

ALFÖLDI FENYŐ, AKÁC ÉS NEMES NYÁR ÁLLOMÁNYOK MAGASAN GÉPESÍTETT FAHASZNÁLATA

Horváth Attila László - Szakálosné Dr. Mátyás Katalin - Prof. Dr. Horváth Béla

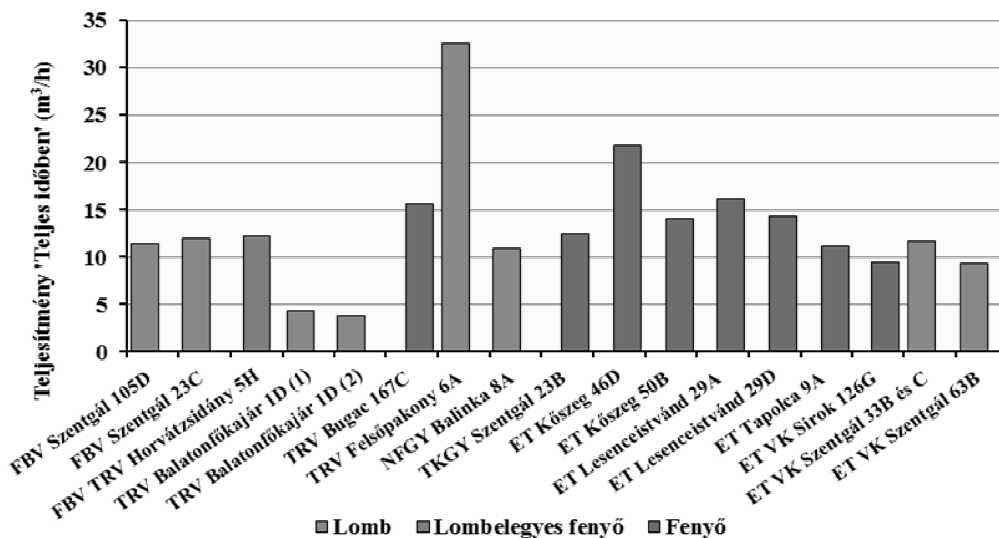
Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdészeti-műszaki és Környezettechnikai Intézet, Sopron
horvath.attila@emk.nyme.hu, szakalosne.matyas.katalin@emk.nyme.hu

Bevezetés

Napjainkra megsokszorozódott a magasan gépesített (harveszteres) fakitermelések aránya a hazai erdőkben és nem csak a fenyvesekben, hanem a mára már éppúgy elfogadott körülménynek mondható lombos állományokban is. Vizsgálataink során célként fogalmazódott meg hogy kutassuk a harveszteres munka teljesítményértékeit eltérő állományviszonyok között. Igyekeztünk minél változatosabb körülményekre méréseket végezni és a mért illetve számított eredményeket különböző szempontok szerint csoportosítva összehasonlítani.

Magyarországon dolgozó harveszterek munkájának értékelése

Kutatásaink során 8 db harveszter mérésére került sor, 17 különböző erdőrésztletben és 6-féle használati módban, lombos, lombelegyes fenyves és fenyves állományokban, sík-, domb- és hegyvidéki körülmények között. A vizsgált gépek, műszaki paramétereik alapján a közepes méretű harveszterek közé tartoznak. Erdőrésztletenként határoztuk meg teljesítményeiket, amelyeket az 1. ábra szemléltet.

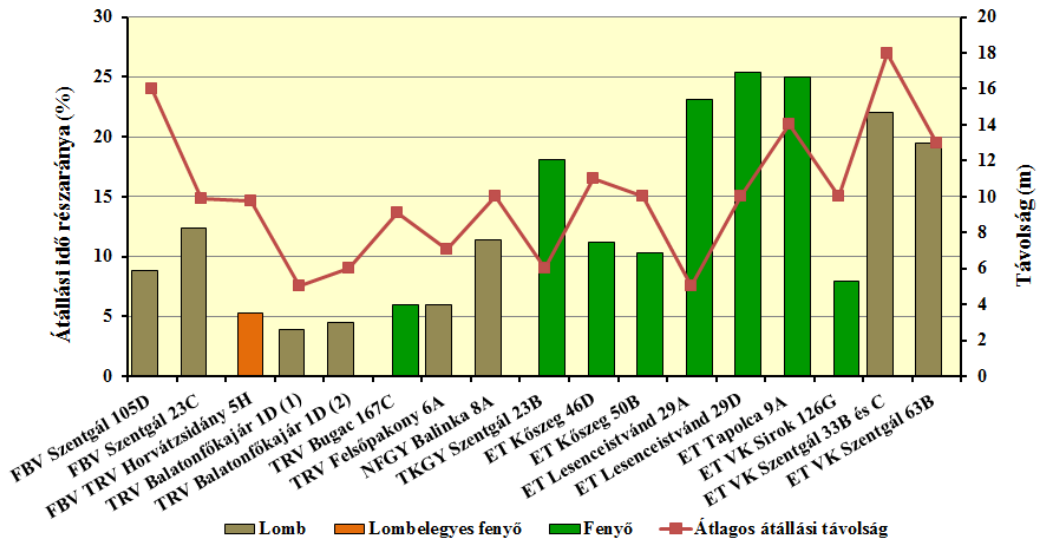


1. ábra: A harveszteres fakitermelések mért teljesítményei, erdőrésztletenként (Forrás: Saját adatok)

Összehasonlítva az eredményeket látható, hogy lombos állományok fahasználataiban a vizsgált gépek teljesítménye üzemidőben átlagosan 12,0 m³/h, míg produktív időben 15,43 m³/h. Fenyvesekben 14,41 m³/h valamint 17,93 m³/h értékeket állapítottunk meg.

