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

BEVEZTÉS……..4
1. A KUTATÁS CÉLKITŰZÉSEI…….……..6
2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS……8
2.1. A káros talajtömörödés kialakulása, megszüntetésének és megelőzésének lehetőségei……...……...……..8
2.2. A középmély lazítás munkafolyamatát befolyásoló talaj szöveti és szerkezeti paraméterek ismertetése, vizsgálati módszere……10
2.2.1. A szöveti paraméterek ismertetése……...……...10
2.2.2. A talaj szerkezeti tulajdonságai……...……13
2.3. A talajlazítást jellemző paraméterek…….....16
2.4. A talaj lazultságának mérése…….....17
2.5. A középmély lazítás témakörében végzett hazai és nemzetközi kutatások áttekintése…….....23
2.5.1 A középmély lazítókon alkalmazott keretszerkezetek…….....25
2.5.2 Az alkalmazott gerinclemez kialakításokkal végzett vizsgálatok……...26
2.5.3 A lazítószerszám típusokkal folytatott vizsgálatok…….....30
2.5.3.1. A szerszám ellenállás meghatározására irányuló kísérletek…….…….....30
2.5.3.2. Lazítószög, szerszámszélesség hatásának vizsgálata…..33
2.5.3.3. Szárnyas szerszámok vizsgálata…….....33
2.5.4. A szerszámok közötti átlazítás mértékének vizsgálata…….…..35
2.5.5. Különböző munkamélységekben végzett vizsgálatok eredményei…….....37
2.5.6. Különböző haladási sebességeken végzett vizsgálatok eredményei……..39
2.5.7. Hazai típusú középmély lazítók vizsgálata különböző talajféleségeken…….……40
2.5.8. Középmély lazítók és ekék között végzett összehasonlító vizsgálatok…….....41
2.6. A témához kapcsolódó villamosságtani alapfogalmak……...43
2.6.1. Ohm törvénye……...…..43
2.6.2. Az elektromos tér és az áramsűrűség összefüggése…..…….....44
2.6.3. A folytonossági egyenlet…….....45
2.6.4. Az elektrosztatikus tér és a stacionárius áramlási tér közötti analógia……...47
2.7. A szénmikrofon működése……..……...……51
2.8. A talaj fajlagos villamos vezetőképessége és az egyes talaj

jellemzők kapcsolatának vizsgálata……..…….....51
3. A VIZSGÁLATOK KÖRÜLMÉNYEI…….…….....57
3.1. A munkaminőség vizsgálatának körülményei..…...…….…..57
3.2. Az energetikai vizsgálat körülményei……60
4. A VIZSGÁLATOK ANYAGA ÉS MÓDSZERE…… ……...64
4.1. A munkaminőség vizsgálatának anyaga és módszere…….....64
4.2. A Veris 3100 mérőrendszer kalibrálása.……....70
4.3. Az energetikai vizsgálat anyaga és módszere…….....72
4.4. A mérőelemek kalibrálása…..…….....75
4.5. A talajjellemzők vizsgálatának anyaga és módszere……..78
4.5.1. A talaj behatolási ellenállásának mérése……78
4.6. A talaj nedvességtartalmának mérése…….....80
4.7. Talaj mintavételezés…..……..……..…….....82
5. A TALAJBA HATOLÁSI ELLENÁLLÁS, A NEDVESSÉGTARTALOM ÉS A FAJLAGOS VILLAMOS VEZETŐKÉPESSÉG KÖZÖTTI ÖSSZEFÜGGÉSEK VIZSGÁLATA…….83
5.1. A talajba hatolási ellenállás és a nedvességtartalom közötti összefüggés vizsgálat…….…….....83
5.2. A fajlagos villamos vezetőképesség és a talajba hatolási ellenállás közötti összefüggés vizsgálat…….…….85
5.3. A fajlagos villamos vezetőképesség és a nedvességtartalom közötti összefüggés vizsgálat…….…….....86
6. A MUNKAMINŐSÉGI VIZSGÁLATOK EREDMÉNYEINEK KIÉRTÉKELÉSE……..88
6.1. A fajlagos villamos vezetőképesség-értékek változása középmély lazítás hatására…….....88
6.2. A talaj fajlagos villamos vezetőképessége és a hagyományos módon meghatározott lazítottság (L) mértéke közötti összefüggés vizsgálat……..90
6.3. A hagyományos módszerrel és a fajlagos villamos vezetőképesség mérés módszerével meghatározott lazítottság-értékek összehasonlítása vályog -, agyagos vályog – és homokos vályogtalajokon ……...……..91
6.3.1. Kétmintás „*t-próba*”…….....92
6.4. Az „$L_{\chi'}$” értékek eloszlás vizsgálata agyagos vályog – és vályogtalajokon…….…….96
6.4.1. Eloszlásvizsgálat…...…….....96
6.4.1.2. Normalitásvizsgálat…..……96
6.5. A munkamélység és a haladási sebesség hatásának vizsgálata az „$L_{\chi'}$” lazítottság mértékére agyagos vályog – és vályogtalajokon...……...99

6.5.1. A munkamélység változtatásának hatásvizsgálata $L_{\chi'}$ értékeire……...99
6.5.2. A haladási sebesség változtatásának hatásvizsgálata $L_{\chi'}$ értékeire…….....102
6.6. A szerszámok közötti átlazítás mértékének vizsgálata.....106
7. A KÖZÉPMÉLY LAZÍTÓ SZERSZÁMOK ÖSSZEHASONLÍTÓ VIZSGÁLATA…….....109
7.1. A vizsgált szerszámok vágóél profil egyenleteinek meghatározása……..109
7.2. A lazítószerszámok munkaminőség-vizsgálata a hagyományos módszerrel……..……...……...111
7.3. A vonóerő és a haladási sebesség kapcsolatának vizsgálata….....115
7.4. A vonóerő és a munkamélység kapcsolatának vizsgálata…..……..116
7.5. A vizsgált szerszámok minősítése a bevezetett fajlagosteljesítmény -mutatóval……...…….…….…….....117
8. A GYAKORLATI ALKALMAZÁS LEHETŐSÉGEI, A TÉMA TOVÁBBFEJLESZTÉSÉNEK LEHETSÉGES IRÁNYAI…….....119
9. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK…….....121
ÖSSZEFOGLALÁS……....123
IRODALOM……....125
MELLÉKLETEK……....134
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS……149

BEVEZETÉS

A magyar mezőgazdaság gépesítésében és a műszaki fejlesztésben az utóbbi években egy rendkívül nagymértékű változás ment végbe, ami egy jelentős szemléletváltozást is eredményezett. Óriási jelentőséget kapott az energiatakarékos termelés és a környezetbarát technológiák alkalmazása, amely együtt jár a termelési költségek folyamatos revíziójával, lehetőség szerinti csökkentésével. A mezőgazdaság műszaki fejlesztésének gerincét a gépesítés képezi. A szántóföldi termelés eredményessége és a környezet megóvása érdekében arra kell törekednünk, hogy az úgynevezett okszerű talajműveléssel a termékenységet tovább fokozzuk, a lehető legkevesebb ráfordítással.

