Szent István Egyetem

KÖZÉPMÉLY LAZÍTÓK MUNKÁJÁNAK AGROTECHNIKAI, TALAJFIZIKAI ÉS ENERGETIKAI JELLEMZŐI

Doktori (Ph.D.) értekezés tézisei

Rácz Péter

Gödöllő
2009.

A doktori iskola megnevezése: **Műszaki Tudományi Doktori Iskola**

tudományága: **Agrárműszaki Tudomány**

vezetője: **Dr. Farkas István**
egyetemi tanár, az MTA doktora
Szent István Egyetem, Gépészmérnöki Kar
Környezetipari Rendszerek Intézet
Gödöllő

Témavezetők: **Dr. Szüle Zsolt**
egyetemi tanár, a mezőgazdasági tudomány kandidátusa
Szent István Egyetem, Gépészmérnöki Kar
Mechanikai és Géptani Intézet
Gödöllő

Dr. Varga Zoltán
egyetemi tanár, a matematika tudomány kandidátusa
Szent István Egyetem, Gépészmérnöki Kar
Matematikai és Informatikai Intézet
Gödöllő

…… ……...
Az iskolavezető jóváhagyása A témavezető jóváhagyása

Tartalom

1. A MUNKA ELŐZMÉNYEI, CÉLKITŰZÉS…….……...……...3
1.1. Bevezetés……....3
1.2. A célkitűzések megfogalmazása…….3
2. A VIZSGÁLATOK KÖRÜLMÉNYEI…….…….....4
2.1. A munkaminőség vizsgálatának körülményei..…...…….….4
2.2. Az energetikai vizsgálat körülményei……5
3. A VIZSGÁLATOK ANYAGA ÉS MÓDSZERE…… ……...7
3.1. A munkaminőség vizsgálatának anyaga és módszere…….....7
3.2. Az energetikai vizsgálat anyaga és módszere…….....10
4. EREDMÉNYEK……..11
4.1. A talajba hatolási ellenállás, a nedvességtartalom és a fajlagos villamos vezetőképesség közötti összefüggés vizsgálat….……..11
4.2. A fajlagos villamos vezetőképesség-értékek változása középmély lazítás hatására…….....14
4.3. A talaj fajlagos villamos vezetőképessége és a hagyományos módon meghatározott lazítottság (L) mértéke közötti összefüggés vizsgálat……15
4.4. A hagyományos módszerrel és a fajlagos villamos vezetőképesség mérés módszerével meghatározott lazítottság-értékek összehasonlítása vályog -, agyagos vályogtalajokon ……...16
4.5. A munkamélység és a haladási sebesség hatásának vizsgálata az „L_χ” lazítottság mértékére agyagos vályog – és vályogtalajokon...……..18
4.6. A szerszámok közötti átlazítás mértékének vizsgálata.....22
4.7. A három összehasonlított középmély lazító szerszám vágóél profil egyenletének meghatározása….……...24
4.8. A lazítószerszámok munkaminőség-vizsgálata a hagyományos módszerrel……..……...26
4.9. A vonóerő és a haladási sebesség kapcsolatának vizsgálata…….…….....29
4.10. A vonóerő és a munkamélység kapcsolatának vizsgálata..……30
4.11. A vizsgált szerszámok minősítése a bevezetett fajlagos teljesítmény mutatóval….…….....31
5. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK…….....32
6. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK…...…….……..34

1. A MUNKA ELŐZMÉNYEI, CÉLKITŰZÉS

1.1. Bevezetés

Talajlazításnak nevezzük azt a művelési módszert, amely az ülepedett, eketalpbetegségben szenvedő, tömörödött talajrétegeket minden irányban repesztve szétválasztja. A **középmély lazítók** pedig ebben a talajművelési rendszerben mint alapgépek foglalnak helyet. Ezek a gépek a talaj művelt rétegének mélyítésére szolgálnak, velük eredményesen harcolhatunk a káros tömörödöttség ellen oly módon, hogy 30 – 50 cm mélység tartományban középmély lazítást végzünk. Erre az alapművelési eljárásra azért van szükség, mivel a növények számára alapvető feltétel az egyes talajrétegek közötti megfelelő kapcsolat biztosítása. Ami többek között azért fontos, mert a tömörödött réteg csökkenti a talaj vízbefogadó képességét, belvizek kialakulásához is nagymértékben hozzájárul és a talaj légjárhatóságát is csökkenti. Dolgozatom témájának időszerűségét az a tény indokolja, hogy a munkagépek fejlesztési tendenciája inkább a munkaminőség irányába fordul a korábbi nagyszámú konstrukciós fejlesztésekkel ellentétben. Ez részben a mezőgazdaságban is nagymértékben megjelent informatika és elektronika vívmányainak köszönhető. Ennek szellemében kutató munkámat *részben a talaj lazítottság minősítésére irányuló újfajta módszer alapjainak kidolgozására*, részben az egyes *lazítószerszámok egyedi összehasonlító vizsgálatára* határoltam be.

1.2. A célkitűzések megfogalmazása

A kutató munkám során az alábbi célkitűzéseket fogalmaztam meg:

1. A középmély lazítók munkájának értékelését elősegítő, a korábbinál gyorsabb, pontosabb, kevésbé fáradságosabb módszer kidolgozása.
2. A lazítottság mértéke és a munkamélység közötti összefüggés vizsgálat.
3. A lazítottság mértéke és a gépcsoport haladási sebesség közötti összefüggés vizsgálat.
4. A lazítóékkel felszerelt szerszámok közötti átlazítás mértékének közelítő meghatározása.
5. Három középmély lazítószerszám összehasonlítása agrotechnikai paraméterek alapján.
6. Három középmély lazítószerszám összehasonlítása energetikai paraméterek alapján.

2. A VIZSGÁLATOK KÖRÜLMÉNYEI

2.1. A munkaminőség vizsgálatának körülményei

1. táblázat. Vályogtalajon végzett vizsgálatok körülményei

Vizsgálati terület	Sík fekvésű gabonatarló
A talaj nedvességtartalma [v/v%]	19,5
A talaj penetrációs ellenállása$_{0\text{-}40}$ [MPa]	3,8
Arany-féle kötöttség K_A	41
Fizikai talajféleség	vályog

2. táblázat. Agyagos vályogtalajon végzett vizsgálatok körülményei

Vizsgálati terület	Sík fekvésű gabonatarló
A talaj nedvességtartalma [v/v%]	13,2
A talaj penetrációs ellenállása$_{0\text{-}40}$ [MPa]	4,1
Arany-féle kötöttség K_A	56
Fizikai talajféleség	agyagos vályog

3. táblázat. Homokos vályogtalajon végzett vizsgálatok körülményei

Vizsgálati terület	Sík fekvésű gabonatarló
A talaj nedvességtartalma [v/v%]	16,3
A talaj penetrációs ellenállása$_{0\text{-}40}$ [MPa]	2,7
Arany-féle kötöttség K_A	36
Fizikai talajféleség	homokos vályog

4. táblázat. A vizsgálatokon szerepeltetett középmély lazítók műszaki jellemzői

Megnevezés		Középmély lazító típus		
		„I” alakú kerettel	**Metalwolf, „I” alakú kerettel**	**„V” alakú kerettel**
Teljes	**- szélesség** [mm] **- magasság** [mm]	3300 1600	1200 1000	2300 1500
Keretmagasság [mm]		850	770	850
Munkaszélesség [mm]		2600	750	2200
Gerinc - lemezek	**- száma** [mm] **- osztása** [mm] **- formája** [mm]	5 600 egyenes	2 600 egyenes	5 500 parabola
Lazítószerszám típusa		ék	ék	ék + szárny
Lazítószerszám szélessége [mm]		60	60	60 + 150
Talajba hatolási szög [º]		25	25	25

Egyenes lazítókés: a 35 mm széles lemezből készített gerinclemez 70° - os szögben hajlik előre a vízszinteshez. Ehhez kapcsolódik a 60° - os élszöggel kialakított vágóél, ami cserélhető. A gerinclemezhez tartozik egy alulról 23° - os szögben leélezett, 60 mm széles lazítóék. Ez a süllyesztett fejű csavarokkal a gerinclemez aljára felfogott hegesztett táskára illeszkedik. A lazítóék cserélhető.

Parabola lazítókés: a szerszám íves kialakítással, élfelrakott kivitelben készült. A kések vagy egy 60 mm széles lazítóékkel vagy egy 55° nyílásszögű, 150 mm széles szárnyas lazító szerszámmal vannak felszerelve. A szerszámok hossza 220 mm. A lazító szerszámokat a gerinclemezekre kettő darab süllyesztett fejű csavar fogja fel.

2.2. Az energetikai vizsgálat körülményei

5. táblázat. A vizsgálat körülményei

Vizsgálati terület	sík fekvésű műveletlen terület
A talaj nedvességtartalma [w/w%]	23,8
A talaj penetrációs ellenállása$_{0\text{-}40}$ [MPa]	2,8
Arany – féle kötöttség K_A	33
Fizikai talajféleség	homokos vályog

6. táblázat. A vizsgálaton szerepeltetett középmély lazító szerszámok műszaki jellemzői

Megnevezés		**Szerszám típusok**		
		Kühne	**Jympa**	**Paraplow**
Gerinc-lemezek	**- szélesség** **- hosszúság**	30 mm 1200 mm	30 mm 800 mm	20 mm 750 mm
Lazítószerszám típusa		szárnyas	ék	véső
Lazítószerszám szélessége		220 mm	50 mm	30 mm
Lazítószerszám hossza		150 mm	170 mm	370 mm
Talajba hatolási szög		25º	25º	25º
Szerszám tömege		80 kg	50 kg	45 kg

Paraplow szerszám: a szerszám gerinclemeze jobbra hajlított kialakítással készült. A 20 mm széles gerinclemez alsó részére süllyesztett fejű csavarral csatlakozik a 25°-ban leélezett, sajátos kialakítású szárnyrész. Továbbá a szárny alá a gerinclemezre csatlakozik kettő darab szegecs segítségével a véső alakú lazítótest, aminek mindkét vége 23°- ban élezett.

Parabola lazítókés: a szerszám íves kialakítással, rajta 20 mm átmérőjű gömbvassal felhegesztett kivitelben készült. A lazítópapucs 220 mm széles, 150 mm hosszú szárnyas kialakítású. A 180°-os nyílásszögű szárnyak a 25°-os, alsó leélezéssel készült lazítóékre kettő – kettő darab süllyesztett fejű csavarral csatlakoznak. A szárnyas lazítópapucs a gerinclemez végére van ráhúzva és egy süllyesztett fejű csavar rögzíti rajta.