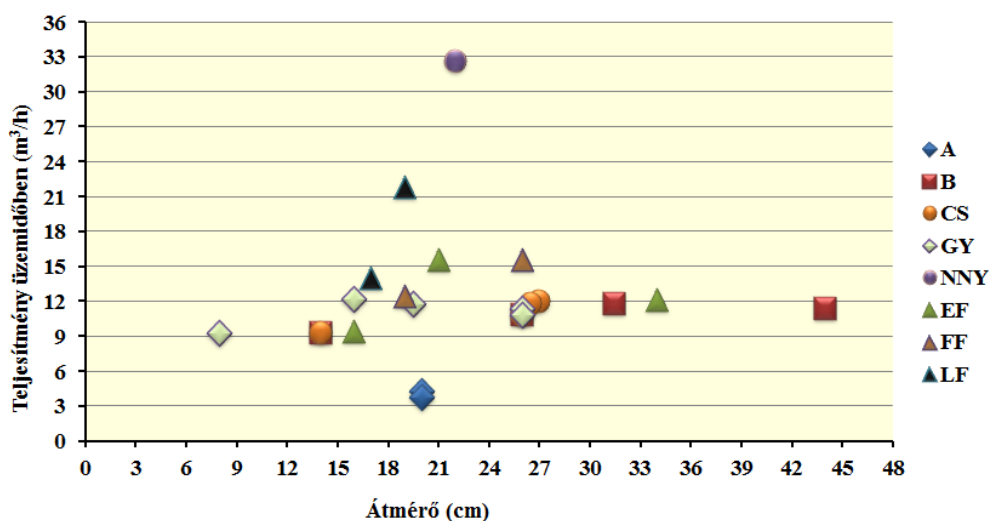
A tarvágásokban (TRV) – kivéve a Balatonfőkajári gyenge akácost – és a pusztuló fenyvesekben végrehajtott egészségügyi termeléseknél (ET) – amelyek gyakorlatilag tarvágások voltak, – mutatkoznak a legnagyobb elért teljesítmények. A fokozatos felújítógátások bontógátásaiban (FBV), a gyérítésekben (NFGY, TKGY), valamint a viharkárok egészségügyi termelése során (ET VK) közel azonos értékeket kaptunk.

Az eredményekből levonható az a következtetés, hogy az előhasználati és „haváriás” termelések adataiban megmutatkozik a számos, hosszabb távolságú átállás, továbbá a kitermelendő faegyedek felkeresésének időszükséglete és a nagyobb koncentráció fontossága (2. ábra).



2. ábra: Az átállási idő részaránya és az átállások távolsága, erdőrészletenként (Forrás: Saját adatok)

A gépek a terepi adatrögzítések során átlagosan $13,15 \text{ m}^3/\text{h}$ teljesítményt értek el üzemidőben, produktív időben pedig $16,81 \text{ m}^3/\text{h}$ -t. Teljesítményeiket fafaj és állományátmérő tekintetében vizsgálva (3. ábra), a néhány kiugró értéktől eltekintve – a fentebb részletezett okok miatt – nagy különbségek nem mutatkoznak. A mért legkisebb és a legnagyobb tőátmérő esetén az átlagnál kisebb teljesítményértékeket kaptunk, aminek oka abban keresendő, hogy a kivágandó faegyedek tőátmérőinek értéke már a gép harveszterfeje által optimálisan befogható átmérő mérettartományán kívül estek.

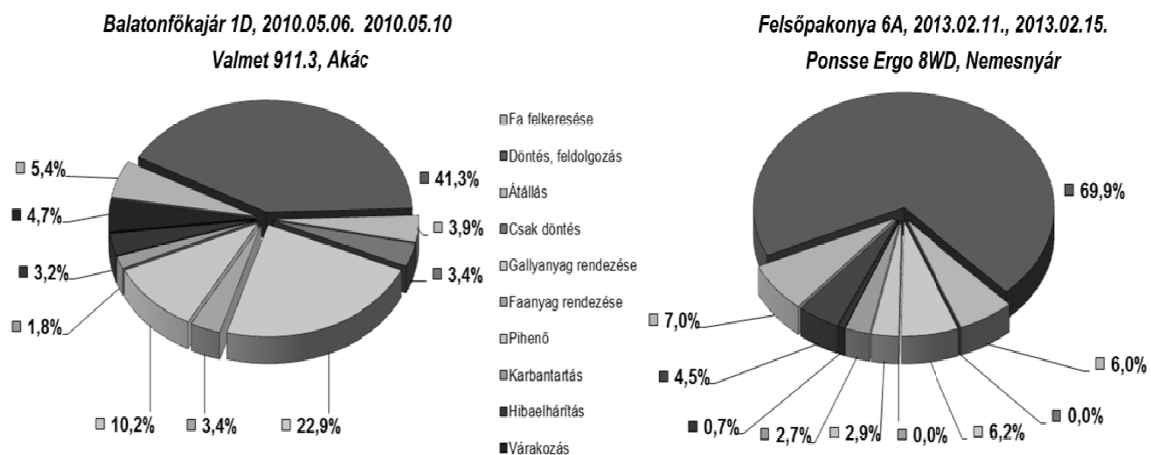


3. ábra: A harveszteres fakitermelések mért teljesítménye, fafajonként (Forrás: Saját adatok)