A „minőség produkálása" a talajművelésben rendkívüli módon nehéz feladat még akkor is, ha az információs és technikai feltételek egyaránt adottak. Sok feltételnek kell ahhoz együttesen teljesülnie, hogy egy adott termesztendő növény számára a lehető legjobb talajállapotot tudjuk kialakítani eszközeinkkel. Egyértelműen kimondható az, hogy mind a talaj, mind az eszköz oldaláról optimális feltételek szükségesek ahhoz, hogy a talajművelés egész rendszere a termésben lecsapódva elfogadható eredményt hozzon.

Választott kutatási területem tágabb értelmezésben a talajművelés, amely a szántóföldi növénytermesztés valamennyi ágazatában a legfontosabb tevékenységek közé tartozik, és prioritást élvez a géprendszerek között is. A takarmánynövények termelésétől az ipari növények termelésén keresztül a feldolgozó ipar számára, sőt az élelmiszernövények megtermelése az emberiség számára mind – mind a talajművelő agrár - műszaki szakemberek részvételét igényli. A jövőben a biológiai eredetű alternatív energiahordozók - energiaültetvények, növényi eredetű hajtóanyagok - jelentőségének növekedésével a talajművelés újabb, fontos ágazatokban jelenik meg.

A fentiekben megemlített változások természetesen a talajművelési szokásokra, módszerekre is jelentős hatással voltak. A talajművelésben létező két alapművelési forma **– szántásos** és **szántás nélküli** - közül ma Magyarországon a szántásos az, amelyik uralkodónak tekinthető, de egyre inkább terjedőben van a szántás nélküli talajművelési forma is. **Talajlazítás**nak 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, ezáltal a növény teljes életciklusát kedvezőtlenül befolyásolja, továbbá belvizek kialakulásához is nagymértékben hozzájárul és a talaj légjárhatóságát is csökkenti.

Az utóbbi évek száraz, csapadékban szegény esztendői is azt igazolják, hogy a káros talajlevegőztetéssel járó talajművelési formák mellett a konzerváló, nedvességmegőrző lazításos alapművelésre kell a nagyobb hangsúlyt helyezni.

Dolgozatom témájának időszerűségét az a tény is 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. A KUTATÁS CÉLKITŰZÉSEI

A kutatás első részében feladatom a fenntartható, gazdaságos termelés és a precíziós gazdálkodás szempontjából egyaránt fontos középmély lazítás hatására a talajban kialakult lazítottság vizsgálatához mérési módszer kidolgozása volt.

E módszer érvényességét és használhatóságát három különböző fizikai talajféleségen kívántam megvizsgálni. A tesztelések során a lazítottság új és a hagyományos mérési módszerének összehasonlításával kívántam bizonyítani az újszerű módszer helytállóságát. A munkamélység és a haladási sebesség hatását is vizsgálni kívántam a meghatározott munkaminőség-értékelő módszerrel. Továbbá a vizsgálatoknál - megállapításaim minél alaposabb alátámasztása érdekében – a szerszám konstrukciók többféleségére is törekedtem. Ezzel sikerülhet meghatároznom az adott körülmények között elegendően pontos függvényszerű kapcsolatokat a fenti jellemzők és a lazítottság mértéke között.

Célkitűzéseim között szerepel egy olyan összefüggés kidolgozása, mellyel lehetőségem nyílik a lazítóékkel felszerelt szerszámok közötti átlazítás mértékének közelítő meghatározására. Tekintettel arra, hogy a vizsgálataim nagy részét ezzel a lazítószerszám típussal felszerelt gépekkel végeztem.

A kutatás másik részében a középmély lazítókon használt szerszámok vizsgálata során a célom az általam felállított fajlagos teljesítménymutató (k_{sz}) segítségével az adott szerszámok minősítése.

Vizsgálni kívántam a munkamélység és a haladási sebesség változtatásának, valamint a gerinclemez + lazítószerszám konstrukciónak a hatását a szerszám vonóerő szükségletére.

A tervezett kutatás fontossága abban rejlik, hogy az újszerű mérési módszer a korábbi eljárásnál gyorsabb, kevésbé élőmunkaigényes és fáradságos eljárás lenne, illetve új lehetőségeket nyithatna meg a munkaminőséget értékelő módszerek területén is.

A szerszám összehasonlítás pedig egyértelmű képet adhat energetikai és munkaminőségi szempontból a felhasználóknak.

A vizsgálataimat minden esetben üzemi körülmények között kívántam végrehajtani.

Dolgozatomban a fent említett célkitűzések alapján meghatározott és elvégzett mérésekről, mérési eljárásokról, a mérési eredmények alapján felállított új tudományos eredményekről számolok be. Amelyek mind a tudományos kutatás, mind a gépüzemeltetők számára hasznos eredmények lehetnek.

Ennek a dolgozatnak nem volt feladata az egyes lazítószerszámok konstrukciós kialakításának fejlesztése, a munkaminőség vizsgálat során szerepeltett középmély lazítók energetikai vizsgálata és ilyen alapon történő összehasonlítása. Méréseimet ezen a téren kizárólag a munkaminőség értékelési módszer alapjainak kidolgozására határoltam be.
A lazítószerszámok egyedi vizsgálatánál tekintettel ezek sokféleségére a leggyakrabban használt hazai típusok vizsgálatára törekedtem.

Az előzőekben kifejtett célkitűzések rövid összefoglalása a következő:

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. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

Az irodalom áttekintése során természetesen nem törekedhetek a teljességre, ezért csak agrotechnikai, talajfizikai és energetikai szempontokból mutatom be.

2.1. A káros talajtömörödés kialakulása, megszüntetésének és megelőzésének lehetőségei

A talaj a földkéreg legfelső, laza, termékeny rétege. A középmély lazítás műveleténél a talaj mint megmunkálandó anyag jelentkezik. A talaj lazítása során a talajszemcsék, vagyis a talajrészecskék közötti kohéziót megszüntetjük vagy csökkentjük, továbbá a művelt réteg és az altalaj közötti megfelelő kapcsolatot alakítjuk ki [30,31].

A talajnak számos olyan fizikai és mechanikai tulajdonsága létezik, amelyeket a gépkonstrukcióknál és a gépek üzemeltetésénél feltétlenül figyelembe kell venni, mert nem helyes az adott gépet környezetéből kiszakítva, összefüggései nélkül, csak mint önálló egységet tárgyalni.

A tömörödött réteg kialakulásának okait két csoportra oszthatjuk: lehet művelési és lehet gépesítési oka. Ezért a termőtalajok bizonyos időközönkénti lazítása feltétlenül szükséges [44, 78]. Nagyon sok esetben az egyik fő okot a mindig azonos mélységben végzett alapművelés jelenti. Ilyenkor a művelési réteg határán a fel- és az altalajnál egyaránt tömörebb réteg alakul ki. Ha a tömör réteg szántásos alapművelés hatására képződik, akkor „eketalp-betegségnek” nevezzük. A tömör záróréteg műveléstől függően kialakulhat a talaj 15-25 cm-es rétegében is ez általában a mindig azonos mélységben járatott tárcsás borona hatására alakul ki [14,15]. Ebben az esetben ezt a kialakult réteget „tárcsatalp tömörödésnek” nevezzük.