Egyenes lazítókés: a 30 mm szélességű lemezből kialakított gerinclemez 45 cm magas alsó része 60°-ban hajlik előre, ami 60°-os leélezéssel készült. A gerinclemez felső része a vízszinteshez képest merőleges helyzetű. A lazítóék alulról élezett, 25°-os lazítószöggel és 50 mm munkaszélességgel készült. A gerinclemez aljára süllyesztett fejű csavarral van felfogva a hegesztett táska, melyre a lazítóék illeszkedik. Ez az egység a szerszámon cserélhető.

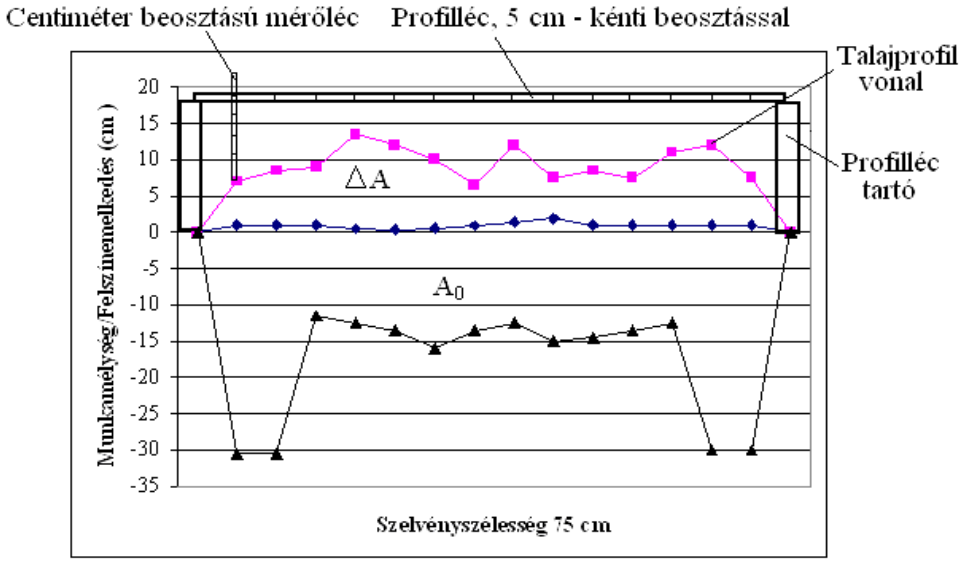
3. A VIZSGÁLATOK ANYAGA ÉS MÓDSZERE

3.1. A munkaminőség vizsgálatának anyaga és módszere

A lazító szerszámok munkamélységének mérését mérőléc segítségével jelöltem ki, majd ettől számítva 0,5 cm pontossággal mértem a szerszám munkamélységét ötszörös ismétléssel.

A hagyományos módszerrel történő lazítottság mérésnél adatfelvételezéskor a profillécet kettő darab egyenlő magasságú tartóra helyeztem a meglazított talajsáv fölött. Majd azt vízmértékkel vízszintbe állítottam és a profilléc valamint az adott talajprofil vonala közötti távolságot 5 cm-enként lemértem a centiméter beosztású mérőléccel. Minden mérési ismétlés alkalmával a profilozásnál három adatsort rögzítettem:

- a lazítás előtti, bolygatatlan talajprofil adatai — kék adatsor
- a lazítás utáni talajprofil adatai — rózsaszín adatsor
- a kiásott keresztszelvény árokból a lazítatlan talajprofil adatai — fekete adatsor.



1. ábra. A profilmérés módszere

A lazítás előtti és utáni talajrészek keresztmetszeti képének és a hagyományos módon mért lazítottság mértékének (*L*) meghatározását egy

eddig erre a célra még nem használt új, számítógépes módszerrel hajtottam végre.
Ennek során a lazítás előtti – és utáni talajprofil adataiból származtatható ΔA nagysága, a lazítás előtti – és a kiásott keresztszelvény árokból felvett lazítatlan talajprofil adataiból kapjuk A_0 nagyságát (1. ábra). Ezek meghatározásához használtam a Solid Edge V 18-as számítógépes tervezői rajzprogramot.
A módszer algoritmusa a következő lépésekből áll:

- a profilozásnál kapott három adatsort három külön Excel munkalapba rendeztem. Ennek során az Excel munkalapok „B" oszlopaiban szerepelnek a profilozás során felvett adatok. Az „A" oszlopokban az 5 cm-enként történt adatrögzítésre utalva szerepelnek a számok 0-tól kezdődően 5-tel növekedve. A „C" oszlopokban pedig – a keresztszelvény síkbeli értelmezéséből adódóan – rendre 0-k vannak. Erre azért van szükség, mert a program először térben rajzolná ki az egyes képeket, ami jelen esetben nem értelmezhető.
- Excel munkalapok behívása a Solid Edge tervezői rajzprogramba
- az ilyen módon bevitt adatokból a program kirajzolja „par kiterjesztésben" a lazítás során kialakult keresztmetszeti képet
- a felszínemelkedés felületének (ΔA) és a lazított szelvény felületének (A_0) meghatározásához a dft. kiterjesztésre kell áttérni a programban
- itt áll rendelkezésre a „területmérés" funkció, amellyel az 1. ábrán lévő felületekre kattintva azok nagysága cm^2 pontossággal határozható meg.

A $\Delta A/A_0$ hányados 100-szorosa adja a lazítottság mértékét %-ban. Ezt a módszert alkalmaztam minden egyes vizsgálatnál az Excel táblázatok „*B*" oszlopaiba mindig az aktuális mérési ismétlés adatsorát másolva. A cm^2 pontosság esetemben azért indokolt, mert a módszer a kismértékű lazítottság változás kimutatására is alkalmas, továbbá a planimetrálásnál egyszerűbb eljárásról van szó.

Vizsgálataim során a középmély lazítók munkaminősége és a talaj fajlagos villamos vezetőképessége között kerestem összefüggést. Abból az okból mivel a talajlazításhoz kapcsolódóan az irodalom számos olyan faktort említ (nedvességtartalom, szemcseösszetétel, talaj tápanyagtartalom, lazítást végző gépcsoport haladási sebessége, munkamélység), amely megítélésem szerint mind a lazítottság mértékére (L), mind a fajlagos villamos vezetőképességre (χ) hatást gyakorol. Kutatómunkámban a következő tényezők változásának hatását vizsgálom a hagyományos módon mért lazítottság (L) és a fajlagos vezetőképességekből felállított formulával meghatározott lazítottság ($L_{\chi'}$) mértékére:

- talaj jellemzők:
    - a talajba hatolási ellenállás
    - a talaj nedvességtartalom
    - fizikai talajféleség.

- gépcsoport jellemzők:
    - a lazítószerszám konstrukciója
    - a gépcsoport haladási sebessége
    - a lazítás mélysége.

A kísérleteimet szántóföldi körülmények között hajtottam végre. Ennek során a talaj fajlagos villamos vezetőképességének meghatározásához minden kísérleti területen, minden talajállapotban az FVM – MGI tulajdonát képező, amerikai gyártmányú Veris 3100 típusú berendezést használtam, melyet MTZ-82 típusú erőgéppel üzemeltettem. A mérőrendszer működéséből adódóan vizsgálataim során a középmély lazítást 25 – 45 cm mélységtartományban hajtottam végre.
A mérések során minden esetben a Veris-t az üzemeltető erőgép 2 m/s haladási sebességgel vontatta végig a mérőszakaszokon. Mivel a másodpercenkénti, azaz jelen esetben 2 m – kénti adatszolgáltatással minden esetben megfelelő mennyiségű adat gyűjthető a mérőszakasz talajállapotának megítéléséhez. Vizsgálataimat általában 100 m hosszúságú mérőszakaszokon végeztem, azaz a gyűjtött adatok száma az adott haladási sebességen minden esetben 50.
A Veris mérőberendezés a vizsgált talajminta geometriában méri a mérőáram erősségét valamint a feszültségesést. Ezekből meghatározható a talaj fajlagos villamos ellenállása az alábbi összefüggéssel:

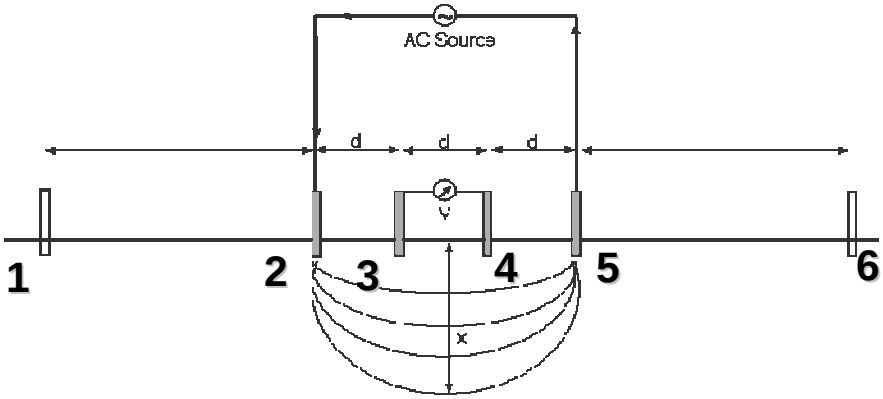
$$\rho = 2\pi \cdot d \cdot R = 2\pi \cdot d \cdot \frac{U}{I} \qquad [\Omega\text{m}]$$

A gép mérő és adattároló központi egységében működő program viszont ebből az értékből a talaj fajlagos villamos vezetőképesség értékét határozza meg mS/m-ben, melynek nagysága:

$$\chi = \rho^{-1} = (2\pi \cdot d \cdot R)^{-1} = \frac{I}{2\pi \cdot d \cdot U}\,. \qquad [\text{mS/m}]$$

A lazítottság mérését a hagyományos módszerrel és a fajlagos villamos vezetőképesség mérésével is mindig a vizsgált lazító középső két szerszámának nyomvonalán végeztem el. A Veris műszert a lazítás utáni talajállapotban is ugyanazon a nyomvonalon vezettem végig, mint a

bolygatatlan talaj esetében, ez az üzemeltető erőgépben elhelyezett egyenesbe vezető segítségével történt. A lazítás utáni talaj állapotban végzett mérésnél minden mérőszakaszon úgy vezettem a mérőberendezést, hogy a szerszám nyomvonalak a 2-3 - as és 4-5 – ös tárcsaelektródák közé essenek [63].



