálat-sorozata 4 évet vett igénybe. A konkrét folyamatok folyamatos elemzése, és a bekövetkezett változások elemzésének célja az volt, hogy a nagy volumenű, „egyszerűsített” kereskedelempolitika nem hordozta-e magában az alapanyaggal való gazdálkodás fellazulását („pazarlását”), hogy valóban, a jelen kutatási időszakban a hazai faenergetikai fejlesztéseknek megvalósítására csak ez a megoldás kínálkozott-e? A fűrészüzemi és parkettagyári vizsgálat célja pedig a lehetséges kihozatali értékek megismerése volt, a realizálódó veszteségek számszerűsítésével, összehasonlítva a ténylegesen feldolgozásra szánt alapanyag esetében elérhető eredményekkel.

2.4. Fakitermelési, készletezési és anyagmozgatási technológiák változásának szükségszerűsége és lehetséges hatása a jövőbeni rendszerekre

A témarész feldolgozása során a fő cél a logisztikai rendszer értékelése volt. A vizsgálatok során erdőrészletenként más-más fafajból történt mintavétel, melyekből laboratóriumi elemzésre került sor. A kapott értékek felhasználásával - a végtermékként számszerűsíthető energiaértékek alapján - összevetésre került sor a különböző ráfordítások között. Egyértelművé vált, hogy a költségek közül a legmeghatározóbb az anyagmozgatás költsége. Feladatként fogalmazódott meg, hogy milyen egyenletekkel is leírható összefüggés mutatható ki a kapott adatok alapján, és milyen megoldások kidolgozására nyílik lehetőség, ezek segítségével.

3. A kutatások módszerei

A téma nagyságrendje és fontossága, valamint rövid múltja újszerű kutatási metodika kialakítását igényelte.

3.1. A felhasználható és számba vehető megújuló energiaforrások közül a biomassán belül a dendromassza szerepének pozicionálása

Az éghajlat-változási problémák felismerése előtti, de ugyanakkor nélkülözhetetlen adatok elemzése volt a legnehezebb, mert ezek a szakirodalmi anyagok nem csak a szorosán vett éghajlat-változási kutatások céljából készültek, valamint csak egyes részei voltak alkalmazhatók a téma megközelítéséhez.

A doktori munkáknál általában csupán a bevezető részekben jelennek meg hasonló elemzések, viszont a téma újszerűsége tette ezt elhagyhatatlanná. Jelenleg még csak „felnövő” tudományágról lehet beszélni, mely igen sok ponton ellentmondásokat hordoz magában. Értékelhető eredményt a szakirodalmi publikációk összehasonlítása és azok elemzése adta. Az elemzések esetében fontos szempont volt az is, hogy a téma helyzetértékelése közben a hazai adatok feldolgozásához az általam végzett elemzések is segítséget nyújtsanak. Így jöhetett létre az a sajátos helyzet, hogy hazai adatbázisok elemzése során talált hiányosságok feltárása után gyakran saját kutatási eredményeimmel is segítettem azok pontosítását.

3.2. Az erőműi beszállítások lehetőségének kezdetétől az erdőgazdálkodásra gyakorolt hatás vizsgálata az EGERERDŐ Zrt-nél

A dendromassza energetikai hasznosítása, energetikai felhasználó esetében, egyszerű piaci-beszállítói problémának értékelhető. Hasonló megközelítés fogadható el a termesztett biomasszák (mezőgazdasági melléktermékek, energianövények) esetében is. A tartamos erdőgazdálkodásra alapozott erőművi léptékű energiatermelés alapanyag-ellátási kérdései azonban teljesen új és sokrétű elemzés igényét veti fel. Magyarországon korábban senki nem vállalkozott, és a nemzetközi szakirodalomban is csak elvétve lehet találkozni hasonló próbálkozással.

A kutatómunkához az EGERERDŐ Zrt. 1990-től, napjainkig számba vett fahasználati adatbázisai kerültek feldolgozásra. Határvonalként a 2001-es esztendő lett megjelölve (ekkor kezdődtek a tárgyalások az erőművel), majd az azt követő időszakok kerültek összehasonlításra, a fahasználatot érintő változások feltárásával. Vizsgálatra került:

- az üzemtervi adathoz mért valós fakitermelés volumene
- kitermelt fafaj-szerkezet változása, „küszöb alatti” erdők átértékelődése
- sarangolt választékok trendjének vizsgálata
- a sarangolton belül az energetikai alapanyag nagyságrendjének változása, más piaci szereplők helyzetének feltárása
- exporthatások, ami stratégiai kérdése nem csak az erdőgazdálkodásnak, hanem a hazai faiparnak
- ökonómiai „fordulópont” feltárása
- 30 évre vonatkozó prognózis bemutatása, különös tekintettel az energetikai választék energiataralmának tükrében

3.3. Az AES Borsodi Hőerőműbe beszállított energetikai erdei választék felhasználásának értékelése alternatív felhasználási móddal történő összehasonlítással

4 éven keresztül, a faipari feldolgozhatóság nagyságrendjében mintavételre került sor a készleten lévő „hosszított tűzifából. A vizsgálatokkal az volt a cél, hogy elemzésre kerüljön, az energetikai célra termelt faanyagból – ha az hagyományos faipari feldolgozásra kerül - a feldolgozás során nyereséges termék előállítható-e belőle?

A vizsgálatok fontosabb szempontjai, megoldásai:

- a mintavétel helye az erőműi, és erdei rakodó, a már energetikai választékként nyilvántartásba vett készletből
- a kiválogatott anyag, függetlenül a készletezés adataitól, rönkként újrafelvételezésre került
- a leválogatott anyag ugyanazon technológiát alkalmazó, de más fűrészüzembe lett beszállítva és feldolgozva
- az elsődleges faipari tevékenység során keletkező termék és hulladék külön felvételezésre került
- a gyöngyösi Mátraparkett gyárba került beszállításra a fűrészáru
- az összevetés érdekében egy termék lett megjelölve, a mozaikparketta
- parkettagyári technológia: szélezetlen fűrészáru szárítás, frízleszabás, mozaikparketta készítés, számba vétel

Az összehasonlíthatóság érdekében hagyományos fűrészrönk feldolgozására is sor került.