A szántóföldi növénytermesztés gépesítettségének fejlesztése együtt jár a talaj káros tömörödöttségének nagyobb mértékű intenzitásával [18, 26]. A viszonylag kisebb tömegű járműveket fokozatosan kiváltották a nagy tömegű erőgépek és betakarító gépek, amelyek nagymértékben járulnak hozzá e káros jelenség fokozásához. Ez úgy jelentkezik, hogy a tömörödött réteg fokozatosan mélyül, és azonos mélységet vizsgálva pedig növekszik annak mértéke is.

Összefoglalva tehát, a talaj káros tömörödöttségének kialakulását a következő tényezők befolyásolják [9]:

a). természetes tényezők

- talaj összetétel
- lehullott csapadék mennyisége és annak intenzitása

b). emberi tényezők [28]

- talajművelési módok
- gépesítés
- öntözés.

A felszíni, illetve a felszín alatti tömör rétegek megnehezítik a csapadék talajba hatolását, eróziós károkat okoznak [19], továbbá növelik a művelés energiaigényét, csökkentik a talaj termőképességét. Tehát ennek a káros jelenségnek a megelőzése, mértékének csökkentése, illetve hatásának megszüntetése komoly műszaki hátteret kíván meg [36]. Erre a leghatékonyabb eljárást az alapművelés alkalmazása jelenti. Alapművelésen azokat a művelési eljárásokat értjük, amelyekkel a talaj mélyebb rétegének fizikai állapotát változtatjuk meg. Háromféle alaptalajművelési eljárást különböztetünk meg [16,17]:

- forgatásos technológia, alapgépe az eke
- forgatás nélküli technológia, alapgépe a középmély lazító
- kombinált, az előző két technológia kombinációja.

Fontos megemlíteni azt is, hogy ma már a talaj káros tömörödésének megelőzésére számos eljárás létezik, ezek alkalmazása pedig a géptömegek megnövekedése miatt rendkívüli fontosságot ért el. Néhány példa a lehetséges megoldások közül:

- optimális növénytermesztési rendszer, vetésforgó alkalmazása
- minimális talajművelés: az egyes műveletek összevonásával, a műveletek menetszámának csökkentésével mérséklődik a talajnyomás és a talajt érő káros behatások mértéke [85]
- racionális gépüzemeltetés
  - gépek járó szerkezetének módosítása (ikerabroncs használata, tengelyterhelés csökkentése, gumihevederes járószerkezet, rácskerék, lánctalp, nagyméretű kis nyomású abroncs használata) [34, 51]
  - alternatív munkagép használat [80]
  - művelő szerszámok élességének biztosítása, azok helyes beállítása
  - az egyes munkaműveletek elvégzése kapcsolt gépekkel (műveletek összevonása) [83, 84]
  - művelőutas növénytermesztési technológia alkalmazása (permetezés, műtrágyázás stb.)
  - a munkaművelet időpontjának helyes megválasztása,

talajállapothoz igazodó művelő elem használata.

2.2. A középmély lazítás munkafolyamatát befolyásoló talaj szöveti és szerkezeti paraméterek ismertetése, vizsgálati módszere

2.2.1. A szöveti paraméterek ismertetése

A talaj szöveti tulajdonságai általában a homok és az agyag egymáshoz viszonyított mennyisége szabja meg. E két összetevő függvényében általában a talaj jellemzői törvényszerűen változnak.
A homok kvarcszemcsékből áll, amelyeknek 70-80% - a 0,1-0,3 mm átmérő intervallumba esik. A szemcsék közötti pórusjáratok nagyok, s így a homok a vizet könnyen átengedi, jól szellőzik, kapillárisan nem emeli fel a vizet nagyobb mélységből.
Az agyagot, mint kémiai mállásterméket különböző összetételű vas- és alumínium-hidroszilikátok alkotják. Részecskéi kolloid méretűek, amelyek nedvesség hatására megduzzadnak. Pórustérfogata kicsiny, a víz nehezen halad át rajta, viszont kapillárisan magasra emeli fel. [75]

- **Arany-féle kötöttségi szám**: azt fejezi ki, hogy hány százalék vizet képes a talaj felvenni, míg egy sajátos, jól megfigyelhető, vízzel telített pépet készítünk belőle. A vizsgálat során porcelán csészébe lemérünk 0,1 kg talajtömeget (porrá tört, légszáraz talaj) és bürettával desztillált vizet adagolunk hozzá kisebb adagokban, míg az állandóan és egyenletesen összekevert pép, fonalpróbával jellemezhető állapotba jut. Ezt az állapotot az jellemzi, hogy a pépbe nyomott, majd hirtelen kiemelt keverőkanálon kialakult kúp vége lehajlik. Az Arany-féle kötöttségi számot két párhuzamos mérés átlagaként szokás megadni az alábbi számítással:

$$K_A = \frac{m_{víz}}{m_{talaj}} \cdot 100. \qquad (1)$$

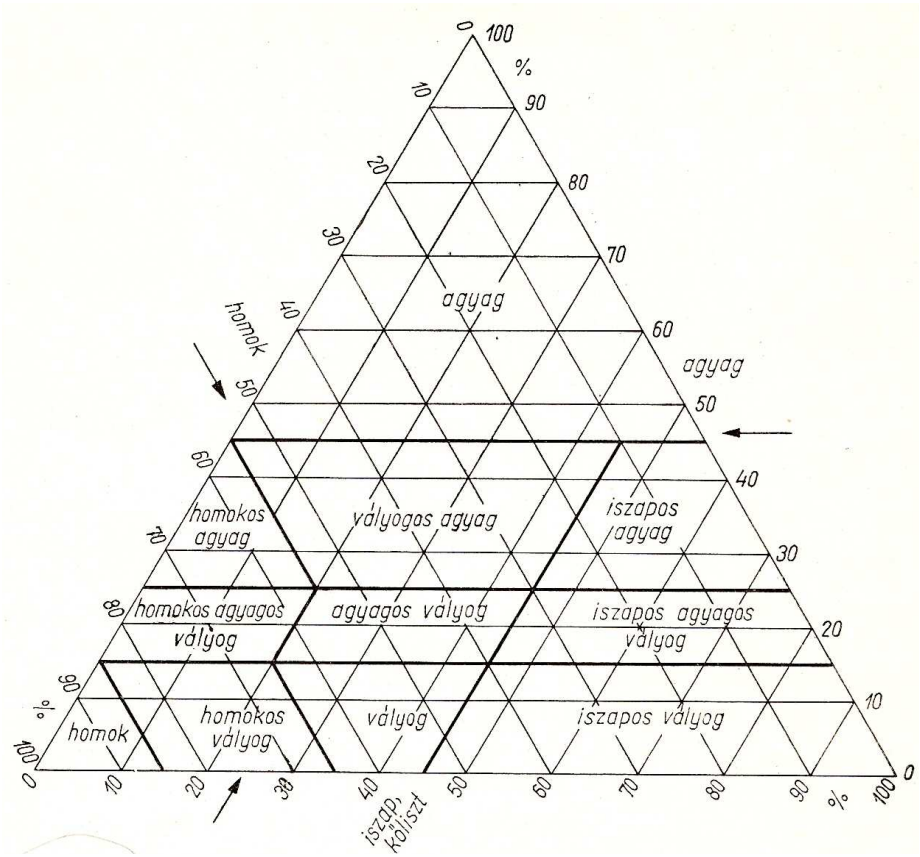
Ahol:

- $m_{víz}$: a talajhoz töltött víz tömege [kg]
- m_{talaj}: a talaj minta tömege [kg].