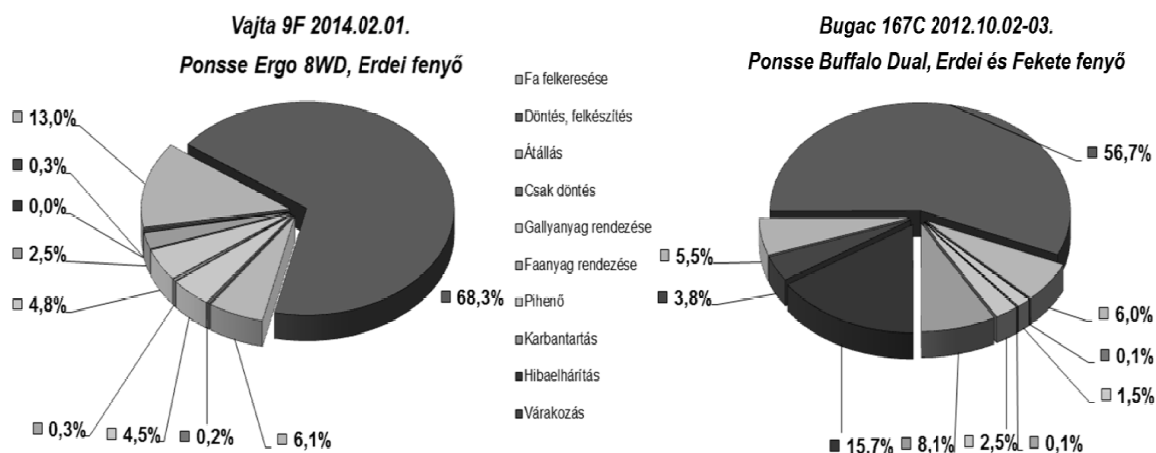
A harveszterekkel végrehajtott fakitermelések egyik legfontosabb jellemzője a rendszerszemlélet. A munkával érintett erdőterületeken fahasználati módoktól függetlenül, minden vizsgált gép esetében átlátható, következetes – a magas szinten gépesített munkára jellemző – térbeli rend alakult ki. A gépek vagy pásztákban, vagy a meglévő nyomokon, vagy az általuk kialakított finomfeltáró hálózaton haladtak. A közelítőnyomok mindkét oldalán elvégezték a kitermelendő faegyedek döntését, gallyazását, választékolását, darabolását és a választékönkénti rakásolást egy vagy mindkét oldalra. A gallyanyag vagy a közelítőnyomon szőnyegként, vagy valamelyik oldalon koncentráltan helyezkedett el.

Alföldi fenyő, akác és nemes nyár állományok termelése harveszterrel

A fakitermelés gépi úton történt, a vágásterületen mozgó gumikerekű harveszterekkel. Az egyes állományokba különböző típusú gépekkel végezték el a munkát a fakitermelő vállalkozók. A tarvágás során a gépek egységesen 15-20 m széles pásztákban dolgoztak, a választékok a közelítőnyom jobb- és bal oldalán koncentráálódtak. Rövid átállásokkal haladtak előre a harveszterek és közben elvégezték a fák töelválasztását, előközelítését, gallyazását, választékolását, darabolását és rakásolását, valamint a köbözést is. A kitermelt faanyagot minden esetben forvarderrel közelítették a rakodóra. A munkaidőszerkezeti diagrammok (4-5. ábra) a harveszterrel végrehajtott tarvágásokra jellemző képet mutatják. A munkaidő döntő többségét a kitermelendő faegyed felkeresésével, döntésével és feldolgozásával (gallyazás, választékolás, darabolás, köbözés, rakásolás) töltötte. Mivel munkavégzés közben csak rövid idejű, kis távolságú átállásokra van szükség, ezért ennek a műveletelemnek a részaránya viszonylag kicsi, 5-10%. Egyes esetekben több idő fordítódik a gallyanyag rendezésére. A leírt eset volt megfigyelhető a balatonfőkajári akácokban is, ahol a cserjeszintet előzetesen motorfűrészsel levágták. A gépkezelő ezt a biomasszát a fakitermelés során, az ott keletkezett gallyanyaggal együtt folyamatosan összegyűjtötte és a közelítőnyom mellé helyezte. A vékony faanyag a későbbiekben aprításra került. Természetesen előfordulnak kisebb-nagyobb meghibásodások és időnként karbantartási igény (vezetőlemez és lánccsere, tankolás, stb.) is jelentkezik, továbbá a személyi szükségletek (pihenőidő, étkezés stb.) sem elhanyagolhatóak.



4. ábra: Akác és nemesnyár állományok harveszteres termelésének összesített munkaidőszerkezeti, (Forrás: Saját adatok)



5. ábra: Alföldi fenyves állományok harvesteres termelésének összesített munkaidő-szerkezeti, (Forrás: Saját adatok)

Az állományviszonyoknak megfelelően (1. táblázat) különböző teljesítmények érhetőek el a harvesteres fakitermelés során. A 2. táblázat adatai alapján nagy különbségek mutatkoznak a közel azonos méretű gépek között. Az akácokban rendkívül alacsony óránkénti teljesítményt ért el a harvester, ennek oka a faegyedek alakjában (alacsony, görbe és nagyon ágas fák) keresendő, továbbá a cserjeszint egyedeinek a kezelésére fordított idő is jelentősen csökkentette a teljesítményt, valamint a gépkezelő sem rendelkezett még megfelelő gyakorlattal. Ezzel szemben a nemesnyáras kitermelésénél 32,63 m³/h-s teljesítményt ért el a gép, még úgy is, hogy a vastagabb ágakból 5 cm-es vastagságig tűzifát termelt. Alföldi fenyvesek esetében pedig a 20 m³/h-s teljesítmény átlagosnak mondható.

Területadatok	A	NNY	EF	EF, FF
Erdőtag	Balatonfőkajár	Felsőpakony	Vajta	Bugac
Erdőrészlet	1D	6A	9F	167C
Használati mód	TRV	TRV	TRV	TRV
Fák átlagos kora (év)	42	20	60	45
Átlagos famagasság (m)	17	23	17	17
Átl. mellmagassági átmérő (cm)	20	22	20	23
Fakészlet (m ³ /ha)	148	131	280	185

1. táblázat: Területadatok (Forrás: Erdőállományok leíró lapjai)

Összesített teljesítmény (m ³ /h)		A	NNY	EF	EF,FF
Döntési időben	(t _d =F+D)	9,17	42,40	36,0	25,08
Fakitermelési időben	(t _f =F+D+Á)	8,47	39,32	33,5	22,86
Produktív időben	(t _{pr} =F+D+Á+CD+G+R)	5,34	36,58	31,7	22,32
Várakozás nélküli időben	(t _v =Ü-V)	4,49	34,18	29,4	16,22
Üzemidőben	(t _ü =Ü)	4,28	32,63	29,3	15,60

2. táblázat: Harvesteres összesített teljesítményadatai (Forrás: Saját adatok)