Az ökonómiai számszerűsítés az adott évben rendelkezésre álló adatokkal történt.

A végzett kutatás mind pénzügyi, mind volumen alapokon összehasonlítható volt, így alkalmas volt a következtetések levonására.

3.4. Fakitermelési, készletezési és anyagmozgatási technológiák szükségszerűségének vizsgálata, új technológiai variációk tervezése és lehetséges hatása a jövőbeni rendszerekre

3.4.1. Az energetikai választék kiszállítása és szállítása

Egy a beszállítások előtti (1999-2002. évek), és az azt követő időintervallum (2003-2006. évek) került feltárásra. A rendelkezésre álló erdőgazdasági adatbázisból, az anyagáramlás, és a rendelkezésre álló géppark került elemzésre.

Ezzel a módszerrel az úthálózatok forgalomsűrűségére és egyben a feltáráshálózatra gyakorolt hatására lehetett választ kapni.

3.4.2. Az energetikai választék nedvességtartalmának vizsgálata, és változások hatásának vizsgálata a logisztikára, az anyagmozgatás energiaigényére, a fajlagos energiaárra

Az EGERERDŐ Zrt. három különböző erdőrészletében, de azonos időben végrehajtott fakitermelésből, ugyanazon fafajból (KTT, Cs, B, Gy), elkülönített erdei rakodón, mintavételre alkalmas mennyiség (3-3 m³) került készletezésre. Minden tételből havonként azonos időszakban, motorfűrész segítségével 1-2 kg-nyi mintavételre került sor, melyet ott a helyszínen azonnal légmentesen zárható fóliába került.

Az előkészített mintákat a Nyugat-magyarországi Egyetem laboratóriumába lett szállítva, ahol az alábbi vizsgálatok kerültek elvégzésre:

- W = nedvességtartalom (%)
- $H_{w=mért\%}$ = fűtőérték a mért nedvességtartalom mellett (J/g)
- $H_{w=0\%}$ = fűtőérték 0 % nedvességtartalom mellett (J/g)
- Hamutartalom (%)

Az így kapott laboratóriumi adatbázis átlagolásával parabolikus és lineáris approximáció segítségével kimutatásra került a fanedvesség és a fűtőérték egyenlete.

A faanyag nedvességtartam és a faanyag-beszállítás költségek összefüggéseinek megállapítására, az EGERERDŐ Zrt. által 2004-2006. évek alatt beszállításra került faanyag adatbázisa lett feldolgozva. Az erőműbe szállított faanyag adataiból az alábbiak kerültek kigyűjtésre és elemzésre, évenként és erdészetenkénti bontásban:

- m³
- tonna (t)
- atrotonna (att)
- nedvességtartalom (%)
- szállítási tarifa (Ft/t)
- beszállítás teljes költsége (Ft)
- átvételi árat (Ft)
- erdei rakodói előállítás költségét (Ft)

A laboratóriumi adatok segítségével meghatározott fanedvesség és fűtőérték függvény segítségével, más-más fanedvesség %-ot megadva, táblázatos formában kimutatásra került a beszállított famennyiség fűtőértéke. Ezek alapján fűtőértékre vetített fajlagos költségek lettek számítva. A nedvességtartalom és a számított fajlagos szállítási költség (Ft/GJ) összefüggése, függvény formában meghatározásra került, parabolikus approximáció alkalmazásával. A kapott képlet segítségével egy modelltablát lehetett készíteni egyes tetszés szerint választott nedvesség % megadásával.

A fenti módszerrel meg lehet közelíteni azokat a határértékeket, amelyeknél már az anyagmozgatási költségek volumene miatt, már nem szabad energetikai bázis beszállítási körzetét bővíteni.

4. A tudományos eredmények összefoglalása

4.1. A felhasználható és számba vehető megújuló energiaforrások közül a biomassán belül a dendromassza szerepe vizsgálatának következtetései

A hazai és a nemzetközi szakirodalom, az energetikai scenáriók és az EU közelmúltban publikált célkitűzései alapján megállapítható, hogy a megújuló energiák használatának bővítését illetően egyre inkább előtérbe kerül a biomassák energetikai hasznosítása, mert ez a nyersanyagforrás az, amelyik stabil energiatermeléshez használható fel, hozzájárul a CO₂ megkötéshez, és szükség esetén természetes is, azaz bázisuk növelhető. A biomassza növekvő hasznosítását igen sok, mára már gyengülő vita követte. A tendenciákból kikövetkeztethető, hogy a ma még áttekinthetetlen, és sok ellentmondást tartalmazó hazai helyzet is stabilizálódik, és a hazai ellenzők is visszaszorulnak. Ehhez szolgál adalékkul az a megállapítás, hogy még korábban légkör CO₂ tartalma a Földön, a vegetációfejlődéssel összefüggő szénlekötés miatt fokozatosan csökkent, és a 18. század végén 270-280 ppm szinten stabilizálódott, addig ma eléri a 360 ppm nagyságot. Nem figyelmen kívül hagyva azonban azokat a tudományos megállapításokat, miszerint a Föld éghajlatváltozásának a ciklikussága bizonyított tény. Mégis megállapítható, hogy az ilyen mérvű légköri túlterhelést, az ember energiaszükségletének kielégítésével, ezt a ciklikusságot befolyásolja.