- **A talaj szilárd részecskéinek mérete**: a talaj szerkezetét, annak belső súrlódási szögét, valamint a talaj és a talajművelő szerszámok közötti súrlódási szöget lényegesen befolyásolja a talajt alkotó részecskék átmérője. Melyet Atterberg nyomán iszapolással, homoktalajoknál pedig szitanalízissel állapítanak meg (1. ábra).

1. táblázat A talaj szilárd részecskéinek mérete [75]

A szemcse elnevezése	Mérethatár [mm]
Durva homok	2 – 0,2
Finom homok	0,2 – 0,02
Iszap, por, kőliszt	0,02 – 0,002
Agyag	0,002 alatt



1. ábra A talajok osztályozása a nemzetközi osztályozási rendszer alapján (háromszög-diagram) [75]

A háromszögdiagram egyes oldalaira a három fő alkotórészt vitték fel, s az egyes alkotórészek metszéspontjaként kapjuk a vizsgált talaj megnevezését.

- **A talajok higroszkóposssága**: azt fejezi ki, hogy a talaj adott relatív párateltségű térben mekkora nedvességtartalommal tart egyensúlyt. A talaj nedvességtartalmát tehát részben a relatív páratartalom, részben a nedvszívó képesség szabályozza. A nedvszívó képesség jellemzésére általában a Kuron – féle érték, ritkábban a Mitscherlich-féle érték használatos. Az előbbit 35,2%-os relatív párateltséget biztosító 50%-os kénsav gőztérben, míg az utóbbit 95,6%-os relatív párateltséget biztosító 10%-os kénsav gőztérben határozzák meg. A Kuron-féle érték közel azonos a légszáraz talaj nedvességtartalmával.

- **A talajok vízkapacitása**: azt fejezi ki, hogy a talaj mennyi vizet képes huzamosabb ideig a gravitációval szemben visszatartani. Ez a víztartalom jellemző a talaj kötöttségére. Meghatározása úgy történik, hogy egy apró furatokkal ellátott hengerben adott súlyú, teljesen kiszárított talajt vízzel híg péppé kevernek, majd alulról megszivatják. Amikor a víz csepegése megszűnt, meghatározzák a száraz talajsúlyhoz viszonyított súlyszaporulatot, s ezt súlyszázalékban fejezik ki. A vízkapacitás meghatározott összefüggésben áll a kötöttségi számmal és a Kuron-féle értékkel.

A talajok nedvességtartalmát a száraz talajtömegre vonatkoztatva is meg szokták adni. A vizsgálathoz 100 g tömegű talajminta szükséges. Amit aztán szárító szekrényben 100-105°C hőmérsékleten kell szárítani, végül a tömegváltozás értéke megadja a talaj nedvességtartalmát. A nedvességtartalom számításának módja a következő [22]:

$$w/w[\%] = \frac{G_B - G_C}{G_C} \quad . \qquad (2)$$

Ahol:

- G_B: nedves anyag tömege [kg]
- G_C: száraz anyag tömege [kg].

- **A talajok vízemelő képessége:** azt fejezi ki, hogy egy adott szöveti állapotú talaj az idő függvényében milyen magasra emeli fel a vizet. Meghatározása 1m hosszú, 20-25mm átmérőjű üvegcsőben történik, melyet kiszárított és durván porított talajjal töltenek fel. Az üvegcső alsó végét vászonnal kötik be, majd vízzel telt tálba állítják.

- **A talajok vízáteresztő képessége:** a talajban lefele szivárgó víz sebességét (mm/min) fejezi ki, szöveti talajállapotnál. Az utóbbi feltételt itt különösen hangsúlyozni kell, mert a nagy külső pórusokkal rendelkező talajban a víz gyorsabban haladhat lefele, mint a talajrészekbe való beszívódás sebessége.

- **A talaj fajsúlya:** fajsúly alatt az egységnyi térfogatú talaj szárazanyagsúlyát értjük. Meghatározása úgy történik, hogy ismert súlyú és térfogatú üveglombikba teljesen kiszárított talajt mérünk be, s annyi vizet mérünk hozzá, hogy a talajt ellepje. Amikor a víz a talajrészecskék összes pórusait kitöltötte, az üveget a jelig fel kell tölteni, s meg kell határozni az összesen betöltött víz térfogatát. A lombik víz térfogatának különbsége adja a talaj térfogatát. A fajsúly mellett használatos a talaj térfogatsúlya is, amelyet a talajművelés alapvetően befolyásol.

2.2.2. A talaj szerkezeti tulajdonságai

A talaj, mint polidiszperz rendszer különböző halmazállapotú részekből tevődik össze: a talaj szárazanyaga a szilárd fázist képviseli, a víz a benne oldott ásványi és szervesanyagokkal a folyékony fázist, míg altalajrészek pórusaiban a helyet foglaló levegő és különböző bomlástermékek a légnemű halmazállapotot alkotják. E különböző fázisú anyagok egymáshoz viszonyított aránya és elhelyezkedése, valamint a talaj szárazanyagának összetétele döntően befolyásolja a talaj szerkezetét. A szerkezet szempontjából a talaj legkisebb önálló, szilárd alkotórészeit talajdarabocskáknak nevezik, e szerint négyféle talajszerkezet létezik: elporosodott, agregátos, morzsás, rögös. A talajművelő gépek munkájának jellemzésére az alábbi paraméterek használatosak:

- **A talaj aprózódottsága**: azt fejezi ki, hogy adott talajállapotnál a por, a morzsa és a rög hány százalék. A megfelelő frakciókra való szétválasztás különböző lyukméretű szitákkal történik. A talajt szitálás előtt benzinben oldott parafinnal itatják át, a benzin elpárolgása után a parafinnal átitatott talajrészek kellő szilárdsággal rendelkeznek és a szitálás során nem aprózódnak észrevehetően. A mintákat művelés előtt és után 5cm-ként kell mintákat venni, melyekből a gép aprító hatására lehet következtetni. Az aprózódás függ a kötöttségi számtól, a nedvességtartalomtól, vízkapacitástól és a viszonylagos vízállóságtól. A rögképződés valamennyi kötöttség mellett egyenesen arányos a nedvességtartalommal, míg adott nedvességtartalom mellett egyenesen arányos a kötöttségi számmal. Az optimálisan elérhető morzsaszázalék a kötöttségi számmal növekszik. A talaj művelése során arra kell törekedni, hogy morzsás talajszerkezethez jussunk, mivel a növények szempontjából ez az optimális. Ez akkor érhető el, ha a talaj nedvességtartalma függetlenül a kötöttségi számtól 20-21%.