Akác esetében háromfajta választék került kitermelésre: rönk, oszlopfa, tűzifa. A rönköt 25 cm feletti, az oszlopfát 15–25 cm közötti csúcsátmérővel és 3 m-es hosszban választékolták, a többi vastagfából tűzifát állítottak elő, szintén 3 m-es hosszúságban. A termelt összfatérfogat 18,3%-át a rönk, 20,2%-át az oszlopfa és 66,0%-át pedig a tűzifa tette ki. Nemesnyárasban zajló fakitermelés során átmérő és minőség alapján háromféle rönk került termelésre, egységen 2,5 m-es hosszban. Szintén átmérő alapján hazai és export papírfa, továbbá a vastagabb ágakból tűzifa került előállításra 2 m-es hosszokban. A gyors munkavégzés és a biztonsági távolság betartása miatt nem volt lehetőség mind a hat választék mennyiségének pontos rögzítésére. Ezért két csoport került kialakításra a mérés során: 2,5 m-es rönk és 2 m-es papírfa. A termelt összfatérfogat 77,2%-át a rönk, 22,8%-át az papírfa tette ki. Vajtán az erdei fenyő esetében 3 m-es rönköt, 2-m-es papírfát és 1,5 m-es kivágást termeltek, az összfatérfogat 27,6%-os, 30,5%-os, 41,8%-os arányában. Bugacon kétféle kivágás került termelésre: 18–22 cm-es csúcsátmérővel 1,25 m-es, ill. 22 cm-nél nagyobb csúcsátmérővel 1,7 m-es hosszúságban. Továbbá 14–18 cm-es csúccsal 4 m-es rönköt, ill. 8 cm-es minimális csúcsátmérőig 3 m-es papírfát választékoltak. Az összfatérfogat 14,7%-át az 1,25 m-es kivágás, 47,6%-át a 1,7 m-es kivágás, 31,3%-át a papírfa és 6,4%-át a rönk tette ki.

Két fakitermelő gép, a Ponsse Buffalo Dual esetében 2010–2012 közötti, míg a Ponsse Ergo 8WD esetében a 2012. évi adatsor állt rendelkezésre. A két gép jellemzően alföldi erdei- és feketefenyvesekben végzett véghasználatot, tarvágás jelleggel. Elsősorban az Ergo esetében fordult elő kisebb részarányban, hogy nemesnyárasban hajtott végre gyérítést vagy tarvágást. A kapott adatok (kitermelt fatérfogat, munkavégzés ideje) alapján meghatározható volt a gépek teljesítménye és fajlagos időszükséglete. Továbbá a kitermelt faegyedek számának ismeretében az átlagos nettó fatérfogat, a választékszámából pedig az egy faegyedből termelt átlagos választékszám volt meghatározható. Az állományok átlagos mellmagassági átmérője nem állt rendelkezésre, ezért ennek értéke közelítő módszerrel volt számítható, a termelt választékok átlagos átmérője alapján. A kitermelt faegyedek számának, ill. a termelt választékok számának ismeretében a legvastagabb választékcsoporthoz átlagos átmérője szolgáltatva közelítőleg az állomány átlagos mellmagassági átmérőjét. Ha fák száma meghaladta a legvastagabb választékcsoporthoz termelt választékszámot, akkor a következő választékcsoporthoz átmérője lett bevonva az átlagszámításba a hiányzó egyedszám arányában. Például:

- kitermelt fák száma (N_{fa}): 1962 db;
- termelt rönkök száma (N_R): 1040 db;
- rönk átlagos csúcsátmérője (d_R): 22,35 cm;
- termelt papírfa száma (N_P): 6891 db;
- papírfa átlagos csúcsátmérője (d_P): 12,85 cm;

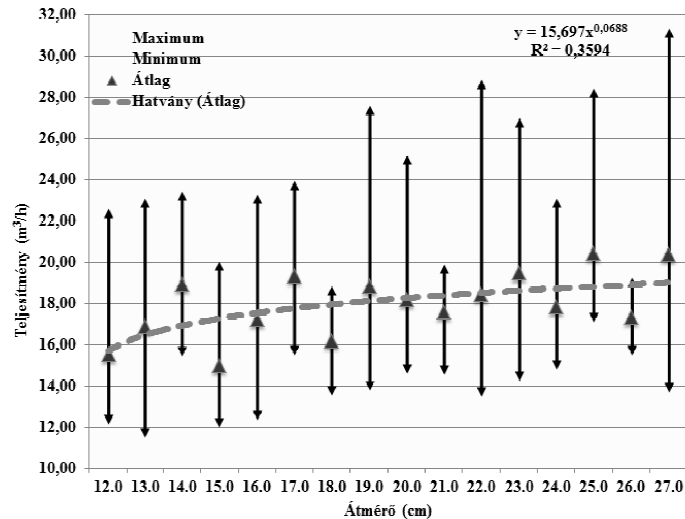
$$d_{1,3sz} = \left((N_R \times d_R) + ((N_{fa} - N_R) * d_P) \right) / N_{fa}$$

$$d_{1,3sz} = \left((1040 \times 22,35) + ((1962 - 1040) * 12,85) \right) / 1962 = 17,89 \text{ [cm]}$$