A világ energiaigénye folyamatos növekedést mutat, melynek kielégítése 81 %-ban fosszilis származékokból történik. Ezen belül a legjelentősebben növekvő elektromos áramtermelés (2000-ről 2030-ra, 16 074 TWh-ról, 31 657 TWh-ra növekszik) energiaforrásánál 64,3 % jelenleg a fosszilis fűtőanyag felhasználás. A prognózisok szerint, mivel nincs más alternatívája a világnak, a 2030-ban

közel megkétszereződő termelésen belül a káros anyagot kibocsátó részarány 73,2 %-ra növekszik.

A fenti felmérések alapján, a folyamatos kontroll mellett megszülető egyezmények, direktívák és vállalások megalapozottak, annak ellenére, hogy a világ összesen primerenergia-felhasználásában 2030-ig 66 %-os, a villamosenergia-termelésben 540 %-os növekmény prognosztizált.

Hazánk, a prioritásokat figyelembe véve, saját energiastratégiát dolgozott ki - integrálódva az EU direktívákhoz, tekintettel arra, hogy az EU-ban közös energiapolitika nem létezik.

Ebben sarokpont az energiapiac liberalizációja, de igen hangsúlyosan megjelenik az energiahatékonyság és a megújuló energiák nagyobb térhódítása is.

A stratégia a korábban tett vállalásokat nem változtatja meg, hanem forgatókönyv-szerűen a lehetőségeket tárja fel, és számszerűsíti a potenciálokat, összefüggésben a szintén kívánatos energia-megtakarítási programmal.

A megújuló energiaforrásoknak a teljes energiafelhasználásban vett részarányára vonatkozó célértékeinek meghatározásához két forgatókönyvet állítottak fel. Az alap scenárió (BAU) és a stratégiai (Policy) scenárió között alapvető különbséget jelent, hogy míg a BAU a már meghozott, vagy jelenleg ismert és előkészítés alatt álló döntések eredményét veszi alapul, addig a Policy forgatókönyv további, a megújulókat hasznosítását ösztönző intézkedések hatásával is számol.

Végeredmények:

Megújuló energiafelhasználás mindösszesen	2005	2020	2020
		BAU	Policy
Mindösszesen	49,93	135,94	186,28
Bioüzemanyag	0,21	19,55	19,55
Összesen (bioüzemanyag nélkül)	49,72	116,39	166,73
Vízenergia	0,73	0,88	0,88
Szél	0,04	4,04	6,12
Napenergia	0,08	0,42	1,66
Geotermikus	3,63	7,27	11,36
Biomassza	43,56	93,70	130,81
Biogáz+biometán	0,30	6,75	12,57
Hulladék megújuló része	1,38	3,33	3,33
Megújuló villamosenergia-termelés	2005	2020	2020
		BAU	Policy
Összesen	1802,1	7556,5	9469,5
Vízenergia	202	243	243
Szél	10	1122	1700
Napenergia	0,1	0,5	0,5
Geotermikus	0	520	656
Biomassza	1506	4982	6011
Biogáz	25	547	717
Hulladék megújuló része	59	142	142

Az elmúlt évek erdei választékszerkezetének adatait alapul véve, és a fűtőérték számítási alapképletet alkalmazva nagy biztonsággal kijelenthető, hogy mai

szinten számolva a hazánk erdeiből kikerülő energetikai választék közel 45 PJ nagyságrendet képvisel. A BAU prognózishoz mérten a program biomasszára eső tervrészének közel a felét képes lesz a dendromassza produkálni, primer vonalon. Amennyiben a villamos energia TPES egyenértékét vizsgáljuk a BAU prognózis szerinti 51,43 PJ-nyi energiához mérten, még jelentősebb ez a szám, figyelembe véve, hogy ezen az úton jár tovább a magyar energiatermelés.

A legfontosabb az a megállapítás, mely szerint a biomassza-bázisú energiatermelés az EU területén sok ellentmondás közepette fejlődött, de a jövőt illetően a megújuló-energiák között meghatározóvá válik, és az egyik legfőbb eredménye (többek között) a CO₂ emisszió csökkenése. Magyarországon a téma még vitatott, várható, hogy ugyanazokat az ellenállásokat (ellenérdekelt lobbik, a lakosság tájékozatlansága, félreértett környezetvédelmi megközelítés, a fafelhasználók, mint piaci konkurencia ellenállás-gerjesztő tevékenysége) kell számításba venni, melyek az EU-ban 15 évvel ezelőtt voltak meghatározók. Ezért a téma hazai lehetőségeit, érdemi céljait folyamatosan kutatni kell, és erősíteni kell a közvélemény informálását.

Új kutatási eredmény (bár a kutatások módszere irodalmi elemzés) a tendenciaelemzés, az EU döntéseiből a hazai erdőgazdálkodásra alapozott faenergetika fontosabb értékelési szempontjainak meghatározása, és különösen a hazai adatbázis folyamatos értékelése, melyhez különböző elemzések közben alapadatokat és értékelési szempontokat is szolgáltattam.

4.2. Az erőműi beszállítások lehetőségének kezdetétől az erdőgazdálkodásra gyakorolt hatás vizsgálata eredményei az EGERERDŐ Zrt. területén

4.2.1. Kitermelt volumen.

Az 1990-ig visszanyúló adatbázisának elemzése egyértelműen kimutatta, hogy a szokásos volumen-intervallumon belüli mozgástól eltérő változás nem következett be a fakitermelés összes mennyiségének tekintetében. Ami igazolta azt a tényt, hogy az erdőgazdálkodással kapcsolatos döntésmechanizmust elsősorban az ökológiai szempontok vezérlik.

4.2.2. Fafaj-szerkezet változása

Jellemzően a cser állományok besorolásának és letermelésének arányváltozása következett be, mely egyértelműen a piaci igények változására vezethető vissza. Ugyanakkor megállapítható, hogy a gazdálkodó a vizsgált időszakban nem lépte

túl az ökológiát kedvezőtlenül befolyásolható határokat, de ismerve a fordulópont időszakát, annak határára jutott.