2. ábra. A fajlagos villamos vezetőképesség mérése lazított talajon a sekély rétegben

3.2. Az energetikai vizsgálat anyaga és módszere

A kísérleti lazító szerszámok vonóerő igényének meghatározását egy CASE IH 7210 traktorral végeztem. Ehhez az erőgép mindkét alsó függesztőkarja, és a 3. pont felfüggesztése (támaszorsó) is nyúlásmérő bélyeggel vannak ellátva.

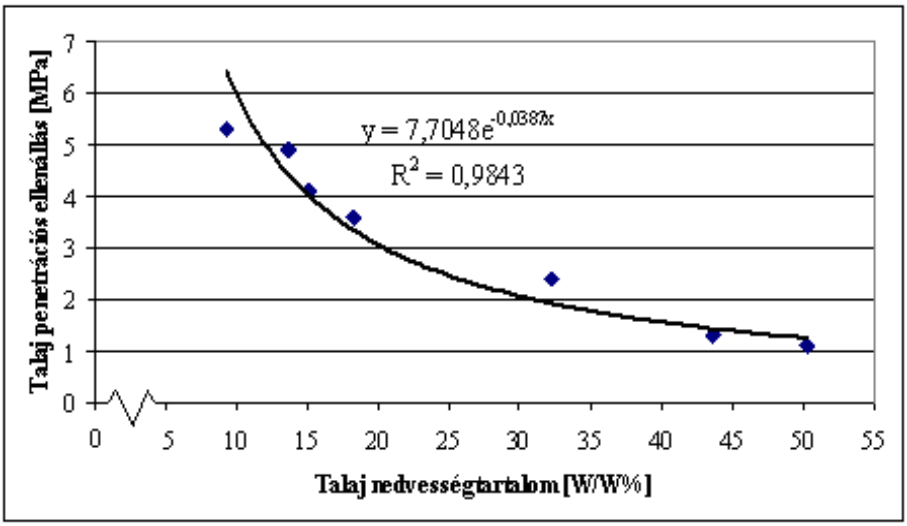
Az energetikai jellemzők mérése során leírt, valamennyi jeladótól kapott érték az erőgép mellső pótsúlyra felhelyezett erősítő - mérésadatgyűjtő rendszerre kapcsolódott. Ez utóbbi egy Pentium 160 MHz számítógépből, Advantech PCL 818 mérőkártyából és APC szünetmentes tápból áll, a mérőrendszer 16 analóg és 16 digitális csatorna adatainak fogadására alkalmas. A mérőrendszer vezérlése mérés során a számítógép soros csatlakozójához kapcsolt hordozható számítógép segítségével, az erőgép vezetőfülkéjéből történt.

A mérés során az erőgép haladási sebességének méréséhez a hátsó kereket forgásjeladóval láttam el. Ezek induktív jeladók, melyek a forgás során előttük elhaladó, a forgó keréken található, vagy felhelyezett elemeket használják a méréshez.

A mérés során a mérőszakaszokon mért értékek átlagának kijelzése a hordozható számítógépen megtörtént. Így a mérőrendszer működésének szükséges helyszíni ellenőrzése biztosítva volt.

4. EREDMÉNYEK

4.1. A talajba hatolási ellenállás, a nedvességtartalom és a fajlagos villamos vezetőképesség közötti összefüggés vizsgálat



3. ábra. A talajba hatolási ellenállás változása a nedvességtartalom függvényében

A mért adatokra elvégzett illesztésből nyert $p(N) = c \cdot e^{-k \cdot N}$ függvény nyilván megoldása a $p' = -k \cdot N \cdot p$ elsőrendű, homogén, lineáris, differenciálegyenletnek. A $c = 1{,}45 \cdot p_{\max} = 7{,}7 MPa$ kezdeti feltétellel, ahol a *c = 1,45* a talajadottságok által meghatározott érték.
Ezt a szétválasztható változójú differenciál egyenletet a fent említett kezdeti feltétellel megoldva:

$$\int_{7,7}^{p(N)} \frac{dp}{p} = -\int_{0}^{N} k \cdot dN$$

$$\int_{7,7}^{p(N)} \ln p = -k \cdot N$$

$$\ln p(N) - \ln 7{,}7 = -k \cdot N$$

$$\ln p(N) = \ln 7{,}7 - k \cdot N$$

$$p(N) = e^{\ln 7,7 - k \cdot N}$$

$$p(N) = 7,7 \cdot e^{-k \cdot N}$$

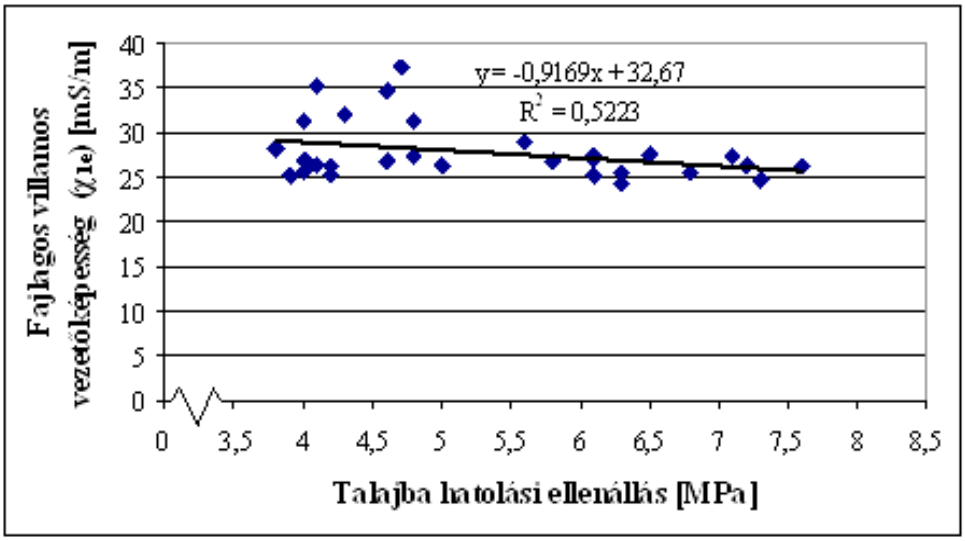
A fenti összefüggés tehát:

$$p(N) = 1,45 \cdot p_{\max} \cdot e^{-k \cdot N}$$

A két jellemző közötti kapcsolat a fenti exponenciális összefüggéssel közelíthető a legpontosabban.

A további kísérletek alapján pedig arra a megállapításra jutottam, hogy vályogtalajon a középmély lazítás optimális talajnedvesség tartománya 10-18 % között állapítható meg.

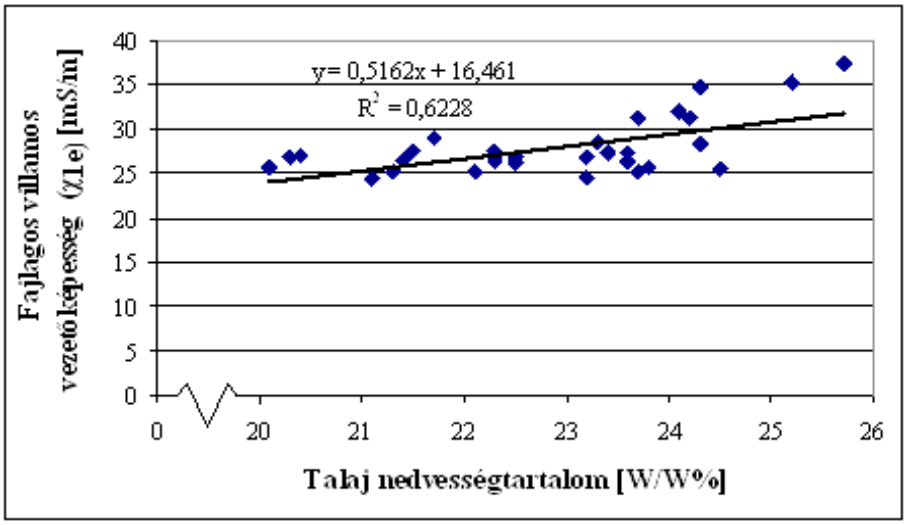
A vezetőképesség, a talajba hatolási ellenállás, valamint a nedvességtartalom közötti összefüggés kimutatásához a vizsgálatot szintén vályogtalajon végeztem, 60 méter hosszú mérőszakaszokon.



4. ábra. A fajlagos villamos vezetőképesség alakulása a talajba hatolási ellenállás függvényében

A 4. ábra alapján arra a következtetésre jutottam, hogy a villamos vezetőképesség értékei azért magasabbak ott, ahol a talajba hatolási ellenállás alacsonyabb, mert ott a talajszemcsék között több nedvesség van, így jó vezetővé válik a vizsgált talajtérfogat.

Ugyanezekben a mérési pontokban mértem a nedvességtartalmat is. A két talajjellemző közötti kapcsolat az általam mért nedvesség tartományban szintén egyenessel jellemezhető.



5. ábra. A fajlagos villamos vezetőképesség alakulása a nedvességtartalom függvényében

A 3, 4 és 5 diagramok összehasonlításából az derül ki, hogy a három talajjellemző egymással is összefüggésben van.
Kiindulva az alábbi összefüggésekből:

$$\chi_{1e}(N) = b + m \cdot N$$

$$\rho = p(N) = c \cdot e^{-k \cdot N}$$

$$\ln \rho = \ln c - k \cdot N$$

$$N = \frac{1}{k} \ln \frac{c}{\rho}$$

Ez utóbbi egyenlőség az eredeti jelöléssel:

$$N = \frac{1}{k} \ln \frac{c}{p} .$$

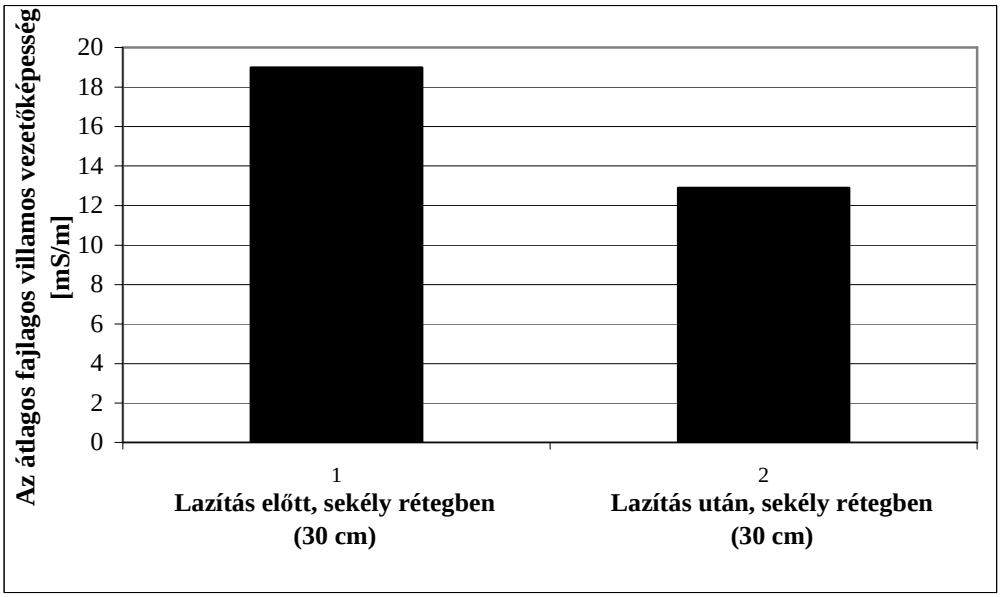
Ezt az összefüggést visszahelyettesítve:

$$\chi_{1e}(p) = b + m \cdot \left(\frac{1}{k} \ln \frac{r \cdot p_{\max}}{p} \right) .$$

A kapott formula egy tájékoztató jellegű összefüggés, amely szintén egy egyenes egyenlete. Ez azt mutatja, hogy a vezetőképesség és a talajba hatolási ellenállás között is lineáris függvényszerű kapcsolat áll fenn.