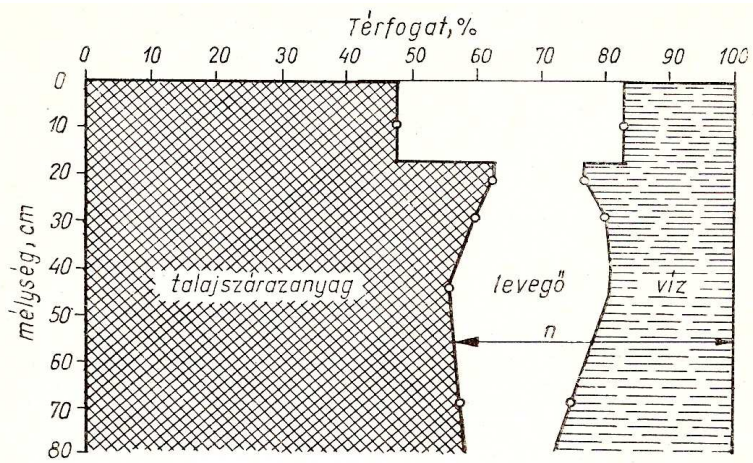
- **A talajszerkezet tartóssága:** a talaj szerkezete a különböző behatások révén állandóan változik. Ilyen behatások a talaj mechanikai deformációja, a nehézségi erő, a biológiai hatások, valamint a víz áztató hatása. A talaj

szerkezetére általában ezutóbbi hatása a legdöntőbb, ezért a szerkezet tartósságát a talajdarabocskák vízállóságával szokták jellemezni. A viszonylagos vízállóság azt a százalékos talajmennyiséget jelöli, amely a kiinduló anyagból 2 perc áztatás és 2 percnyi vízben való mozgatás után 1mm-es szitaszöveten fennmarad. Ez függ a talajban lévő szervesanyag minőségétől és mennyiségétől valamint a belső pórushányadtól. Minél tömörebb a talaj annál nagyobb a vízállóság.

- **Szerkezeti vízkapacitás**: azt fejezi ki, hogy a szerkezettel bíró talaj mennyi vizet tud magában tárolni a gravitációval szemben. A talaj szerkezeti állapota nem állandó, ezért a szerkezeti vízkapacitás is változó érték.

- **Talajba hatolási ellenállás**: a talajnak a művelőszerszámmal szembeni ellenállását fejezi ki. Mértékegysége N/mm^2. Értéke a mélység függvényében általában növekszik. A mérés eszköze a penetrométer, mellyel közel állandó sebességgel egy adott hosszúságú szonda végén elhelyezett szabványos méretekkel rendelkező mérőkúpot nyomunk a talajba. A műszer tulajdonképpen ennek a kúpnak a behatolási ellenállását méri. A penetrométerrel mért talajellenállás az egyik leggyakrabban alkalmazott módszer a talaj tömörödöttségének, a tömörödött rétegek mélységbeli elhelyezkedésének, valamint a talajfizikai állapot térbeli és időbeli változásának vizsgálatára.

- **Lazultság**: a talajok a megmunkálásuk során – ami tulajdonképpen mechanikai-technológiai folyamat – különböző fizikai változásokat szenvednek, ezek elsősorban aprításban és lazításban nyilvánulnak meg. A talaj bizonyos állapotában a lazultság azt fejezi ki, hogy mekkora a levegővel és vízzel kitöltött térfogat viszonya a szilárd talajjal kitöltött térfogathoz.



2. ábra A pórustérfogat változása a mélység függvényében [75]

E viszonyszámot %-ban kifejezve pórushányadnak nevezzük. A megmunkálási mélység alatt a levegővel kitöltött pórustérfogat ugrásszerűen csökken. Nagymértékű lazítással a pórushányad 60%-ig is növelhető, ami az ülepedéssel 45-52%-ra csökkenhet vissza. A talajok összenyomásakor a pórushányad erősen csökken s annál nagyobb mértékben, minél nagyobb a talaj nedvességtartalma. Adott felületi nyomásánál az összes pórustérfogatot a víztartalma tölti ki, ilyenkor a talaj teherbírása ugrásszerűen csökken.
A teljes pórushányad részben a talajdarabocskákban (belső pórushányad), részben pedig a darabocskák között (külső pórushányad) foglal helyet (2. ábra). A talajművelőgépek lazító hatásának megítélése szempontjából fontos e kétféle pórushányad különválasztása. A műveléssel ugyanis nagyobbrészt csak a külső pórushányad változik. A külső pórushányad az összes ($P_ö$) és a belső pórushányad (P_b) különbségeként határozható meg.

$$P_k = P_ö - P_b \tag{3}$$

Az összes pórus a fajsúly (γ) és a térfogatsúly (γ_{ts}) ismeretében a következő egyenletből számítható:

$$P_ö = \frac{\gamma - \gamma_{ts}}{\gamma} \cdot 100 \ [\%]. \tag{4}$$

A belső pórushányad a következőképpen számítható:

$$P_b = P_{fb} \cdot \gamma_{ts} . \tag{5}$$

Ahol:

- P_{fb}: fajlagos belső pórushányad [%]
- γ_{ts}: térfogatsúly [kp/dm^3].

A különböző talajok pórustérfogata függ:
- a szemeloszlás egyenletességétől
- a szemcsék nagyságától: minél kisebbek a szemcsék, annál nagyobb a hézagtényező
- a szemcsék alakjától: például az agyagtalajok nagy pórustérfogatának a lapos, pikkelyes szemcsék jelenléte az oka. Matematikailag meghatározható az egyenlő átmérőjű gömbökből álló halmaz pórustérfogata. Kimutatott, hogy akkor leglazább a szerkezet, ha a gömbök középpontja derékszögű térbeli rácsot alkot és egy – egy gömb hat szomszédossal érintkezik, itt n = 47,6%.

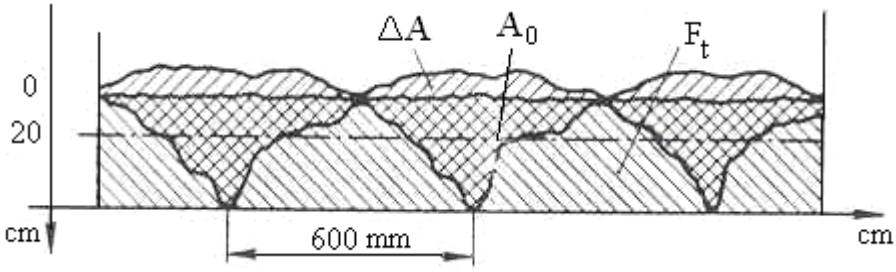
a.) Leglazább szerkezet b.) Legtömörebb szerkezet

3. ábra Talajszerkezetek [41]

Az ábrán látható, hogy a legtömörebb szerkezetben a gömbök középpontjai egyenlő oldalú háromszögű oldalakkal bíró tetraéder hálózatot alkotnak és egy – egy gömb 12 gömbbel érintkezik, itt n = 25,9% (3. ábra).
- a talajra ható vagy előzőleg már rajta lévő terhelés: szemcsés talajnál kisebb terhelés növekedésnél nem igen változik, nagy nyomás esetén viszont a pórustérfogat hirtelen lecsökken. Kötött talajnál terhelés hatására tömörödés következik be. A pórustérfogat csökkenést itt befolyásolja a részecskék szilárdsága, másrészt az a körülmény, hogy a pórusokat kitöltő víz, lassan vagy gyorsan tud – e onnan eltávozni.