4.2.3. Sarangolt választékok trendje

Vizsgálva az azonos fafajú, korú és használati módú beavatkozások esetében nem történ jelentős változás. Viszont jellemzően cseres állományok letermelésének volumennövekedése miatt közel 10 %-os tűzifa részarány-növekedés figyelhető meg. Ez nem befolyásolta az „értékesebb”, egyben keresettebb és a faipar számára jelenleg kurrens fafajok választék-szerkezetét.

4.2.4. Sarangolton belül a tűzifa részarány-változás

A vizsgált időszakon belüli (2001-2006 évek) a 10 % tűzifa-részarány növekedés egyértelműen a rostfa-arány csökkenésével járt. Viszont megjegyzendő, hogy a rost és forgácsfa-gyárak a volumenében megnövekedett cser kitermelés esetén forgácsfájára nem, vagy csak kis mértékben tartanak igényt.

4.2.5. Exporthatások

A korábbi évek (1990-2000) átlagához mérten több mint a felére visszaesett az export. Oka az volt, hogy az energetikai kereslet megteremtődésével, a fakitermelési volumen növelése nélküli közegben átcsoportosításra volt szükség. A gazdálkodó prioritást biztosított a lakossági tűzifa ellátásnak, annak ellenére, hogy az mindig hektikus volt, továbbá a hazai rostfa-piac igényeinek.

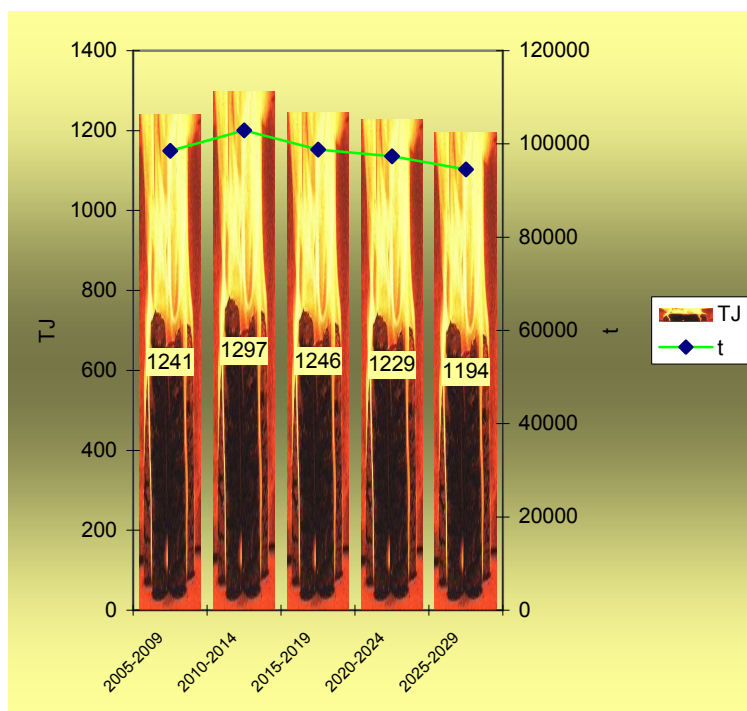
4.2.6. Ökonómiai fordulópont

Az 1990-es évektől tartó tűzifa recesszió a 90-es évek végére a kezelhető mélypont alá süllyedt, vagyis a tűzifát a kitermelés önköltsége alatti áron lehetett, ráadásul bizonytalan piacon (fászenítés céljára) elhelyezni. Az erőművi beszállítás lehetőségének felszínre kerülésekor a legkiélezettebb vitapont maga az árképzés volt. A rendezőelv a fűtőérték-arányos árképzés volt. Ezt ugyan nem lehetett teljes egészében elérni, de az energetikai egységszámításokon alapuló árképzést, amit a vevői oldal is elfogadott, azt meg lehetett közelíteni. A kialakított ár a kiindulási érték közel háromszorosa volt.

Ez csak a 2006-os esztendőben és csak az energetikai választék terén abszolút értékben közel 16 Mrd Ft többlet árbevételt jelentett az ágazatnak 2000-hez viszonyítva. Külön vizsgálendő az egyéb árfelhajtó hatás a többi primertermék esetében.

4.2.7. Fahasználati prognózis

A hosszú-távú szerződések megkötése érdekében elengedhetetlen a fahasználati prognózis a várható választékszerkezet tükrében, mely számba vehető hibahatáron belüli csökkenő trendet mutat, így erdőterület változása nélkül pontosan tervezhető a rendelkezésre álló alapanyag, az alábbi ábra szemléletesen azt bemutatja:



Új kutatási eredményeknek vehetők azok a megállapítások, melyek a hazai faenergetika megjelenése okainak feltárásával, a tartamos erdőgazdálkodás és a faenergetika kapcsolatával, illetve az új fahasznosítási mód, és a fahasználati technológiák fejlesztésével függenek össze.

Megállapítható volt, hogy a faenergetika gyors fejlődését a „kis értékű” fa, mint nyersanyag iránti kereslet hiánya segítette, alkalmazása pedig az erdőgazdálkodás gazdaságosságának javulását eredményezte. Megállapítható volt az is, hogy a jelenleg érvényben levő erdőtörvény által meghatározott üzemtervezési rendszerben a faenergetika a tartamos erdőgazdálkodás szakmai szempontjainak sérelme nélkül folytatható. Az Egererdő területén a faenergetika hatására nem növekedett a fakitermelés, javult viszont a megtermesztett faanyag hazai hasznosításának aránya, azaz csökkent a nyersanyagexport.

4.3. Az AES Borsodi Hőerőműbe beszállított energetikai erdei választék felhasználásának alternatívájaként elvégzett fűrészüzemi feldolgozás eredményei

A nagy mennyiségben (évente 60-100 ezer tonna) történő erőművi beszállítás egyedi szabvány kidolgozását igényelte, melynek szempontjai:

- befogadó feldolgozói technológia igénye
- készletezés közbensőrakodón
- faanyagmozgatás

A befogadó által idealizált dimenzió maximum 6 m hossz és maximum 80 cm átmérő, az alsó limitben a normál tűzifa-szabvány paramétereit voltak az irányadók, viszont kapacitásigény miatt a volumen-megkötés szerepelt a megállapításokban.