4.2. A fajlagos villamos-vezetőképesség értékek változása középmély lazítás hatására

A kísérletet minden esetben 100 m hosszú mérőszakaszokon végeztem. A haladási sebesség (v = 4,35 km/h) és a munkamélység (a = 35 cm) minden esetben állandó volt.



6. ábra. A három talaj típuson végzett kísérlet együttes eredményei

A csökkenés mértéke a bolygatatlan talajban mért fajlagos vezetőképességhez viszonyítva: 31%.

Az eredmények alapján megállapítható, hogy a fentiekben részletezett körülmények között elvégzett középmély lazítás hatására a talaj fajlagos villamos vezetőképessége (χ) minden fajta talajtípuson csökken, éspedig annak következtében, hogy a lazítás hatására a talajba levegő kerül, tehát növeli a vizsgált talajkeresztmetszet ellenállását, így lazítás hatására romlik a fajlagos villamos vezetőképesség.

4.3. A talaj fajlagos villamos vezetőképessége és a hagyományos módon meghatározott lazítottság (*L*) mértéke közötti összefüggés vizsgálat

A hagyományos módszerrel meghatározott lazítottság mértékének levezetése a következőképpen adódik:

$$L = \left(\frac{\Delta A + A_0}{A_0} - 1 \right) \cdot 100 = \frac{\Delta A + A_0 - A_0}{A_0} \cdot 100 = \frac{\Delta A}{A_0} \cdot 100 \qquad [\%].$$

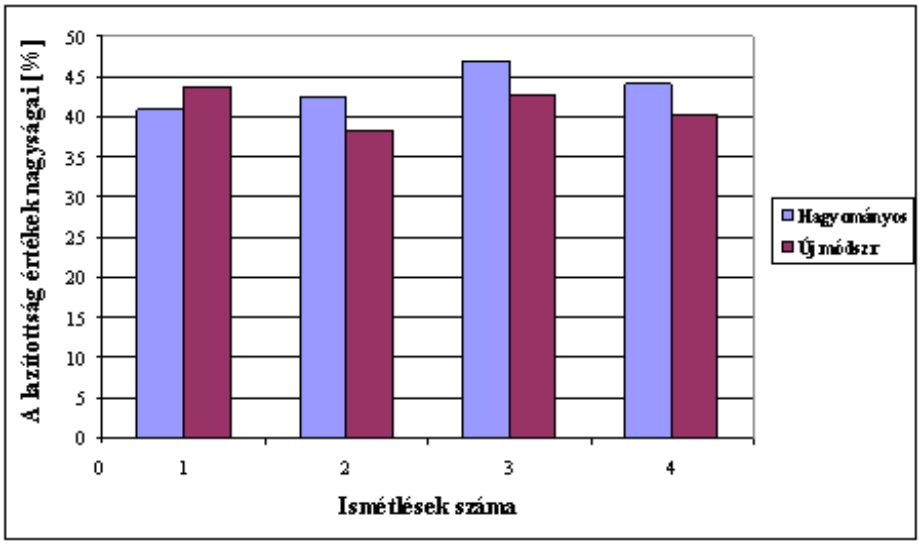
A kiindulás során tulajdonképpen a bolygatatlan keresztszelvény területet vonatkoztattam a lazított keresztszelvény területre. Ennek az elméletnek az analógiájára vezettem le a lazítottság mértékét adó - különböző talaj állapotokban mért fajlagos villamos vezetőképesség értékekre alapozott - $L_{\chi'}$ – vel jelölt viszonyszámot is.

$$L_{\chi'} = \left(\frac{\chi_{1e}}{\chi_{1u}} - 1 \right) \cdot 100 = \frac{\chi_{1u} + \Delta\chi_1 - \chi_{1u}}{\chi_{1u}} \cdot 100 = \frac{\Delta\chi_1}{\chi_{1u}} \cdot 100 \qquad [\%]$$

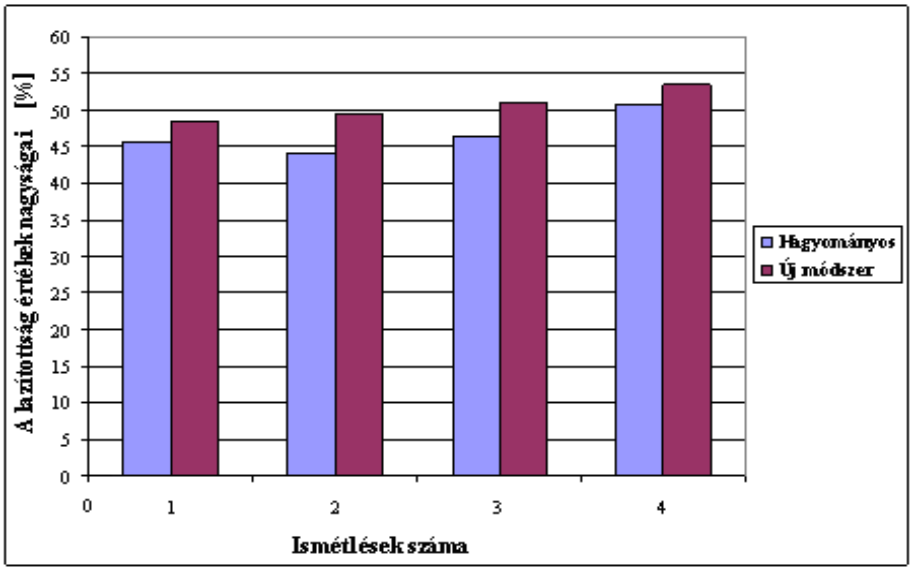
- ahol:
  - χ_{1e}: a sekély rétegben középmély lazítás előtt mért fajlagos villamos vezetőképesség [mS/m]
  - χ_{1u}: a sekély rétegben középmély lazítás után mért fajlagos villamos vezetőképesség [mS/m]
  - $\Delta\chi_1$: a sekély rétegben középmély lazítás után tapasztalt fajlagos villamos vezetőképesség megváltozás [mS/m]

A fenti összefüggésekkel kapott eredmények azért korrelálnak egymáshoz, hiszen a fajlagos vezetőképességet nagymértékben befolyásolja a vezető talajfelület fizikai állapota. Konkrétabban minél jobban romlik a lazítással a talaj fajlagos vezetőképessége, annál nagyobb lesz a vezetőképesség megváltozás mértéke ($\Delta\chi_1$), továbbá ezzel együtt lazítás után egy alacsony vezetőképesség értéket mérhetünk (χ_{1u}). Következésképpen $L_{\chi'}$ egy viszonylag nagy értéket fog adni. Ez a másik összefüggéssel úgy hozható kapcsolatba, hogy a nagy vezetőképesség csökkenés nagy felszínemelkedéssel jár együtt, míg az alacsony lazítás után mért vezetőképesség értéket a nagy lazított szelvényfelület eredményezi. Ennek következtében mindkét összefüggésben a fentiekben említett két – két tényező aránya adja a két jól korreláló adatsort.

4.4. A hagyományos módszerrel és a fajlagos villamos vezetőképesség mérés módszerével meghatározott lazítottság értékek összehasonlítása vályog - és agyagos vályogtalajokon



7. ábra. Az „L” értékek és az „$L_{\chi'}$” értékek összehasonlítása vályogtalajon

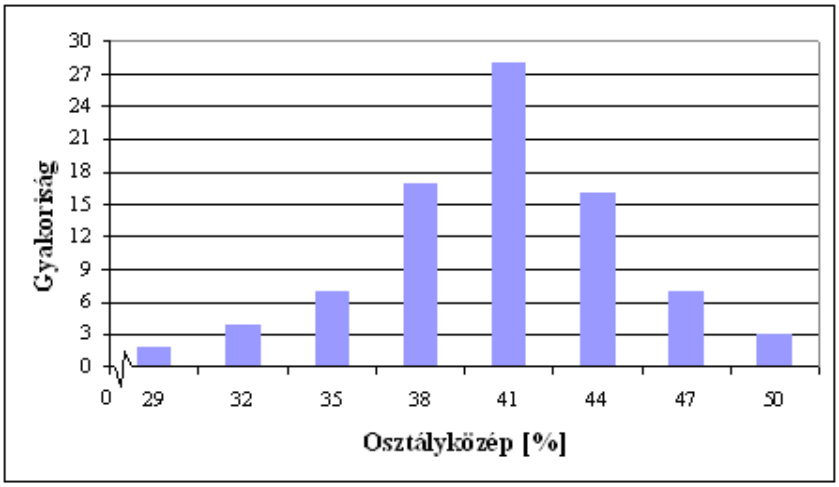


8. ábra. Az „L” értékek és az „$L_{\chi'}$” értékek összehasonlítása agyagos vályogtalajon

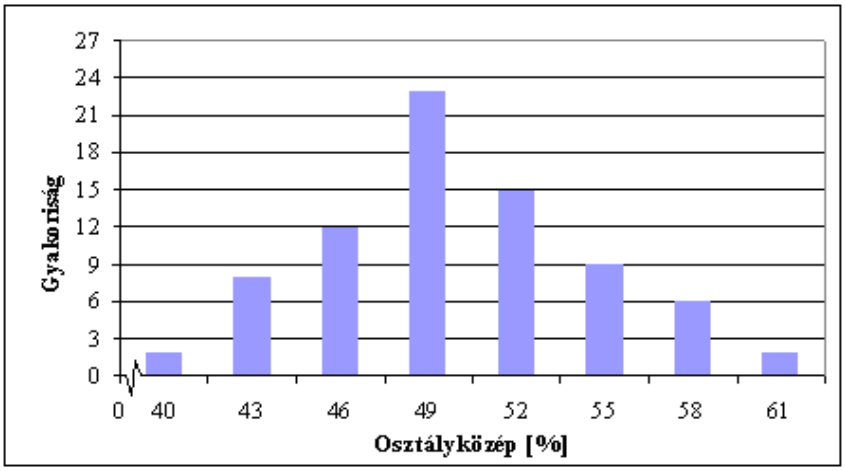
A t_{n-1} értéke mindkét talajtípuson, minden ismétlés esetében kisebb értékre adódott, mint a $t_{0,1\%,\,n}$.