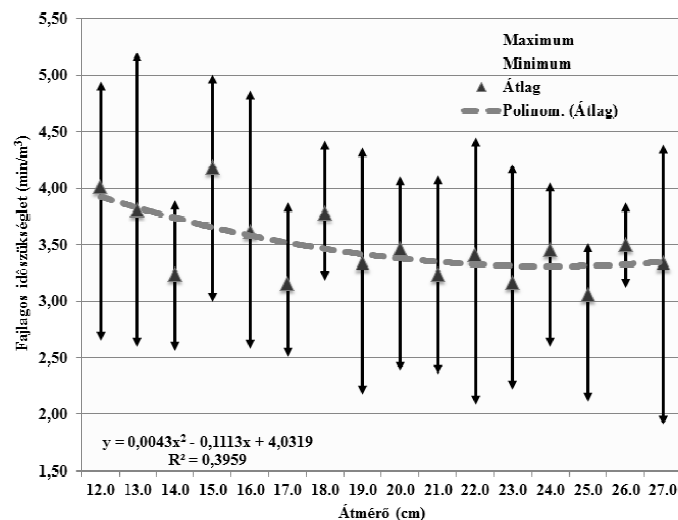
A módszer feltételezi, hogy a legvastagabb választékok a fa alsó részéből származnak, ill. nem számol a sudarlóssággal, ezért szolgáltat csak közelítő eredményt. Az előbbieket alapján a Ponsse Buffalo Dual harvarder átlagos teljesítménye fenyő (EF, FF) esetében 16,33 m³/h (max. 33,06 m³/h, min. 5,28 m³/h), a kitermelt fák átlagos mellmagassági átmérője 19,72 cm (max. 29,63 cm, min. 6,5 cm). A Ponsse Ergo 8WD harveszter átlagos teljesítménye fenyő (EF, FF) esetében 21,07 m³/h (max. 41,50 m³/h, min. 5,34 m³/h), a kitermelt fák átlagos mellmagassági átmérője 17,42 cm (max. 30,58 cm, min. 10,01 cm).

Nemesnyár esetében viszont $30,68 \text{ m}^3/\text{h}$ (max. $47,35 \text{ m}^3/\text{h}$, min. $18,64 \text{ m}^3/\text{h}$), a kitermelt fák átlagos mellmagassági átmérője $30,56 \text{ cm}$ (max. $37,84 \text{ cm}$, min. $23,12 \text{ cm}$).

A teljesítmény, valamint a fajlagos időszükséglet és az átmérő esetében az összefüggés elég gyenge a nagy szórás miatt. Az átmérőnként kapott minimum-, maximum- és átlagértékeket mutatja be a 6-7. ábra, ahol már szorosabb kapcsolat mutatkozik ezen értékek között. Mind a két esetben jól kirajzolódik, hogy a gépek optimuma 20-30 cm között van.



6. ábra: Teljesítmény és az átmérő viszonya (Forrás: Saját adatok)



7. ábra: Fajlagos időszükséglet és az átmérő viszonya (Forrás: Saját adatok)

Következtetések

Vizsgálataink eredményeként megfogalmazható, hogy a hazai alföldi erdőkben végzett harveszteres fakitermelések teljesítménye kiugróan magas, munkájuk hatékony, termelékeny, rendezett és munkabiztonsági szempontok szerint is a leginkább támogatandó, természetesen csak azokban az állományokban, ahol jelenlétük nem okoz természetvédelmi és állomány, valamint talajvédelmi szempontok miatt kárt. Ezeken a helyeken támogatandó a motormanuális fakitermelés, a hagyományos módszerek, esetleg a lovas közelítés alkalmazása.

Következtetésünk tehát, hogy lehet létjogosultsága, sőt egyes esetekben termelékenyebb a magasan gépesített fakitermelés az alföldi erdőkben is.

Igyekezünk tehát az adott fakitermelési feladat elvégzése során az állomány, a használati mód, az újulát, a terepviszonyok, rendeltetés, védelmi előírások stb. vagyis a feltételekhez és a lehetőségeinkhez mérten a legoptimálisabb munkarendszert és gépeket, eszközöket kiválasztva előre jól megtervezetten, megszervezetten, rendszerszemléletben gondolkodva dolgozni az erdeinkben.

Felhasznált irodalom:

Horváth A. L. – Szné. Mátyás K. – Horváth B. (2013): Fakitermelés lombos állományokban többműveletes fakitermelő gépek alkalmazásával. Erdészettudományi Közlemények 3. évfolyam 1. szám, Erdészeti Tudományos Intézet, Sárvár, ISSN 2062-6711, pp. 97-110

Horváth A. L. – Horváth B. (2014): Harveszterek terjedése Magyarországon. AEE Kutatói Nap XXII. Tudományos eredmények a gyakorlatban. Alföldi Erdőkért Egyesület, Lakitelek, ISBN 978-963-12-0848-1, 111 p., pp. 56-63

Horváth B. szerk. (2003): Erdészeti gépek. Budapest, Szaktudás Kiadó Ház, 296. p.

Sovány M. (2013): Ponsse Ergo 8WD típusú többműveletes fakitermelő gép alkalmazásának vizsgálata, NYM-EMK-EMKI, Sopron, 125 p.

Stumpf Róbert (2015): Ponsse típusú erdészeti gépek alkalmazásának vizsgálata a VADEX Zrt. területén, 71 p., 64-65 pp.

NUMERIKUS ANALÍZISSEL TÁMOGATOTT ERDÉSZETI GÉPFEJLESZTÉS

Major Tamás – Horváth Béla

*Nyugat-magyarországi Egyetem, Erdőmérnöki Kar,
Erdészeti-műszaki és Környezettechnikai Intézet.*

9400 Sopron, Ady E. u. 5., Telefonszám: (99) 518-136, E-mail: major@emk.nyme.hu

Összefoglalás

Magyarország adottságai közt eredményes erdőfelújítást végrehajtani a területek többségén csak megfelelő minőségű talaj-előkészítést követően lehet. Az elmúlt években – a költségtakarékosságra törekvés érdekében – egyre nagyobb hangsúlyt kapott a tuskós területek talajművelését biztosító műszaki megoldások fejlesztése.

A numerikus eljárásoknak köszönhetően lehetővé vált a fejlesztés idejének és költségének jelentős csökkentése. Ezen cikkünk célja az erdészeti gépfejlesztésekben a numerikus analízis alkalmazásával eddig elért eredmények bemutatása.

Bevezetés

Tuskós területek talajművelésére alapvetően:

- speciális (hátrahajló élű) mélylazítókat;
- pásztakészítő ekéket;
- nehéztárcsákat;
- speciális tárcsalevelű hajtott tárcsákat;
- speciális kialakítású forgó rendszerű pásztakészítőket

alkalmaznak.