A készletezésnek, különösen hegyvidéken, rakodóterületi határai vannak, sok esetben csak az 1 m hosszúságú, hagyományos tűzifa-sarangba helyezésére van lehetőség, egyéb hosszak esetén a rönknél alkalmazott máglyázás alakult ki.

A faanyagmozgatásnál a kialakult szállító géppark paramétereit, illetve vasúti szállítás esetén az ideális vagon méreteit is figyelembe veendő.

A rakodófelület maximális kihasználása érdekében bevezetésre került a „hosszított” tűzifa választék (2,50; 2,60; és 3,00 m hosszban). Súlyos kritika érte ezért a szállítót, miszerint fűrészipari alapanyagot termel és „égettet el”.

Faipari szakemberek bevonásával leválogatásra került, méreti tulajdonságai alapján, négy különböző időszakban, 61,38 m³ hosszú tűzifa és 15,62 m³ szabvány fűrészrönk.

Keretfűrész, fűrészipari feldolgozás után, kizárólag mozaikparketta gyártásra került sor.

Már a fűrészáru feldolgozásánál, 20-30 %-kal rosszabb minőségi kihozatali % volt tapasztalható a tűzifa választéknál, tér és síkgörbeség miatt.

Mozaikfrízzé való feldolgozást követően további 10-15 %-kal gyengébb kihozatal volt kimutatható a fűrészrönkhöz képest, mely eltérés a belső fahibák gyakoriságára volt visszavezethető.

A mozaikfrízből ténylegesen legyártott mozaikparketta arányok közötti különbség tovább növelte a kihozatali veszteséget. A leválogatott tűzifából készülnél a négy kísérleti termelés során átlagban 47,43 m²/m³ kihozatali értékek lettek mérve, szemben a normál fűrészrönk feldolgozásával, ahol 54,16 m²/m³ keletkezett.

A kész mozaikparketta osztályozásánál jelentkezett ismételten egy jelentős eltérés, ahol is az ún. ipari részarány a tűzifából termelnél átlagban 25,8 %-ot ért el (aminek az eladási ára 60-70 %-a a normál átlagárának) a fűrészrönkből termelt parketta 8,8 %-ával szemben.

Az azonos feldolgozási költségráfordításokkal szemben a magas kihozatali veszteségek és a közvetlen árbevétel befolyásoló minőségi arányok (ipari – normál) eltolódása miatt, kivétel nélkül valamennyi tűzifa-mintafeldolgozás veszteségbe fordult. Alapanyagra vetítve a tűzifa feldolgozásnál közel 2400 Ft/m³ volt a veszteség, a hagyományos rönk esetében pedig közel 2700 Ft/m³ nyereség képződött.

Új kutatási eredménynek tekinthető azon vizsgálati módszer kidolgozása és alkalmazása, amely alapján az energetikai célra termelt faanyagot és a szabványos rönköt, ugyanazon hagyományos fafeldolgozási technológiát alkalmazva, egy meghatározott céltermék előállításával elemzésre, és összevetésre kerültek a kapott eredmények. Azonos egységekre vetített kihozatali mutatók és elérhető bevételek, valamint ráfordítások összehasonlítására volt lehetőség. Az eredmények igazolták a tartamos erdőgazdálkodásban az energia-centrikus választékolás helyességét.

4.4. Fakitermelési, készletezési és anyagmozgatási technológiák változásigény igazolására végzett felmérések, laboratóriumi mérések és számítások elemzésének eredményei

4.4.1. Az erdei feltáróhálózatra gyakorolt hatás

A faanyagmozgatás elemzésénél megállapítható volt, hogy a vizsgált két időintervallum (1999-2002 és 2003-2006) között a volumen eltérés nem volt számottevő (24 em³). A kimutatható forgalomterhelésnél az erőművi beszállításhoz alkalmazkodó géppark-változás jelentette a különbséget.

A nagyobb teherbírású gépjárművek megjelenésével a fordulók száma ugyan csökkent közel, 12 %-kal, viszont a forgalomterhelés 20 %-kal növekedett, amit egy forduló egységtengely -átszámítási tényezője és a gépkocsival leszállítható köbméter hányadosát képező forgalomterhelési tényezők egymáshoz hasonlításával lehetett megkapni.

A vizsgált időszakban mértek alapján, a standardként elfogadott úttervezési normák szerint, a 20 évre tervezett pályaszerkezetek élettartalma 8,5 évvel csökkenhet.

4.4.2. Az energetikai választék nedvességtartalma és annak hatása az anyagmozgatásra, laboratóriumi mérések, gyűjtött adatok és számítások eredményei

A kitermelt és erdei rakodón készletezett, más-más fafajú energetikai választék nedvességtartalom-változásának adatai, a havonkénti mintavételből származó mintamennyiség laboratóriumi vizsgálatával került meghatározásra.

Tekintettel arra, hogy a beszállított faanyag 92 %-a KTT, Cs, B, és Gy fafajokból áll, így a kísérlet ezekre a fafajokra terjedt ki.

A három erdőrészletből származó mintákból, fafajonként idősoros átlagok lettek képezve, a nedvességtartalomból és hőenergia-tartalomból. Az így kapott értékek az összes vonatkozó átlagértékek, melynek adatai alapján egy lineárishoz függvényt lehetett kiszámolni.

$$y = 19363,056 - 195,106x$$

ahol x = fanedvesség, %-ban, az y = fűtőérték, J/g-ban.

Feldolgozásra kerültek a 2004-2006 időszakban az erőműbe szállított tűzifa adatait, melyeknek legfontosabb adatai a m³ és az atrotonna (att), valamint a költségek és a bevételek, voltak.