4.4.1. Normalitásvizsgálat

A Bartlett – próbánál szereplő egyenlőtlenség mindkét esetben történő fennállása igazolja, hogy az összes tapasztalati szórásérték azonos elméleti szórásértékhez tartozik. Mindezek alapján az egyes adatok valóban a normális eloszlást követik.



9. ábra. Az „$L_{\chi'}$” értékek eloszlása vályogtalajon



10. ábra. Az „$L_{\chi'}$” értékek eloszlása agyagos vályogtalajon

Az ábrák alapján kijelenthető az egyes kísérleti helyeken mért lazítottság értékek normális eloszlása (9-10. ábra). Így ez az eloszlás adja meg a középmély lazítók munkaminőségi modelljét. A Gauss eloszlás sűrűség függvényének egyenlete:

$$f(y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{\frac{-\left(L_{\chi'} - \bar{L}_{\chi'}\right)^2}{2\sigma^2}} .$$

4.5. A munkamélység és a haladási sebesség hatásának vizsgálata az „$L_{\chi'}$” lazítottság mértékére agyagos vályog – és vályogtalajokon

4.5.1. A munkamélység változtatásának hatásvizsgálata $L_{\chi'}$ értékeire

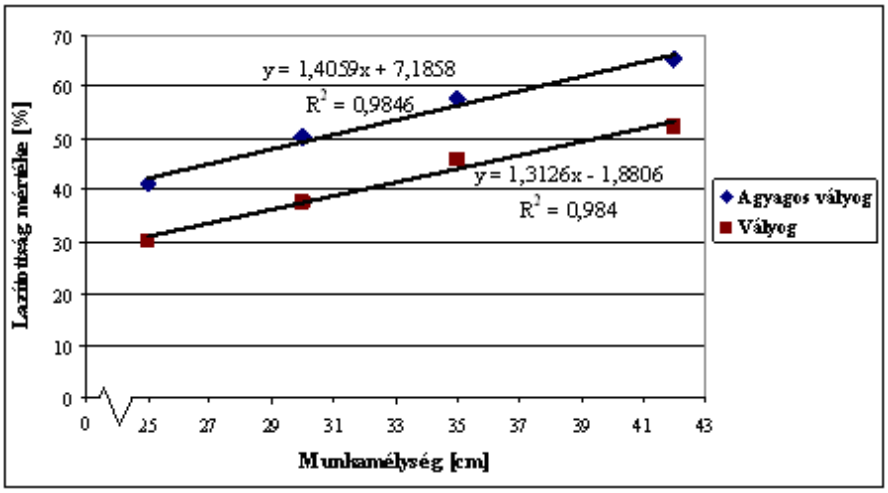
A vizsgálatot mindkét talajtípuson 100 m hosszú mérőszakaszokon végeztem. A haladási sebesség állandó, 5 km/h volt. A munkamélységet pedig 25, 30, 35 és 42 cm értékekre állítottam be.

7. táblázat A *t* – próba eredményei vályogtalajon, munkamélységenként

Lazítottság, (L)	Lazítottság, ($L_{\chi'}$)	t_{n-1}	$t_{0,1\%,\, n-1}$	Adatok száma (n)	Munkamélység [cm]
15,78	22,15	4,18	4,22	13	25
31,21	34,31	2,43	4,07	15	30
38,83	42,24	3,16	3,79	22	35
43,29	51,62	3,81	3,88	19	42

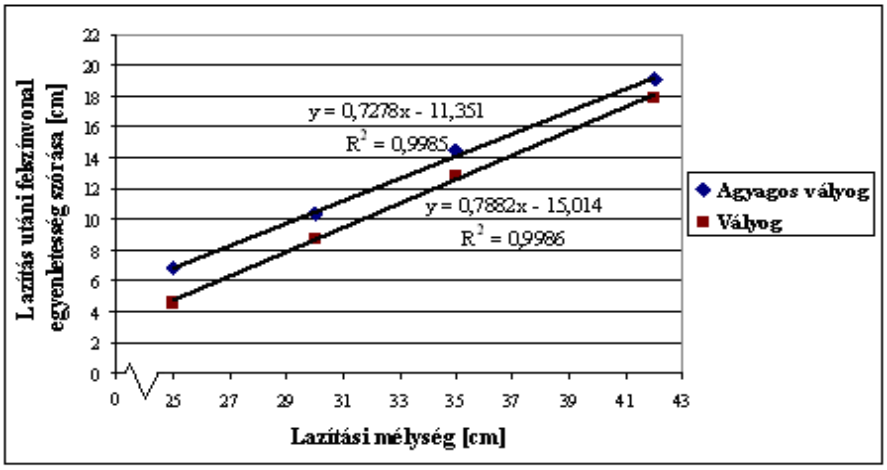
8. táblázat A *t* – próba eredményei agyagos vályogtalajon, munkamélységenként

Lazítottság, (L)	Lazítottság, ($L_{\chi'}$)	t_{n-1}	$t_{0,1\%,\, n-1}$	Adatok száma (n)	Munkamélység [cm]
21,46	27,34	3,86	3,92	18	25
41,61	45,07	2,71	3,97	17	30
50,07	52,38	1,76	3,75	24	35
56,49	61,63	3,72	3,85	20	42



11. ábra. A lazítottság mértékének alakulása a munkamélység függvényében

Az általam meghatározott $L_{\chi'}$ viszonyszámra, azaz a lazítottság mértékére a munkamélység növelése úgy fejti ki hatását, hogy a nagyobb felszínemelkedés nagyobb fajlagos vezetőképesség csökkenést, míg a nagyobb lazított felület alacsonyabb lazítás utáni fajlagos vezetőképesség értéket eredményez. Következésképpen $L_{\chi'}$ értéke növekszik.
A kísérlet során a felszínvonal egyenletesség szórását is vizsgáltam a lazítási mélység függvényében.



12. ábra. A lazítás után kialakult felszínvonal egyenletességének szórása a munkamélység függvényében

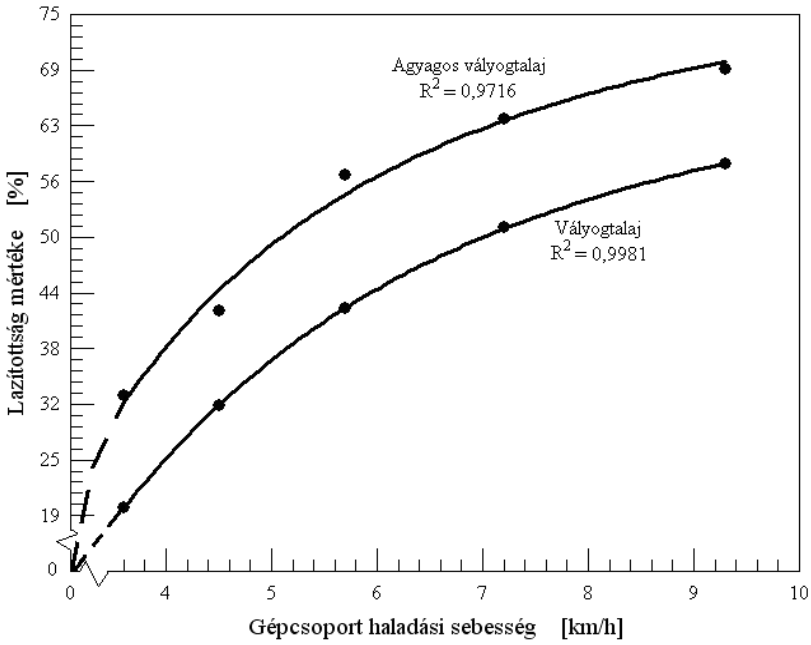
A szerszámok a nagyobb mélységben több talajt mozgatnak meg, aminek hatására nagyobb felszínemelkedés jön létre és esetenként a felszínre nagyobb rögök is felkerülhetnek.

4.5.2. A haladási sebesség változtatásának hatásvizsgálata $L_{\chi'}$ értékeire

A kísérletet ebben az esetben is mindkét talajtípuson 100 m hosszú mérőszakaszokon végeztem. A munkamélységet állandó 35 cm-es értékre, a gépcsoport haladási sebességet 3,6, 4,5, 5,8, 7,2, 9,2 km/h választottam. A mért értékekre történő függvényillesztés során az alábbi összefüggés bizonyult a legjobbnak:

$$L_{\chi'} = L_{\chi'\,max} \cdot \left(1 - e^{-r \cdot v_h}\right)$$

- ahol:
  - $L_{\chi'}$: lazítottság mértéke [%]
  - r: a függvény alakjáért felelős tényező
  - v_h: gépcsoport haladási sebesség [km/h]



13. ábra. A lazítottság mértékének ($L_{\chi'}$) változása a gépcsoport haladási sebesség függvényében