Ezekre jellemző, hogy élkialakításuk következtében képesek a tuskókon, köveken való áthaladásra a gép szerkezeti részeinek károsodása nélkül. Ugyanakkor – mind tudományos alapok nélkül – gyakorlati tapasztalatokra építve kifejlesztett szerszámok, ezek elemzése, vizsgálata hiányzik.

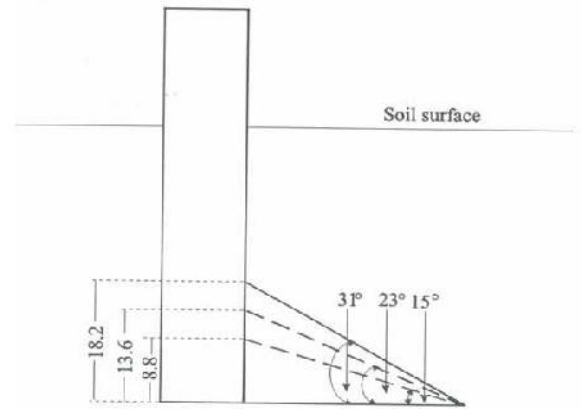
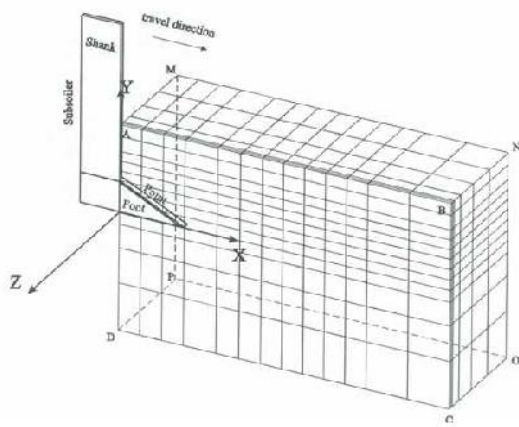
A mezőgazdaságban a gépvizsgálat ma már fontos része új mezőgazdasági gépek tervezési és fejlesztési munkálatainak. A vizsgálati eredmények megmutatják a gép használhatóságát, a munka minőségét az adott körülmények között, az esetleges működési hibákat és szerkesztési hiányosságokat. A kísérleti eredmények támpontul szolgálnak hasonló típusú új gépek szerkesztéséhez, és a meglévők továbbfejlesztéséhez is.

Cél, hogy a gépek a legnagyobb teljesítménnyel, optimális minőségi mutatókkal és ugyanakkor a legkisebb energiafelhasználással legyenek üzemeltethetők.

Ezen vizsgálatok a numerikus eljárásoknak, köztük a végeelem-módszernek köszönhetően ma már gyorsan, a fejlesztés idejének és költségének jelentős csökkentésével, elvégezhető.

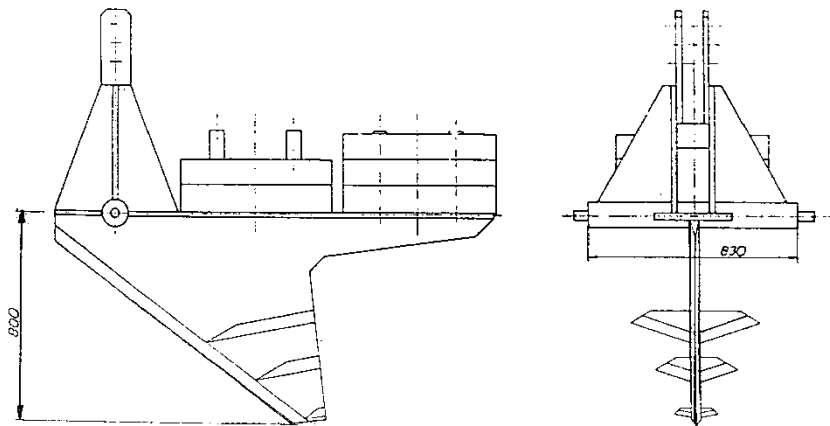
VIZSGÁLATOK A VÉGESELEM-MÓDSZER ALKALMAZÁSÁVAL

Egyetemünkön (az NYME) Mosonmagyaróvári Karán *Mouazen* (1997) alkalmazott először végeelem módszert talaj-gép kapcsolat modellezésére. Háromdimenziós végeelem analízis alkalmazásával különböző kialakítású, mezőgazdaságban használatos, előrehajló élű mélylazítókat vizsgált, melynek során meghatározta azt az optimális konstrukciójú eszközt, amely minimális vonóerőt igényel, ugyanakkor jó minőségű talajlazítást végez (*1. ábra*).



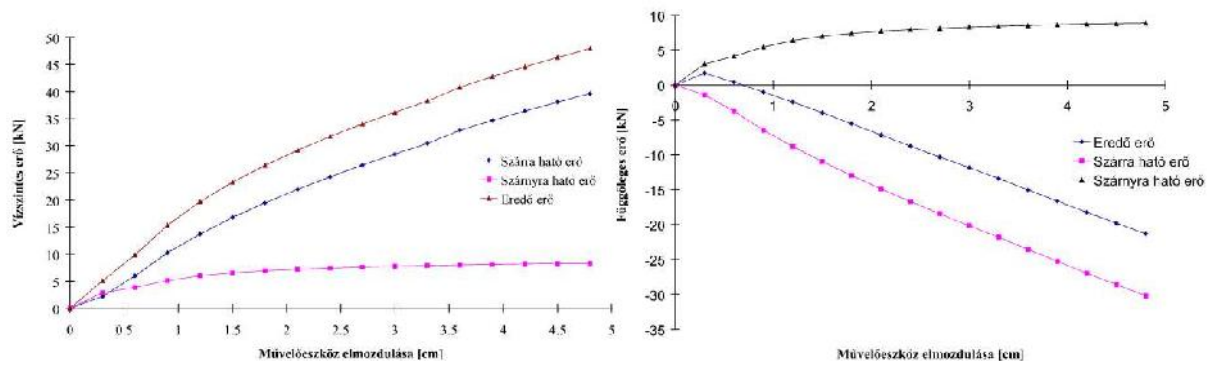
1. ábra. Előrehajló élű mélylazító végeelem analízise

Az erdőgazdálkodásban használt gépek közül először a hátrahajló élű erdészeti mélylazítót vizsgáltuk (2. ábra).