A számítás egyik eredménye az volt, hogy az eltérő nedvességtartalomhoz változó tonna értékeket lehetett képezni, mely alapján a változó fordulósámot is meg lehetett határozni. Megállapítható, hogy az élőnedves faanyag szállításához képest - közel 5-6 hónapi, erdei rakodón való tárolással - a fordulók száma a súlycsökkenés miatt 13403-ról 8935-re csökkenthető (azaz közel 30 %-kal). Ezzel ellensúlyozható az utak fokozott igénybevételének negatív következménye.

A laboratóriumi fűtőértékek meghatározásával ugyancsak egy egyenlet volt felállítható a nedvességtartalom és a fajlagos szállítási költségek közötti összefüggés számszerűsítésére:

$$y = 0,04x^2 - 0,03x + 118,76$$

ahol x = fanedvesség %-ban, az y fajlagos szállítási költség Ft/GJ-ban.

Az egyenlet segítségével számítani, és táblázatba lehetett foglalni az egyes időszakokban és erdészetenként beszállított famennyiség fűtőértékét. Ismerve a beszállítás tarifarendszerét, egyrészt GJ-ra vetítve ki lehet számítani a beszállítás költségét, továbbá az erdei rakodói bekerülés költségét (Ft/GJ) és az árbevételét (Ft/GJ). Előbbieket összevetve pedig az átadási ponton mért eredményt is ki lehetett mutatni.

Csak az élőnedves fa beszállításával szemben az 5-6 hónapig történő tárolás után végrehajtott átadással 80 %-kal növelni lehet a nyereséget (87,24 Ft/GJ-ról 159,01 Ft/GJ-ra).

Egyértelműen megállapítható, hogy az alapanyag nedvességtartalma nem csak szűken a felhasználás (erőművi, tüzeléstechnikai) technológiájában determináns, hanem - a primer terméket előállító oldaláról - a költséggazdálkodás szempontjából is.

Új kutatási eredménynek tekinthető az a terjedelmes vizsgálattal igazolt megállapítás, mely szerint az energetikai célú faanyag logisztikája szoros kapcsolatba hozható az értékesíthető energiatartalomra jellemző fajlagos energiaárral, a szállítási költségekkel és a szállítópályák használatával kapcsolatos költségekkel. A mért és gyűjtött adatokra alapozott elemzésekkel meghatározott függvények alapján kimutathatók a szoros kapcsolatok, de megállapítható az is, hogy az egyéb okok miatt is előnyös természetes (tároláshoz kapcsolt) előszárítás egyben hozzájárul a szállítógépek csökkenő tengelynyomásával elérhető úthasználati költségek csökkenéséhez.

Megállapítható az is, hogy a logisztikával kapcsolatos kutatásokat az úthálózathoz illesztett szállítógépnagyság optimalizálása céljával folytatni kell.

5. Az eredmények gyakorlati hasznosítása, jövőbeni kutatási feladatok

A kutatás során meghatározásra kerültek az ágazatpolitikailag is kiemelkedő, közelmúltbeli változások okai. Azaz, hogy miért kellett és volt lehetősége elmozdulni az ágazatnak a faenergetika irányába.

Miként befolyásolta, ez az elmozdulás az ágazati termelés átrendeződését, egyedi példán keresztül bemutatva. Megnyugtatóan feltárásra kerültek az egyre növekvő flexibilitású környezetben, hogy érinti-e, érintheti-e magát az erdőt a szakmapolitikai szempontból történelmi léptékű változás.

Társadalmi, szakmai és társszakmai aggodalmakra, kérdésekre és ellenvéleményekre válaszadás történt - a számszerűsített, mintavételen alapuló feldolgozás eredményeinek bemutatásával. További kutatásra ösztönző megállapítások születtek, a kérdést a felhasználó oldaláról is vizsgálva.

Áttekinthetővé vált a technológiai folyamatokban történt kényszerű változások kihatása, különös tekintettel az erdei feltáráshálózatra gyakorolt hatások bemutatásával.

Az idősoros mintavétellel és a laboratóriumi eredmények feldolgozásával olyan képlet került bemutatásra, mely megfelelő szoftverbe illesztve döntéselőkészítésben segédanyagként alkalmazható és segítségével fafajonként is elkészíthető összefüggésekhez jutunk. Továbbá, a közismert fűtőértékszámítására használatos képletek ilyen mérésekkel visszaigazolhatók, avagy korrigálhatók. Ugyancsak jól alkalmazhatók a nedvességtartalom és a beszállítási költség GJ-ra vetített összefüggésének eredményei, melyek szintén továbbfejleszthetők.

A nagy léptékű projektek számára az első lépés, hogy az, működőképessé válják, de ugyanakkor kell elkezdeni a felkészülést a projekt lefutási ideje utáni helyzetre. Összességében jól érzékelhető, hogy a nagyüzemi beszállítás kezdeti, de véges lépés. Jövőkép megalkotása nélkül is megállapítható, hogy a beszállítás témakörében tett kutatás a továbbiakban egyértelműen az általános energiagazdálkodás irányába terelődik, igényként megjelenítve a szállítási költségek jelentősebb csökkentését, aminek van egy lehetséges megoldása: kisebb kapacitású, ezáltal nagyobb számú regionális kogenerációs erőművek, avagy fűtőművek létrehozása, melyek a szállítási távolságok csökkenését eredményezik.