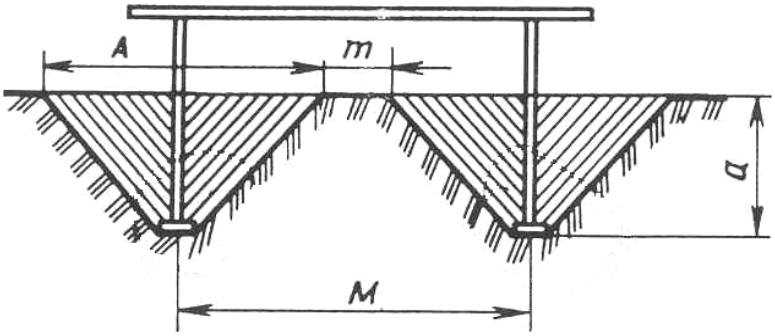
2.3. A talajlazítást jellemző paraméterek

A lazító munkája révén a szerszámok nyomában a talajban lefele szűkülő, „*V*” alakú csatornák keletkeznek (A_0). Közben a szerszámok között a szerszámosztástól, a munkamélységtől és a repedés geometriájától függően különböző nagyságú átlazítatlan kúpok (F_t) alakulnak ki. A talajfelszín pedig a lazítás hatására bizonyos mértékben megemelkedik (ΔA).
A különböző konstrukciójú profilográfokkal a következő talajprofil forma vehető fel (4. ábra).



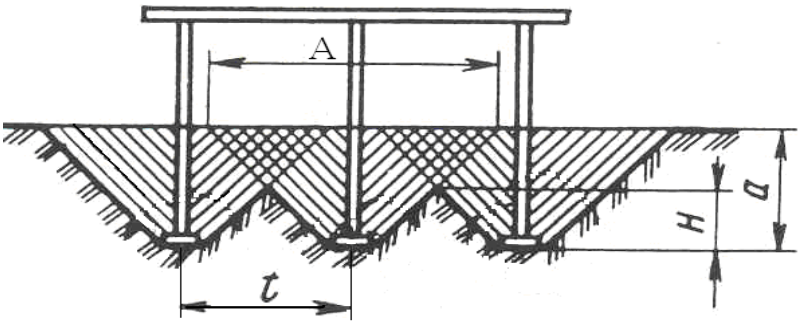
4. ábra A lazított keresztmetszet geometriája [41]

A barázdafenék geometriája az adott munkamélységű lazítás esetén hullámos lesz. Ezeknek az átlazítatlan kúpoknak (hullámoknak) (F_t) a magassága és a szélessége szintén döntően függ a szerszámosztás nagyságától, a munkamélységtől és a repedés geometriájától (5. ábra).



5. ábra A keresztszelvény fenék jellemzői [41]

Abban az esetben, ha a szerszámosztást az „*M*” értékről „*t*” értékre csökkentjük az átlazítatlan kúp méretei is ezzel arányosan csökkennek (6. ábra). Ezek alapján a szerszámosztásnak a munkaminőség alakulásában döntő szerepe van.



6. ábra A szerszámosztás hatása az átlazított keresztmetszetre [41]

2.4. A talaj lazultságának mérése

A művelés hatására a talajban bekövetkező felszín változással történő munkaminőség jellemzését először Rázsó említi meg [71]. Sitkei szerint a lazítás mértékének jellemzésére használható a talajművelés okozta relatív

talajfelszín-emelkedés is, amely szerint a külső pórushányad növekedés mértéke:

$$\Delta P_k = \frac{\Delta h}{h + \Delta h} \cdot 100 \quad [\%]. \tag{6}$$

Ahol:

- h: a művelés mélysége [m]
- Δh: a talajszintmagasság változása [m].

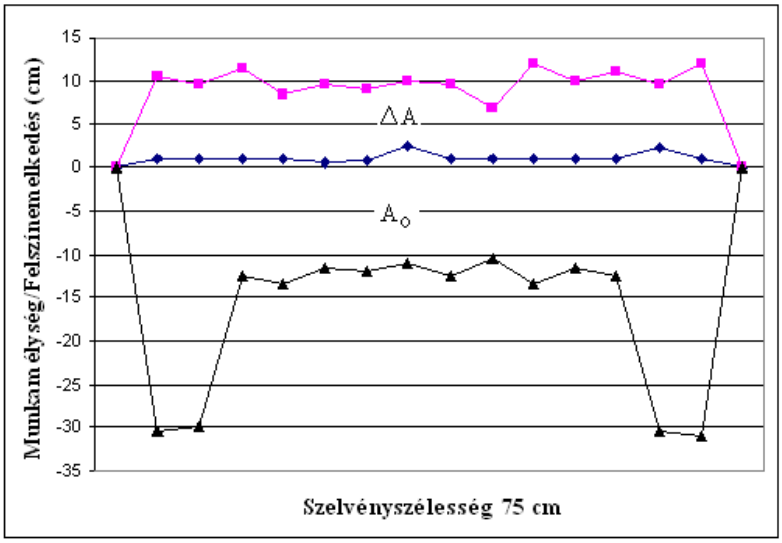
Ha a talaj a művelés előtt tömöttebb, tehát kevesebb benne a külső pórus, akkor minden gép nagyobb fokú lazítást idéz elő rajta.

Ma az egy- és többkéses középmély lazítók munkáját – azaz a talajban kialakult lazítottság (L) mértékét – a hagyományos módszer szerint a keresztszelvény árok kiásásával, az egyes talajprofilokban bekövetkezett változással minősítik. A lazítottság mértéke a lazítás hatására létrejövő felszínemelkedés felülete (ΔA) és a lazított szelvény felületének (A_0) hányadosa (7. ábra)

$$L = \frac{\Delta A}{Ao} \quad [\%] \tag{7}$$

ahol:

- ΔA: felszínemelkedés felülete [m^2]
- A_0: lazított szelvény felülete[m^2].



7. ábra. A lazítószerszámok által képzett keresztszelvény formája a talajban

Térfogat lazítók esetén történő lazítottság számítására az alábbi két módszer terjedt el [41]:

$$K = \frac{F}{F + \Delta F} \quad [\%] \tag{8}$$

ahol:

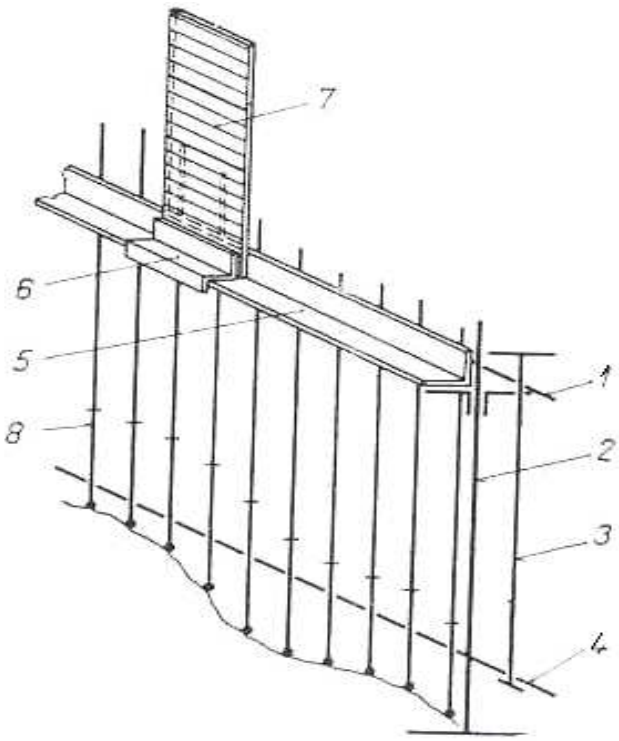
- F: eredeti keresztmetszet [m^2]
- ΔF: a felszínemelkedés mértéke [m^2].