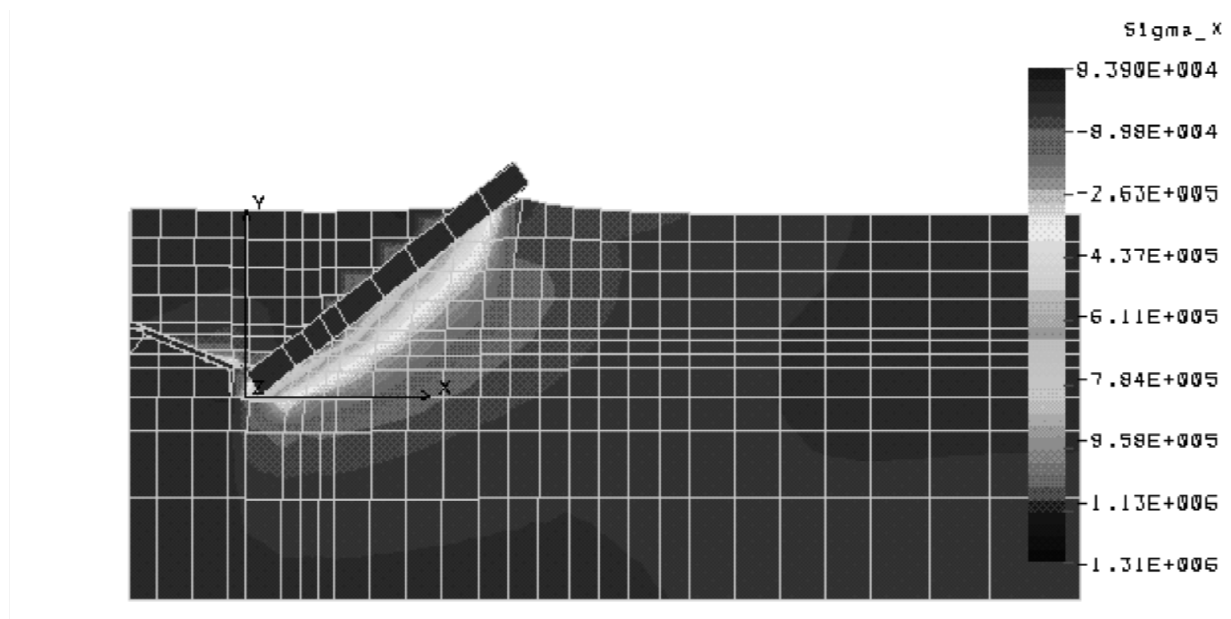


2. ábra. Hátrahajló élű erdészeti mélylazító

Meghatároztuk a vízszintes és függőleges erőket (3. ábra), ill. talajelmozdulásokat, valamint a feszültségeloszlási mezőket (4. ábra).

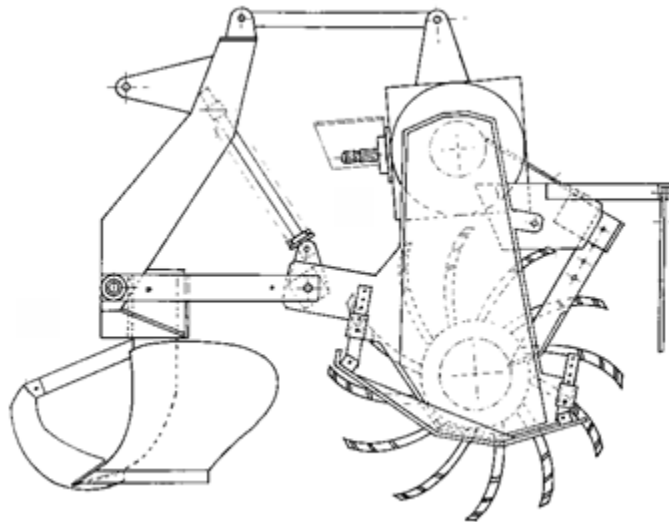


3. ábra. A hátrahajló élű mélylazítóra ható erő az elmozdulás függvényében



4. ábra. A hátrahajló élű mélylazítóra ható nyírófeszültség eloszlása 5 cm művelőeszköz elmozdulás után

Az elmúlt években egy speciális forgó késrendszerű pásztázógépet (BPG-600) vizsgáltunk (5. ábra). Ennek működése a hagyományos végelem-módszerrel nem modellezhető, hiszen működése közben egyszerre haladó és forgó mozgást is végez, minek következtében a végelem háló megszakadna. Egy olyan módszert kerestünk, mely a statikus szerszámok mellett forgó szerszámok modellezésére is alkalmas. A megoldást a FEM-SPH kapcsolt szimuláció alkalmazása jelentette. A szerszámot hagyományos véges elemekből építettük fel, a talajt pedig a csillagászati számításokra kifejlesztett hálófüggetlen SPH elemekből.