Az illesztésből nyert formula a

$$\frac{dL_{\chi'}}{dv_h} = r\left(L_{\chi'max} - L_{\chi'}\right),\ L_{\chi'}(0) = 0$$

kezdetiérték feladat megoldása, amelyhez indirekt módon jutottam el. E szétválasztható változójú differenciál egyenlet megoldása tehát a következő:

$$\int_0^{L_{\chi'}(v_h)} \frac{dL_{\chi'}}{L_{\chi'max} - L_{\chi'}} = r\int_0^{v_h} dv_h$$

$$\left[-\ln\left(L_{\chi'max} - L_{\chi'}\right)\right]_0^{L_{\chi'}(v_h)} = r \cdot v_h$$

$$\ln\left(L_{\chi'max} - L_{\chi'}(v_h)\right) - L_{\chi'max} = -r \cdot v_h$$

$$\ln\frac{L_{\chi'max} - L_{\chi'}(v_h)}{L_{\chi'max}} = -r \cdot v_h$$

$$\frac{L_{\chi'max} - L_{\chi'}(v_h)}{L_{\chi'max}} = e^{-r \cdot v_h}$$

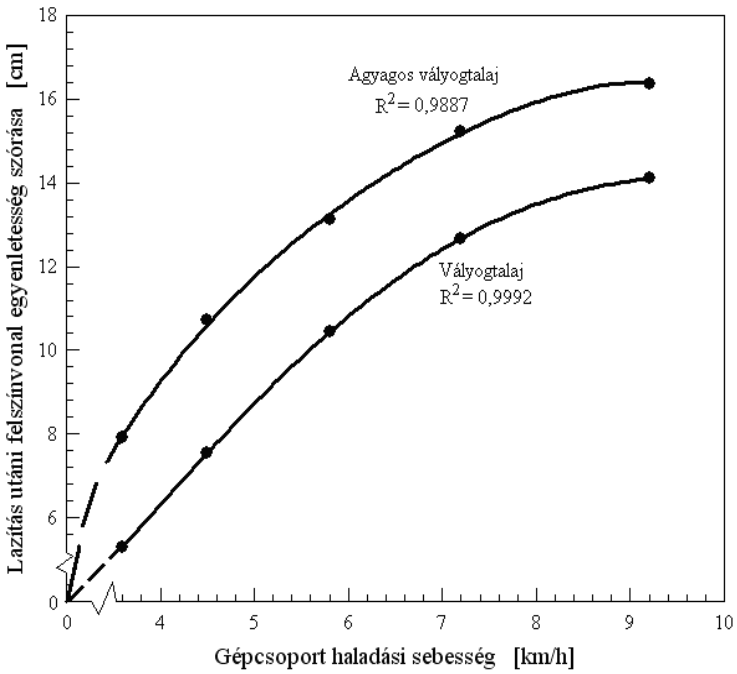
$$L_{\chi'max} - L_{\chi'}(v_h) = L_{\chi'max} \cdot e^{-r \cdot v_h}$$

$$L_{\chi'}(v_h) = L_{\chi'max} - L_{\chi'max} \cdot e^{-r \cdot v_h}$$

$$L_{\chi'} = L_{\chi'max} \cdot \left(1 - e^{-r \cdot v_h}\right).$$

Bármely körülmények között a gépcsoport haladási sebesség növelésével végrehajtható intenzív lazítottság érték növekedésének is van egy felső határa. Ennek nagyságát mind a talajjellemzők, mind a gépcsoport jellemzők nagyban befolyásolják. Ezen a „maximális” haladási sebességen történő tartós üzemeltetés esetén a lazítottság egy közel állandónak tekinthető értéket vesz fel.

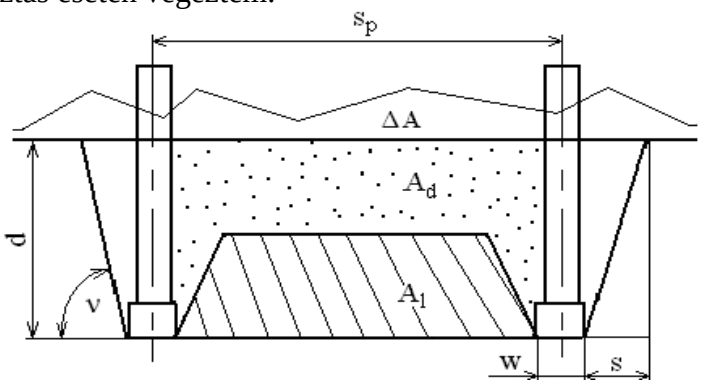
A lazítás után kialakuló talaj felszínvonal egyenletességének szórása is aszerint az összefüggés szerint viselkedik a haladási sebesség függvényében, mint a lazítottság mértéke (14. ábra).



14. ábra A lazítás után kialakult felszínvonal egyenletességének szórása a gépcsoport haladási sebesség függvényében

4.6. A szerszámok közötti átlazítás mértékének vizsgálata

A vizsgálatot vályog-, és homokos vályogtalajokon, 40 cm – es munkamélység és 6 km/h gépcsoport haladási sebesség és 60 cm szerszámosztás esetén végeztem.



15. ábra. A lazított és a lazítatlan területek aránya

A trapéz magasságánál az 1/2d, valamint a felső oldalának hosszánál a 2/3s_p, továbbá a felszínemelkedés felületének (ΔA) nagysága a kísérleteimből származó tapasztalati értékek.

$$A_d = d \cdot s_p - A_1$$

- ahol:
  - s_p: szerszámosztás [m]
  - d: munkamélység [m]
  - A_d: lazított keresztszelvény felület [m^2]
  - A_1: átlazítatlan kúp felület [m^2]

Az átlazítatlan talajrész (A_1) területe:

$$A_1 = \frac{\left[\left(s_p - w\right) + \frac{2}{3} \cdot s_p\right] \cdot \frac{1}{2} d}{2} = \frac{\left(\frac{5}{3} s_p - w\right) \cdot d}{4} \qquad [\mathrm{m}^2].$$

Az A_d nagysága a következőképpen alakul:

$$A_d = d \cdot s_p - \frac{\left(\frac{5}{3} s_p - w\right) \cdot d}{4} = d \cdot s_p - \frac{\left(\frac{5}{3} s_p - w\right) \cdot d}{4} = d \cdot \left(s_p - \frac{\frac{5}{3} s_p - w}{4} \right) = d \cdot \left(\frac{7}{12} s_p + \frac{w}{4} \right) \qquad [\mathrm{m}^2].$$

A felszínemelkedés (ΔA) felületét tapasztalati értékként, a szerszámok közötti talajfelület részeként fejezem ki:

$$\Delta A = \frac{d \cdot s_p}{5} \qquad [\mathrm{m}^2].$$

A fenti adatokból a keresztmetszet átlazítás mértékének százalékos meghatározása:

$$\varsigma = \frac{A_1}{d \cdot s_p + \Delta A} \cdot 100 = \frac{\left(\frac{5}{3} s_p - w\right) \cdot d}{4 \cdot \left(d \cdot s_p + \frac{d \cdot s_p}{5} \right)} \cdot 100 = \frac{\frac{5}{3} s_p - w}{\frac{24}{5} s_p} \cdot 100 \cong \frac{\frac{5}{3} s_p - w}{5 s_p} \cdot 100 \qquad [\%].$$

- ahol:
  - s_p: szerszámosztás [m]
  - d: munkamélység [m]
  - w: szerszámszélesség [m]

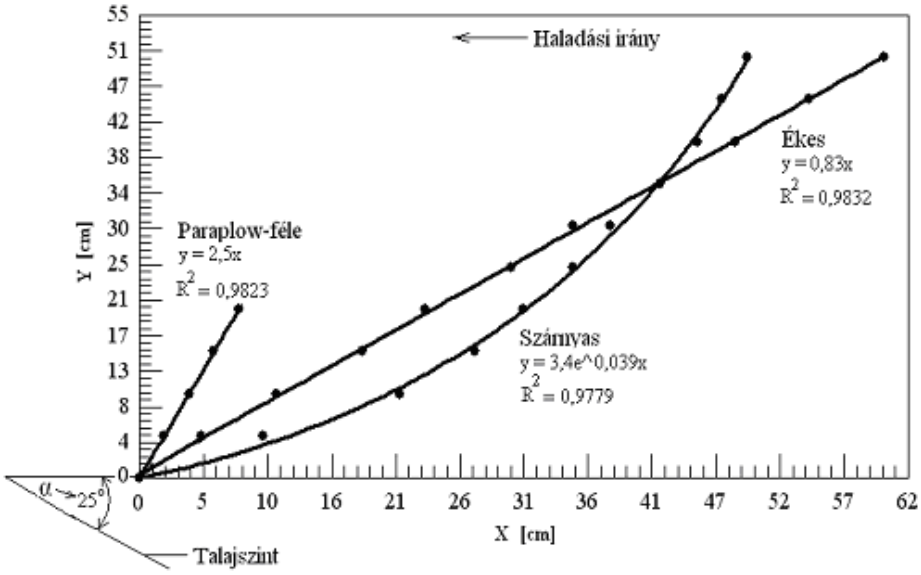
9. táblázat. A számítások eredményei

Talaj típus	Saját formula [%]	Számítógépes program [%]
vályog	32,64	38,73
homokos vályog	33,64	30,57

A levezetett formula egy olyan közelítő eljárásnak tekinthető, amely lazítóékes szerszámokkal felszerelt gépek esetére elfogadható értéket ad a szerszámok közötti átlazítás mértékére. Mivel az irodalomban fellelhető Mc. Kyes-féle összefüggés csak szárnyas szerszámok esetére vonatkozik.

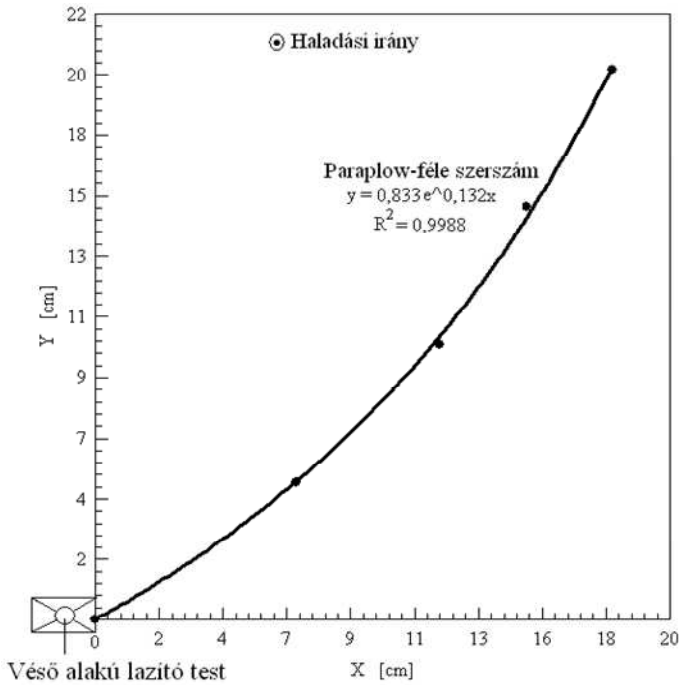
4.7. A három összehasonlított középmély lazító szerszám vágóél profil egyenletének meghatározása

A vágóél profil kialakításának jelentős hatása van többek között az adott szerszám vontatási ellenállására. Ezért is tartom fontosnak a profilgörbék egyenleteinek pontos ismeretét.