$$K = \frac{V}{V + \Delta V} \quad [\%] \tag{9}$$

ahol:

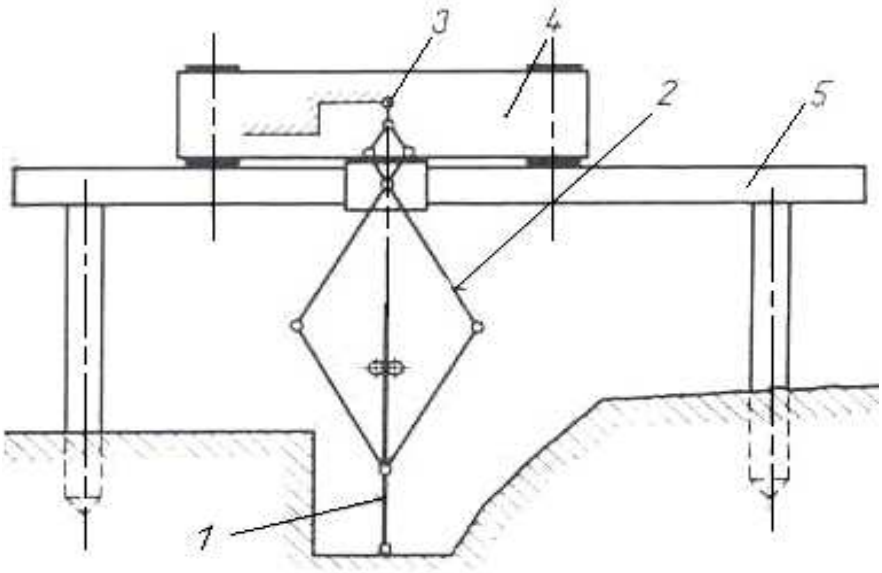
- V: eredeti térfogat [m^3]
- ΔV: a térfogatváltozás mértéke [m^3].

A keresztmetszet változásának mérésére különféle konstrukciójú profilográfokat használnak. Ezek bármely gép által előidézett talajprofil vonal mérésére használatos eszközök.
Fontos megemlíteni a használt profilográfok közül az amerikai konstrukciójú „pálcás profilográfokat”, melyek a fent említett ΔF mérésére szolgálnak. Ez a konstrukció elvben teljesen hasonló az FVM-MGI-ben kialakított sokpálcás profilográfhoz (8. ábra). A lábakon (2) álló, szorító rudakkal (1), (4) megfogott pálcasor (8) egyszerre ejthető a felületre. A leolvasás a tartón (5) elcsúszó vezetékre (6) épített, plexiüvegre vágott, felső skála mentén történhet.



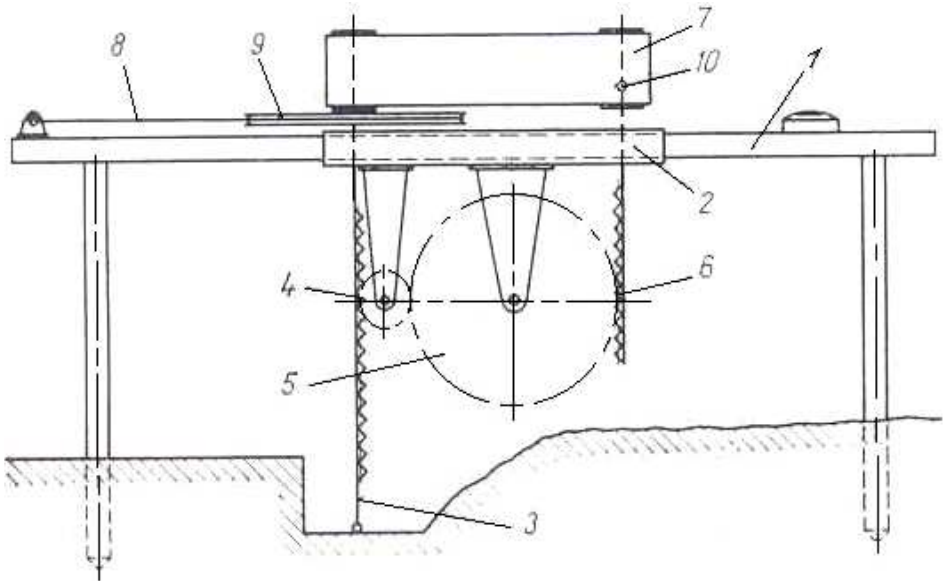
8. ábra. Az FVM-MGI-ben kialakított profilográf [41]

Feuerlein profilográfja a barázda keresztmetszetének teljes felrajzolására szolgál (9. ábra). A pantográfhoz hasonló szerkezet vízszintesre állítható tartóra (5) épül. Egy csúszóvezetékkel eltolható a rúdon a csuklós paralelogramma (2), melyhez az egyenesben vezetett tű (1) kapcsolódik. A nagy paralelogrammához 1:4 arányban kisebbített másik csuklós paralelogramma kapcsolódik, a végén az írószerkezettel (3). Ez a tű mozgását vízszintes értelemben 1:1, függőleges értelemben 1:4 arányban rajzolja a mögötte elhelyezett papírra (4).



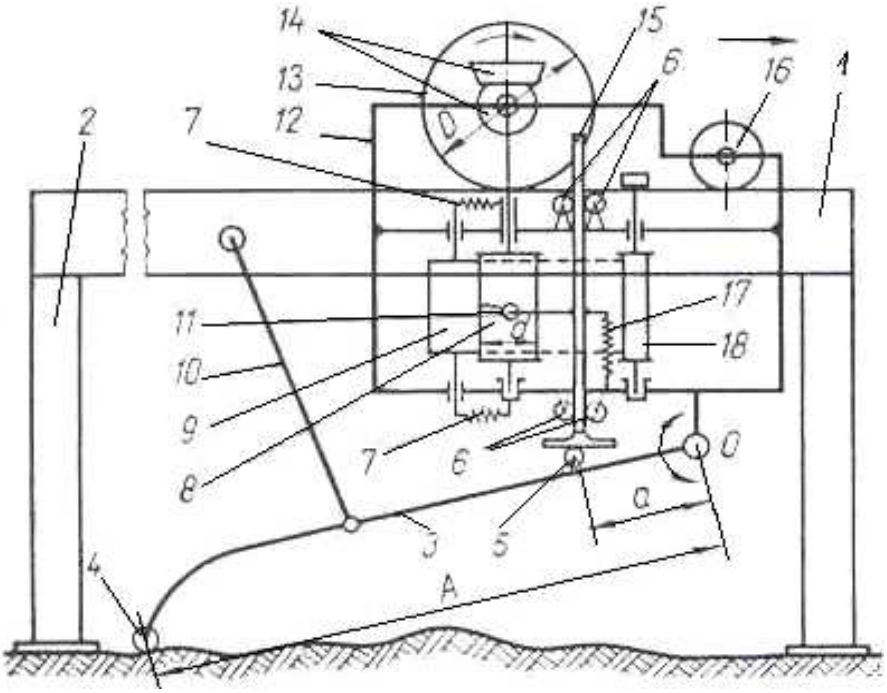
9. ábra. Feuerlein-féle profilográf [41]

Söhne egy másik megoldást konstruált (10. ábra). Ahol a libellával vízszintesre állított tartórúdon (1) csúszótest (2) mozgatható. Ennek vezetékében fel-le mozgatható a tapogatórúd (3), melynek egy része fogaslécként (4) van kialakítva. A tapogató fel-le mozgatásával a fogasléc a fogaskerék páron (5) (áttétele: 1:5) és a fogasléchajtáson (6) keresztül mozgatja a másik fogasléc végén elhelyezett írószerkezetet (10). Ez a papírra (7) rajzolja a profilt. A papírt a rögzített kötél (8) segítségével a kötéltárcsa (9) mozgatja, melyhez papírdob van kapcsolva. A papírmozgatás áttétele szintén 1:5. Így a szerkezettel a vizsgált profil 1:5 arányban kicsinyített képe rajzolható fel a papírra.