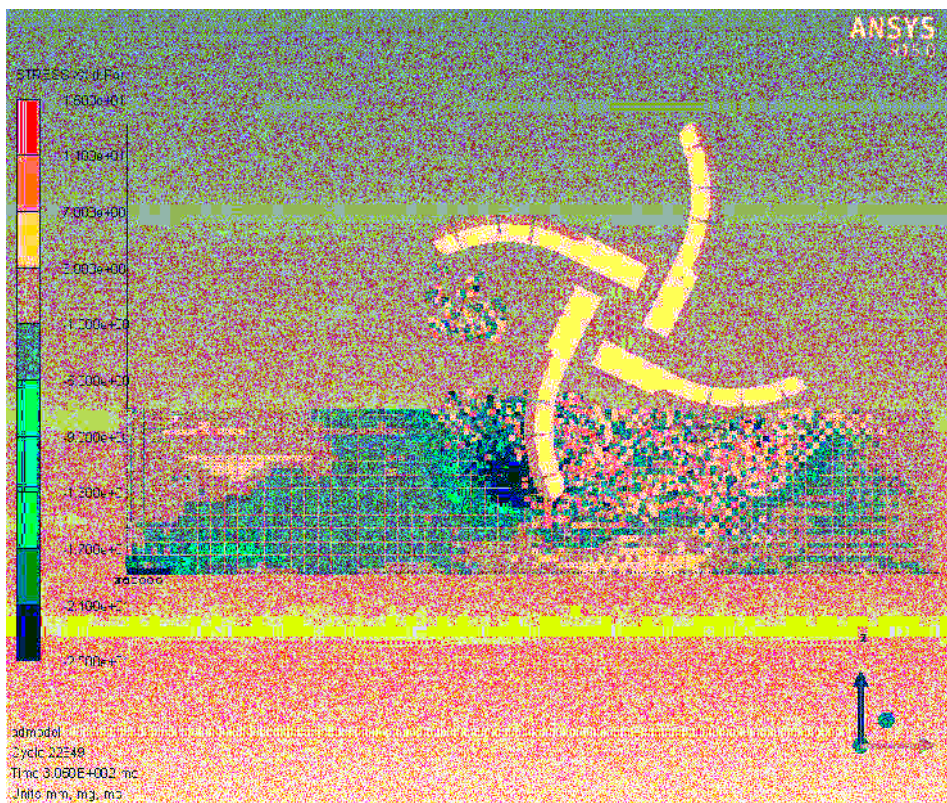


5. ábra. A forgó késrendszerű pásztakészítő gép

A szimulációt különböző haladási sebesség és 58 1/min fordulatszám mellett futtattuk, mely alapján meghatároztuk a vonóerő átlagos és legnagyobb értékét:

- 1 km/h haladási sebességnél: 560 N, illetve 882 N;
- 1,5 km/h haladási sebességnél: 636 N, illetve 992 N.

Meghatároztuk továbbá a feszültség eloszlást a talajban (6. ábra).



6. ábra. Az x irányú normál feszültség eloszlása a második kapa munkája közben

Következtetések, a kutatás jövőbeni irányai

A kidolgozásra került szimulációs módszer a statikus szerszámok mellett forgó szerszámok modellezésére is alkalmas. Ezen módszer kellő alapot jelent további forgó szerszám konstrukciók numerikus analízissel történő vizsgálatához.

A kutatást a jövőben a következő területeken szükséges folytatni:

- Forgó szerszám vizsgálata, modellezése különböző geometriai kialakítás (különböző íveltégű szerszám, különböző élezési szög, más lazítószárny kialakítás) mellett, mely alapján meghatározható egy olyan optimális konstrukciójú forgó késrendszerű szerszám, amely minimális vonóerőt igényel, és jó minőségű talajlazítást végez.
- Két párhuzamosan működő szerszám vizsgálata, a szerszámok közti optimális távolság meghatározása.
- A forgó késrendszerű talajművelő gépek optimális haladási sebességének és fordulatszámának meghatározása.
- A numerikus analízis kiterjesztése más, korábban gyakorlati tapasztalatokra építve kifejlesztett talajművelő szerszámok vizsgálatára, hiszen a szerszámok és talaj kapcsolatának elemzése lehetőséget teremt olyan szerszámparaméterek meghatározására, amelyekkel csökkenthető a szerszámok vontatásához szükséges erő.

Irodalom

- Bánházi J. szerk.* (1984): A szántóföldi munkagépek működésének elméleti alapjai. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
- Czupy I. - Horváth B. - Major T. - Mouazen A. M. - Neményi M. - Sitkei Gy. - Spingár P.* (1998): Tematikus és pénzügyi zárójelentés az MKM által támogatott 397/1996. nyilvántartási számú, „Erdészeti vágásterületek talajművelés – gépesítésének fejlesztése” című kutatási programról. Kézirat, Sopron, 62 p.
- Czupy I. - Horváth B.* (1997): ETL-3 erdészeti talajlazító. Gépesítési információ, 6. Soproni Egyetem, Sopron. 16 p.
- Égert J. - Pere B.* (2011): Végeelem analízis. MSC jegyzet és példatár. UNIVERSITAS-GYŐR Nonprofit Kft, Győr.
- Horváth B.* (1997): Tuskózás nélküli erdőfelújítási technológiák gépesítése. V. Erdészeti Szakmai Konferencia (WOOD TECH) kiadványa, Sopron.
- Horváth B.* (1998): Erdészeti gépgyártás Magyarországon. Profi Erdőgazda. 1: 18-19
- Horváth B. - Spingár P.* (1997): BPG-600 pásztázógép. Gépesítési információ, 7. Soproni Egyetem, Sopron. 24 p.
- Kovács Á. szerk.* (2011): Végeelem módszer. Egyetemi tananyag. Typotex Kiadó, Budapest.
- McKyes E.* (1985): Soil Cutting and Tillage, Department of Agricultural Engineering, McDonald College of McGill University, Canada.
- Mészáros I. - Sitkei Gy. - Kégl J.* (1965): A mezőgazdasági gépek vizsgálata. Akadémiai Kiadó, Budapest.
- Monaghan J. J.* (1988): An introduction to SPH. Computer Physics Communications. 48:89-96.

- Monaghan J. J.* (1992): Smoothed Particle Hydrodynamics. *Annu. Rev. Astron. Astrophys.* 30:543-574.
- Mouazen A. M.* (1997): Modelling the interaction between the soil and tillage tools. Candidate of Science (Doctor of Philosophy, Ph.D.) Mosonmagyaróvár.
- Mouazen A. M. - Neményi M. - Horváth B.* (1998): Investigation of Forestry deep subsoiling by the finite element method. *Hungarian Agricultural Engineering.* 11:47-49.
- Páczelt I. - Szabó T. - Baksa A.* (2007): A végeelem-módszer alapjai. Egyetemi jegyzet, Miskolc.
- Sitkei Gy.* (1986): Mezőgazdasági és erdészeti járművek modellezése. Akadémiai Kiadó. Budapest.