16. ábra A vizsgált három középmély lazítószerszám profil egyenletének meghatározása, a szerszámok oldal nézetében

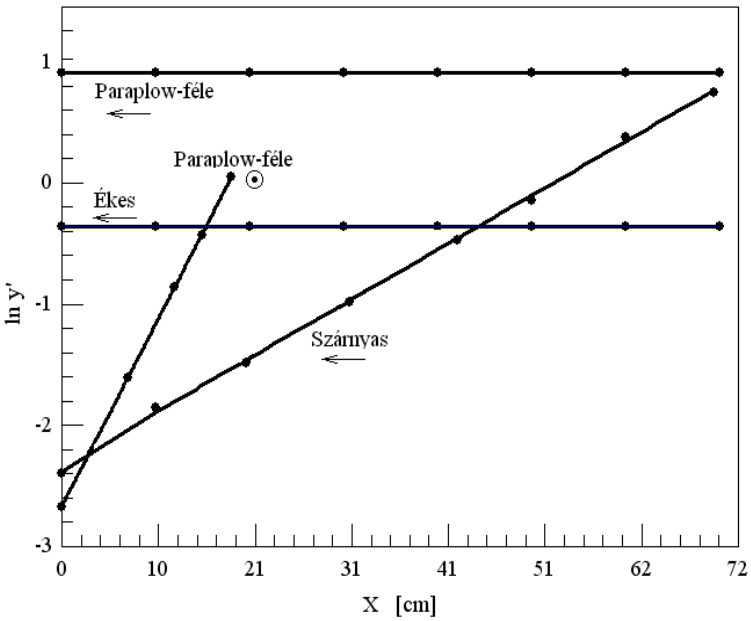
A 16. ábráról az derül ki, hogy a Paraplow-féle szerszám vágóéle a legmeredekebb, a szárnyas szerszámé pedig az íves kialakításból adódóan kevésbé meredek.



17. ábra A Praplow-féle szerszám profil egyenletének meghatározása, a szerszám elöl nézetében

A vágóél profilok a legjobban az egyenesekkel és az exponenciális függvényekkel írhatóak le, mivel az R^2 értékek ezeknél a függvény típusoknál adódtak a legnagyobb értékekre.

A profil egyenletek deriváltja megadja a szerszám adott pontjának lazítási szögét (α). Az egyenes deriváltja konstansra adódik ($y = c$), az exponenciális függvény deriváltja $\left(y = a \cdot e^{bx}\right)$ az $\ln y' = \ln(ab) + bx$ alakú összefüggés lesz, az $y' = tg\alpha$.



18. ábra A késprofilok lazítási szögének változása, a szerszámok oldal nézetében

A 18. ábrán a differenciálással kapott értékek változása figyelhető meg. Ennek alapján a vizsgált szerszámok közül a legmeredekebb, illetve a legnagyobb szög a teljes szerszámél mentén a Paraplow-féle kialakításnál, legkisebb az íves szerszámnál adódik.

4.8. A lazítószerszámok munkaminőség-vizsgálata a hagyományos módszerrel

A szerszámok munkaminőségi vizsgálatát 40 cm munkamélységben és 7,6 km/h haladási sebességen történő üzemeltetés esetén végeztem el, az összehasonlítás ugyanazon a talajtípuson történt. A mérővizsgálatokat minden szerszám esetén háromszoros ismétléssel hajtottam végre.

10. táblázat A munkaminőségi vizsgálat eredményei

Mért munkaminőségi jellemzők	**Paraplow szerszám**	**Lazítóékes szerszám**	**Szárnyas lazítószerszám**
Felszínemelkedés felülete (ΔA) [cm^2]	557,5	340,5	975
Lazított szelvény felülete (A_0) [cm^2]	1227,6	930,3	1597,6
Lazítottság mértéke (L) [%]	45,41	36,60	61,02
Lazított felszínvonal egyenletességének szórása (s_{a1}) [cm]	5,33	8,29	17,66
Munkamélység szórása (s_{d1}) [cm]	5,12	3,54	6,82
Munkamélység (d) [cm]	40	40	40

19. ábra. A Paraplow-féle szerszám munkája

A Paraplow-féle szerszám a lazított keresztmetszetben a talajszelvény alá bújva, azt megemelve, majd ugyanoda visszaejtve lazítja a talaj. Melynek során a véső alakú lazítótest elülső orr része a kivágandó talajszelet alsó részét előlazítja. Ezt a gerinclemez alsó, hajlított részén lévő szárnyrész vágja ki. A kivágott talajszelet a lazítótesten és a szárnyrészen tovább haladva emelkedik fel adott magasságban. Végül a lazítótestről lekerülve a talajszelvény ugyanoda kerül vissza.
Véleményem szerint ez a lazítási mód együtt jár a lazított talaj viszonylag hamar történő visszatömörödésével, a viszonylag kevés levegő bejutás miatt.

A beállított munkamélység szórása az adott talajtípuson a lazító ékes szerszámhoz viszonyítva némileg nagyobb értéket képvisel. A lazított talajfelszín egyenletes, aminek az elmunkálásnál van jelentősége (19. ábra).

20. ábra. A lazítóékes szerszám munkája

A lazítóék által kimetszett talajszelvény ék alakú, amelyet annak megemelésével, aprózásával lazít. Mozgását tekintve pedig a gerinclemez mentén felfelé halad, közben repedezik és folyamatosan cserélődik. Tehát a talaj a lazítási folyamat során előre, felfelé és oldalirányban mozog, közben – kötött talajok esetében – rögök keletkezhetnek a felszínen. Az ilyen módon meglazított talaj kevésbé hajlamos a visszatömörödésre, mint a Paraplow-féle szerszám által művelt talaj. A szerszám típus mélységtartását elfogadhatónak ítélem meg. A felszín egyenletessége ennél a szerszámnál is jónak mondható (20. ábra).

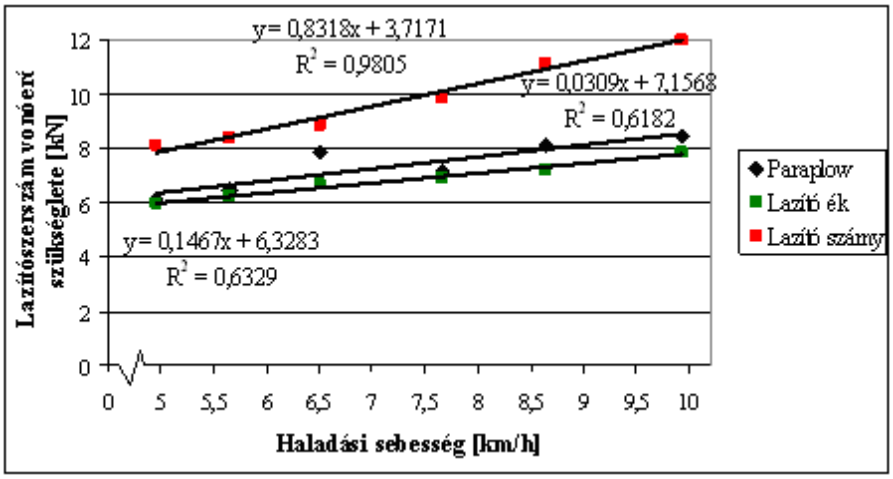
21. ábra. A lazítószárnyas szerszám munkája

A szárnyas lazítószerszám is az ékes szerszámhoz hasonlóan lazít, azzal a lényeges különbséggel, hogy a lazítóéken lévő szárnyaknak köszönhetően a lazított sáv sokkal szélesebb. Továbbá a talajszelvény megemelő, aprózó hatás és ezáltal a lazítottság is ennél a konstrukciónál a leghatékonyabb a vizsgált szerszámok közül. A munkaminőség vizsgálata szempontjából is ennek a szerszámnak a munkáját tekintem a leghatékonyabbnak, mert a visszatömörödés a jelentős talajátlazító hatás miatt itt megy végbe a legkésőbb. Ez a pozitív hatás viszont a legegyenetlenebb munkamélység tartással és egy durva, rögös talajfelszínnel jár együtt (21. ábra).

A lazítás kísérő jelensége a talaj felszínének rögösödése. Ez a jelenség összefüggésben van az alkalmazott lazítószerszám konstrukciójával is. A közölt fotókon is jól látható a három szerszám által kialakított talajfelszín közötti különbség. Az egyenetlenül, viszonylag rögösebben fellazított talaj véleményem szerint kevésbé hajlamos a visszatömörödésre. Az ilyen felszín a középmély lazítókon alkalmazott különböző profilú hengerekkel tökéletesen elmunkálható és lezárható.

4.9. A vonóerő és a haladási sebesség kapcsolatának vizsgálata

A vizsgálat során hatféle haladási sebességnél (v = 4,68, 5,65, 6,51, 7,66, 8,64, 9,93 km/h), állandó (a = 35 cm) munkamélységnél, háromszoros ismétléssel mértem a szerszámra jellemző vonóerő változását.

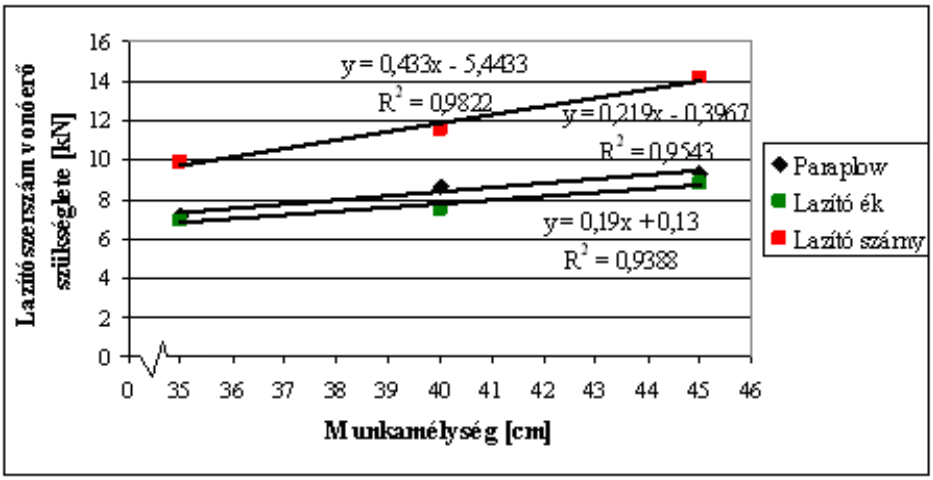


22. ábra. A különböző haladási sebességeken mért vonóerő adatok a sebesség függvényében

A vizsgálatból kiderül, hogy a haladási sebesség növelés hatására a szárnyas konstrukció vonóereje növekedett a legnagyobb mértékben. A másik két szerszám vonóerő szükséglete nem növekedett jelentősen.
A haladási sebességnek viszont jelentős hatása van a munka minőségére, mivel a nagyobb sebességhez erőteljesebb repesztő hatás párosul. Ezért érdemes a középmély lazítást mindenféle talaj típuson a 6 – 8 km/h haladási sebesség tartományban végezni.