6. A témakörben megjelent publikációk jegyzéke

Kiadványok:

- Jung L.: Természetközeli erdőgazdálkodás. MTSZ Magyar Tudomány Napja, Eger. MTSZ kiadvány, 2000.
- Jung L.: Erdőgazdálkodás és „hulladékgazdálkodás” kapcsolata. Hulladékgazdálkodási Konferencia, Gyöngyös. Konferencia kiadvány, 2001.
- Jung L.: Erdőgazdálkodás, természetvédelem és közjólét az EGERERDŐ Rt. területén MTSZ Magyar Tudomány Napja, Eger. MTSZ kiadvány, 2001.
- Jung L.: Erdőgazdálkodás-vadgazdálkodás MTA Erdészforum, Budapest. MTA kiadvány, 2002.
- Jung L.: Erdőgazdálkodás-energiagazdálkodás. MTSZ Magyar Tudomány Napja, Eger. MTSZ kiadvány, 2002.
- Jung L.: Erdőgazdálkodás, nagyüzemi energiatermelés. MVM Energia Klub Konferencia, Visonta. Konferencia kiadvány, 2003.
- Jung L.: Erdőgazdálkodás-energiagazdálkodás. Energiafogyasztók Lapja 2003.
- Jung L.: Faenergetika és erdőgazdálkodás MTESZ kiadvány kiadvány Eger Magyar tudomány Napja 2003.
- Jung L.: Energiagazdálkodás- „faenergetika”. MTESZ kiadvány Dendromassza, mint energiaforrás Siófok 2003.
- Dr Marosvölgyi B, Dr. Kovács Jenő, Jung L.: Fabázisú erőmű alapanyag-ellátási lehetőségeinek elemzése erdőgazdasági informatikai adatbázis felhasználásával. XXVIII. Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás kiadvány Gödöllő, 2004.
- Jung L.: A fa energetikai hasznosításának első tapasztalatai az Egererdő és az AES Kazincbarcikai Erőmű kapcsolatában. Biomassza Társaság kiadvány 2004.
- Jung L.: Erdőgazdálkodás és energiagazdálkodás. A megújuló energiaforrások esélyei Magyarországon. Konferencia kiadvány 2004.
- Jung L.: A fahulladék piaci alapon történő felhasználása az energia szektorban. Energetikai Konferencia kiadvány 2004.

-
- Jung L.: Erdőgazdálkodás, energiatermelés. Miskolci Egyetem tudományos kiadványsorozat 2004.
 - Dr. Kovács Jenő, Jung L.: A biomassza energia előállításának és hasznosításának néhány tapasztalata. HUNGEXPO kiadvány 2004.
 - Jung L.: A fa energetikai célú termesztése a magánerdőkben. Magánerdő Konferencia kiadvány 2004.
 - Jung L.: A fahulladék piaci alapon történő felhasználása. ENERGOExpo Nemzetközi Energetikai Szakkiállítás és konferencia. Konferenciai kiadvány 2004.
 - Dr. Kovács Jenő, Jung L.: Faenergetika Magyarországon. MTESZ kiadványsorozat 2004.
 - Dr. Marosvölgyi B, Dr. Kovács Jenő, Jung L.: Az új energetikai célú faanyag-piac első hatásai a fakitermelési technológiákra és a fakitermelés eredményességére. MTA Kutatás és Fejlesztési Tanácskozás kiadvány 2005.
 - Dr. Kovács J. Jung L.: A dendromassza feldolgozás fő technológiai kérdései. Magyarország Biomassza nagyhatalom- környezetharmonikus projektek Konferencia, Keszthely. Konferencia kiadvány 2005.
 - Jung L.: Fabázisú energetika. VIII. Biomassza Konferencia kiadvány, Sopron 2005.
 - Jung L.: Dendromassza felhasználás fő kérdései. Mezőgazdasági Támogatások Konferenciája, Gyöngyös-Taspuszta. Konferencia kiadvány 2005.
 - Jung L.: Energiahatékonyság és megújuló energiaforrások. Világgazdasági Konferenciák. Konferenciai kiadvány, Budapest 2005.
 - Jung L.: A tartamos erdőgazdálkodás és a faenergetika optimális kapcsolata. KvVM Középeurópai Egyetem (CEU) Alternatív energiatermelési módok konferenciák. Konferencia kiadvány Budapest, 2005.
 - Dr. Marosvölgyi B., Dr. Kovács J., Jung L., Ivelics R.: A dendromassza-ültetvények termesztéstechnológiája. FVMMI Új eredmények és lehetőségek a megújuló energiák hazai alkalmazásában és hasznosításában konferencia. Konferencia kiadvány és poszter Gödöllő, 2005.

-
- Dr. Marosvölgyi B., Dr. Kovács J., Jung L., Barkóczy Zs.: Az energiabázis modellezése. XXX. Kutatási és fejlesztési Tanácskozás, kiadvány és poszter Gödöllő, 2006.
 - Jung L.: A faenergetika súlya az erdőgazdálkodásban. I. Ökoenergetikai és IX. Biomassza Konferencia kiadvány, Sopron, 2006.
 - Dr. Marosvölgyi B., Jung L.: Faenergetika aktuális kérdései. IX. Bányász-Kohász-Erdész Találkozó Tudományos Konferencia kiadvány, Eger, 2006.
 - Jung L.: Erdőgazdálkodás potenciája a hazai energia ellátásban. Pellet & Brikett – Termőföldtől a kazánig Szakmai Nap kiadvány és poszter, Gödöllő, 2006.
 - Jung L.: Foresty and energy. Olasz Biomassza Szakkonferencia kiadvány, Budapest, 2007.

Előadások:

- 2000. november 8. Eger: Természetközeli erdőgazdálkodás.
- 2001. október 11. Gyöngyös: Hulladékgazdálkodási Konferencia. Erdőgazdálkodás és „hulladékgazdálkodás” kapcsolata.
- 2001. november 07. Eger: MTSZ Magyar Tudomány Napja. Erdőgazdálkodás, természetvédelem és közjólét az EGERERDŐ Rt. területén.
- 2002. május 14. Budapest: MTA Erdészforum. Erdőgazdálkodás-vadgazdálkodás.
- 2002. november 07. Eger: MTSZ Magyar Tudomány Napja. Erdőgazdálkodás-energiagazdálkodás.
- 2003. április 10. Visonta: MVM Energia Klub Konferencia. Erdőgazdálkodás, nagyüzemi energiatermelés.
- 2003. november 13. Eger: Faenergetika és erdőgazdálkodás.
- 2003. november 14. Siófok: Energiagazdálkodás-„faenergetika”.
- 2004. január 20. Gödöllő: Fabázisú erőmű alapanyag-ellátási lehetőségeinek elemzése erdőgazdasági informatikai adatbázis felhasználásával.