4.10. A vonóerő és a munkamélység kapcsolatának vizsgálata

A lazítószerszámok vonóerő szükségletét ebben az esetben három különböző munkamélységben (a = 35, 40, 45 cm), állandó haladási sebesség mellett (v = 7,66 km/h), háromszoros ismétléssel határoztam meg.



23. ábra. A különböző munkamélységekben mért vonóerő adatok átlaga a munkamélység függvényében

A három szerszám közül a lazítóékes vonóereje növekszik a legkisebb mértékben, 6,9 kN-ról 8,8 kN-ra. A Paraplow konstrukcióé a 10 cm munkamélység változás hatására 7,1 kN-ról 9,3 kN-ra növekszik. A vizsgált szerszámok közül a szárnyas lazítószerszám vonóereje növekszik a legnagyobb mértékben 9,12 kN-ról 14,21 kN-ra.

4.11. A vizsgált szerszámok minősítése a bevezetett fajlagos teljesítmény mutatóval

A lazítószerszámok munkájának értékelésére, minősítésére bevezettem az ún. lazítószerszámokra jellemző fajlagos teljesítmény mutatót. Ezzel az értékkel az egységnyi lazítottságra jutó teljesítmény igényt fejezem ki. Jele: k_{sz} [67]. Meghatározása:

$$k_{sz} = \frac{P_L}{L} = \frac{F_L \cdot v_h}{L} \quad \text{[kW]}$$

- ahol:
  - F_L: lazítószerszám vonóerő [kN]
  - v_h: gépcsoport haladási sebesség [m/s]
  - L: a felszínemelkedés - és a lazított szelvény felületének hányadosa

Természetesen „k_{sz}” minél kisebb értéket vesz fel, annál kedvezőbb a lazítószerszám konstrukciója és energetikai mutatója. Más szóval az a jó lazítószerszám, amelyik minél kisebb teljesítmény ráfordítás árán minél nagyobb lazítottságot ér el (11. táblázat).

11. táblázat A vizsgált három lazító szerszámnál meghatározott szerszámtényezők (k_{sz}) értékei

Ismétlések száma	**Paraplow szerszám [kW]**	**Lazítóékes szerszám [kW]**	**Szárnyas lazítószerszám [kW]**
1. ismétlés	39,8	43,6	37,9
2. ismétlés	42,8	42,7	36,1
3. ismétlés	41,2	40,6	39,8
Átlag:	41,3	42,3	37,9

E fajlagos értékkel történő minősítés alapján az állapítható meg, hogy a háromszoros ismétlés átlagaként a szárnyas lazítószerszám bizonyult a legjobbnak. Ennél a konstrukciónál jut az adott lazítottság értékre a legkevesebb teljesítmény, ezért adódott a k_{sz} itt a legkisebbre. A szárnyas típust a Paraplow-féle kialakítás követi, végül a sort a lazítóékes szerszám zárja. Tehát ez a sorrend a konstrukcióbeli különbségből adódó eltérőségeket jól tükrözi. A lazítóékes szerszám legnagyobb k_{sz} értékének oka az, hogy a vonóereje a Paraplow-féle szerszáméval közel azonos, viszont a lazítottság mértéke az ékes szerszám esetében kisebb.

5. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

Az általam felállított új tudományos eredmények az újszerű lazítottság mérési eljárás alapjainak kidolgozására, a lazító ékes szerszámok közötti átlazítás mértékének meghatározására és a szerszám összehasonlító vizsgálatokra vonatkoznak.

1.Tézis: A lazítottság mértékének meghatározására kidolgoztam egy új, a hagyományos módszernél gyorsabb, pontosabb mérési eljárást. Az új eljárás a talaj fajlagos villamos vezetőképességén alapul. Ellenőrző mérésekkel igazoltam a lazítottság hagyományos és új módszere közötti összefüggést, amely normális eloszlást követ. A fajlagos villamos vezetőképesség értékekre alapozott, lazítottság mértékét adó viszonyszám:

$$L_{\chi'} = \frac{\Delta\chi_1}{\chi_{1u}} \cdot 100 \quad [\%]$$

- ahol:
  - χ_{1e}: a sekély rétegben középmély lazítás előtt mért fajlagos villamos vezetőképesség [mS/m]
  - χ_{1u}: a sekély rétegben középmély lazítás után mért fajlagos villamos vezetőképesség [mS/m]
  - $\Delta\chi_1$: a sekély rétegben középmély lazítás után tapasztalt fajlagos villamos vezetőképesség megváltozás [mS/m]

A felállított tézis vályog – és agyagos vályogtalajon érvényes.

2.Tézis: Megállapítottam, hogy a munkamélység hatására megváltozó lazítottság mérésére a fajlagos villamos vezetőképesség alkalmazható. A lazítottság mértéke és a munkamélység függvény kapcsolatára vályogtalajon az (y = 1,31x - 1,88), agyagos vályogtalajon az (y = 1,40x+ 7,18) összefüggés érvényes.

A felállított tézis vályog – és agyagos vályogtalajon érvényes.

3.Tézis: Megállapítottam, hogy a gépcsoport haladási sebesség hatására megváltozó lazítottság mérésére a fajlagos villamos vezetőképesség

alkalmazható. A lazítottság mértéke és a gépcsoport haladási sebesség függvény kapcsolatára az $L_{\chi'} = L_{\chi'_{max}}\left(1 - e^{-r \cdot v_h}\right)$ ***összefüggés érvényes.***

- ahol:
  - $L_{\chi'}$: lazítottság mértéke [%]
  - r: a függvény alakjáért felelős tényező
  - v_h: gépcsoport haladási sebesség [km/h]

A felállított tézis vályog – és agyagos vályogtalajon érvényes.

4.Tézis: A lazítóékkel felszerelt szerszámok közötti átlazítás mértékének közelítő meghatározása a $\varsigma = \frac{\frac{5}{3}s_p - w}{5s_p} \cdot 100$ [%] ***összefüggéssel lehetséges.***

- ahol:
  - s_p: szerszámosztás [m]
  - w: szerszámszélesség [m]

5.Tézis: A különböző kialakítású lazítószerszámok egyedi energetikai jellegű minősítésére kidolgoztam egy olyan fajlagos teljesítménymutatót, amellyel az egységnyi lazítottságra jutó teljesítmény igényt fejezem ki:

$$k_{sz} = \frac{F_L \cdot v_h}{L} \quad \text{[kW].}$$

- ahol:
  - F_L: lazítószerszám vonóerő [kN]
  - v_h: gépcsoport haladási sebesség [m/s]
  - L: a felszínemelkedés - és a lazított szelvény felületének hányadosa

6. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉBEN MEGJELENT PUBLIKÁCIÓK

Magyar nyelvű konferencia proceedings

Rácz, P. – Dr. Szüle, Zs.: A középmély lazítók alkalmazásának fontossága, a legfontosabb művelőszerszám kialakítások bemutatása. In: *MTA-MÉM Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás Kiadványa,* Nr. 30. Kötet, pp. 40 – 43, Gödöllő, 2006 január .24.

Rácz, P. - Dr. Szüle, Zs.: A középmély lazítók alkalmazása a mezőgazdaságban. In: *MTA-MÉM Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás Kiadványa,* Nr. 31. Kötet, pp. 11 - 13, Gödöllő, 2007 január .23.

Rácz, P. - Dr. Szüle, Zs.: Az egyenes és a ferde késsel dolgozó középmély lazítók összehasonlítása. In: *MTA-MÉM Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás Kiadványa* 31. Kötet, pp. 14 - 18, Gödöllő, 2007 január .23.

Rácz, P. – Dr. Szüle, Zs.: Általános vonóerő modell meghatározása középmély lazító szerszámokra, In: *MTA-MÉM XXXII. Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás CD lemezen*, Gödöllő, Szent István Egyetem, 2008 január .22.

Nemzetközi konferencia proceedings

Rácz, P. – Dr. Szüle, Zs.: Test of subsoil chisel tools. In: *Proceedings of the 5thYouth Symposium on Experimental Solid Mechanics* (ISBN 80-969228-2-3, EAN 9788096922826), Púchov (Slovakia) – 2006, pp. 86 – 89.

Rácz, P. – Dr. Szüle, Zs.: Work quality test with Veris 3100. In: *Proceedings of the 6thYouth Symposium on Experimental Solid Mechanics* (ISBN 80-969228-2), Vrnjacka Banja (Serbia) – 2007, pp. 153.

Lektorált cikk magyar nyelven

Rácz, P. – Szüle, Zs.: Talajművelési módszerek műszaki, ökonómiai értékelése. In: *Gazdálkodás*, 2006. 50. évf. 3.sz., pp. 42 – 47.

Rácz, P. – Szüle, Zs.: Mérési módszer a talajlazítás mértékének kimutatására az elektromos vezetőképesség segítségével. In: *Gép*, 2007. LVIII. évf. 4. sz., pp. 54 – 57.

Rácz, P. – Dr. Szüle, Zs.: Középmély lazító szerszámok energetikai és munkaminőségi összehasonlítása, *Mezőgazdasági Technika*, FVM – MGI, Gödöllő, 2008 március, 2 – 4. o.

Hazai folyóiratban világnyelven megjelent lektorált cikk

Rácz, P. – Dr. Szüle, Zs.: Application of medium-deep subsoiliers in the agriculture (Tests on the Working-Quality by Measuring the Electric Conductivity of Soil). In: *Hungarian Agricultural Engineering*, 2007. 35. évf.

Külföldi folyóiratban világnyelven megjelent lektorált cikk

Rácz, P. – Dr. Szüle, Zs.: Analysis of Correlation between the Looseness Degree of Soil and the Travel Speed of the Tilling Combination. In: *Acta technologica agriculturae*, univerzita v Nitre 2008. → Megjelenés alatt.

Rácz, P. – Dr. Szüle, Zs.: Relationship between the looseness of soil and the electric conductivity. In: *Zemedelska Technica* (Agricultural Engineering) 2008. → Megjelenés alatt.