-
- 2004. március 04. Sopron: V. Biomassza Konferencia. A fa energetikai hasznosításának első tapasztalatai az Egererdő és az AES Kazincbarcikai Erőmű kapcsolatában.
 - 2004. április 02. Kiskunmajsa: A megújuló energiaforrások esélyei Magyarországon Konferencia. Erdőgazdálkodás és energiagazdálkodás.
 - 2004. május 13. Nyíregyháza: Energetikai Konferencia. A fahulladék piaci alapon történő felhasználása az energia szektorban.
 - 2004. május 14. Miskolc: V. Bányász-Kohász-Erdész Találkozó. Erdőgazdálkodás, energiatermelés.
 - 2004. szeptember 14. Budapest: A biomassza energetikai hasznosítása. Az energiatudatosság az önkormányzatoknál Konferencia. A biomassza energia előállításának és hasznosításának néhány tapasztalata.
 - 2004. szeptember 20. Nagybátony: OEE Magánerdő Konferencia. A fa energetikai célú termesztése a magánerdőkben.
 - 2004. szeptember 28. Debrecen: ENERGEexpo Nemzetközi Energetikai Szakkiállítás és Konferencia. A fahulladék piaci alapon történő felhasználása.
 - 2004. november 20. Eger: MTESZ Konferencia. Faenergetika Magyarországon.
 - 2005. január 18. Gödöllő: MTA XXIX. Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás. Az új, energetikai célú faanyag-piac első hatásai a fakitermelési technológiákra és a fakitermelés eredményességére.
 - 2005. február 26. Keszthely: Magyarország Biomassza Nagyhatalom-Környezeteharmónikus Projektek Konferencia. A dendromassza feldolgozás fő technológiai kérdései.
 - 2005. március 3. Sopron: VIII. Biomassza Konferencia. Fabázisú energetika.
 - 2005. március 31. Gyöngyös-Taspusztá: Mezőgazdasági támogatások 2005. Dendromassza feldolgozás fő kérdései.
 - 2005. április 26. Budapest: Világgazdasági Konferenciák. Energiahatékonyság és megújuló energiaforrások.
 - 2005. május 11. Sopron: Erdőakadémia. Erdőgazdálkodás, energiagazdálkodás.

-
- 2005. május 19. Sopron: Nyugat-Magyarországi Egyetem Erdőhasználati Tanszék Logisztikai feladatok erőművek tűzifa-ellátásában.
 - 2005. szeptember 07. Sopron: Lignonovum Szakkiállítás. Erdőgazdálkodás energiagazdálkodás.
 - 2005. szeptember 13. Eger: Mindentudás Iskolája rendezvénysorozat. Elfogynak az energiaforrások. Hogyan tovább?
 - 2005. szeptember 22. Kál: Die erneuerbare Energie
 - 2005. október 13. Szeged: FVM Képzési és Szaktanácsadási Intézet. Megújuló energiaforrás-termelés az Egererdő Rt területén.
 - 2005. október 18. Mátrafüred: OEE Szakosztályülés. Erdőgazdálkodás és energiatermelés kapcsolata.
 - 2005. október 25. Budapest: KvVM Középeurópai Egyetem (CEU) Alternatív energiatermelési módok Konferencia. A tartamos erdőgazdálkodás és a faenergetika optimális kapcsolata.
 - 2005. december 12. Budapest: Tisza Vízyűjtő Programrégió ülés (Parlament). Tájékoztató az erdősítés lehetőségeiről a Tisza Völgyében, különös tekintettel az energetikai faültetvények létesítésére.
 - 2006. február 09. Sopron: Nyugat-Magyarországi Egyetem. Megújuló energiaforrás-termelése az Egererdő Erdészeti Rt. területén.
 - 2006. március 02. Sopron: I. Ökoenergetikai és IX. Biomassza Konferencia. A faenergetika súlya az erdőgazdálkodásban.
 - 2006. április 20. Mátrafüred: Vadas Jenő Erdészeti Szakközépiskola. A faenergetika és erdőgazdálkodásban.
 - 2006. május 26. Eger: Bányász-Kohász-Erdész Találkozó. Faenergetika aktuális kérdései.
 - 2006. szeptember 20. Gödöllő: Pellet & Brikett – Termőföldtől a kazánig Szakmai Nap. Erdőgazdálkodás potenciája a hazai energia ellátásban.
 - 2007. május 31. Szolnok: Parlament, Mezőgazdasági Bizottsági ülés. Faenergetika hasznosítása, felhasználásának lehetőségei Magyarországon.
 - 2007. szeptember 27. Budapest: Magyar Tudományos Akadémia Megújuló energiaforrások Konferencia. A biomassza-felhasználás szabályozási környezete.

- 2007. október 01. Budapest: Európai Biomassza Napok. A biomassza-felhasználás szabályozási környezete.
- 2007. november 29. Budapest: Olasz Biomassza Szakkonferencia. Forestry and energy.
- 2007. december 06. Sopron: KKK Zárókonferencia. Néhány fahasználati szakmai utóvizsgálat a faenergetikában.
- 2008. március 06. Sopron: XI. Biomassza Konferencia.
Faenergetika- erdő
- 2008. március 27. Gyöngyös: XI. Nemzetközi Tudományos Napok. A biomassza – felhasználás szabályozási környezete.
- 2008. április 09. Guth: Alföldi Erdőkért Egyesület, Kereskedelmi Szakbizottságának ülése. A biomassza – felhasználás szabályozási környezete.