10. ábra. Söhne – féle profilográf [41]

A Viszhom-féle műszer teste (12) a lábakra (2) helyezhető lécen (1) mozgatható el. A műszertest elmozgatása a görgőkön (13), (16) keresztül történik (11. ábra). A műszertesten elhelyezett csuklóhoz (0) csatlakozik a tapogató kar (3), amelynek végén a tapogató kerék (4) van elhelyezve. Ezt a kis tapogatókereket kell a vizsgálandó felületen végighúzni. Erre a kézikar (10) szolgál, amellyel – a tapogatókerék mozgatása mellett – a „kocsi” is egyidejűleg mozgatható. A tapogatókerék mozgását (4) a görgő (5) adja át a vezetőgörgők (6) között egyenesben vezetett rúdnak (15). Ennek felső végén van elhelyezve az írószerkezet (11). A rudat (15) a rugó (17) nyomja állandóan a görgőnek (5), és így a kapcsolat állandóan biztosított. A görgő (13) a kúpkerékpáron (14) keresztül hajtja a hengert (8), és ezen keresztül biztosítja a papír mozgatását. A papír tárolására a papírhenger szolgál (18). A papír feszesen tartását a rugókkal (7) feszített feszítő görgő (9) biztosítja.
A gerenda hossza 2,25 m vagy 4,5 méter. A maximális felvehető művelési mélység 30 cm. A papír szélessége 120 mm. A tapogató kar hossza 700 mm, maximális hajlásszöge a vízszinteshez 50°.



11. ábra. Viszhom – féle profilográf [41]

2.5. A középmély lazítás témakörében végzett hazai és nemzetközi kutatások áttekintése

Hazánkban egyértelműen a forgatásos technológia terjedt el leginkább, ennél a legjellemzőbb művelet a talaj forgatása [44]. A fent említett alapvető talajművelési eljárások közül ez a legköltségesebb és legidőigényesebb művelet. A tömör réteg megszüntetésére a mély (27 – 32 cm) és a mélyítő (33 – 45 cm) szántás, valamint a rigolírozás (50 – 90 cm) alkalmasak.
A termesztett növények többsége viszont nem igényli a talaj átforgatását, ezért lazításos alapműveléssel megfelelő körülmények között és megfelelő eszközzel ugyanolyan talajfizikai állapotot tudunk létrehozni, mint a szántással. A lazítás mélysége a talaj szempontjából kockázat nélkül megválasztható, mert a lazító szerszámok munkájából adódóan sem gyenge termőképességű talajréteg, sem káros sók nem kerülnek a talaj felszínére [25]. A talajban kialakult tömörödött réteg mélységbeli elhelyezkedése szerint és a termesztendő növény igényeitől függően a lazítás mélységtartományai többféleképpen csoportosíthatóak. Gépesítési és

üzemeltetési szempontból a következő csoportok elkülönítése a legcélravezetőbb, ezért dolgozatomban a továbbiakban ezt használom [34]:

- sekély lazítás: 0 – 30 cm
- középmély lazítás: 30 – 50 cm
- mély (altalaj)lazítás: 50 – 80 cm.

Az első kettő a talajművelés technológiájához tartozó művelet és üzemi szinten megvalósítható, míg a mélylazítás technológiája a melioráció témakörébe sorolandó.

A további fejlesztések alkalmával az egyes kutatók számos gépet konstruáltak a káros talajtömörödés megszüntetésére. Ezek közül általánosan javasolható és alkalmazható gépek az altalajlazítós eke és a középmély lazító.

A középmély lazítás előnyei a következőképpen foglalhatók össze [10,6]:

- egységnyi terület azonos mélységű lazításának kisebb az energiaigénye az ugyanilyen mélységben végzett szántásénál, mert a forgatás elmarad [65]
- az energiamegtakarítás a kétféle művelés utáni elmunkálás folyamán is kimutatható, mivel a lazított talaj elmunkálása kevesebb utómunkát igényel
- száraz talajállapot esetén is megfelelő minőségű munkát végez
- a káros talajszellőztetés mellőzése miatt a nedvesség veszteség is kisebb
- a károsan tömörödött talajállapot megszüntetésének leghatékonyabb eszköze [56]
- a talaj biológiai életét is kedvezően befolyásolja, mégpedig úgy, hogy kisebb a szervesanyag veszteség és ennek lebomlásakor keletkező szén - dioxid kibocsátás [72]
- a káros sókban gazdag alsóbb réteget nem hozza a felszínre és nem keveri a felső talajréteghez, ezért minden talajféleségen alkalmazható
- a szántásnál létrejövő – az erőgép és a szántóvas által megtömörített barázdafenék elmarad
- forgatás nélküli alapműveléskor a kisebb energiaigényből következően nő a területteljesítmény
- nem keletkeznek osztóbarázdák és bakhátak

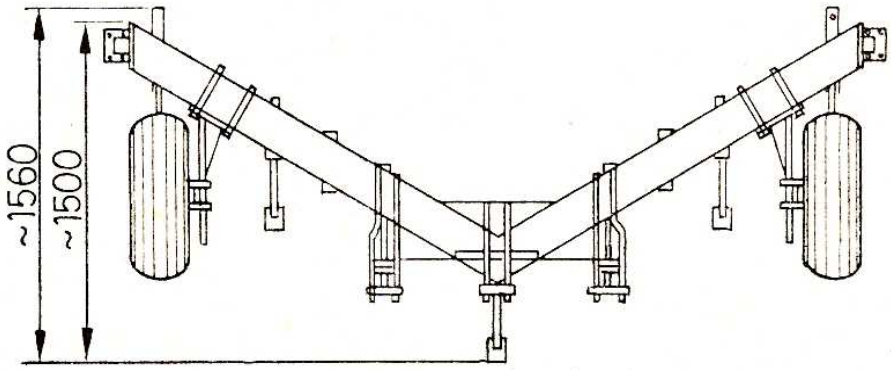
Mint minden technológiának ennek is megvannak a maga hátrányai is:

- túl nedves talajállapot esetén alkalmazva keni és károsan tömöríti azt - a túlságosan kiszáradt talajon alkalmazva túl nagy a vonóerő igénye, továbbá nagy rögök felszínre hozása a jellemző a munkájára
- ahol a növények élettevékenységének megszüntetése a feladat a lazító nem végez kielégítő munkát, mert a gyomirtó hatása kicsi

- lazításos alapművelés után a növényi maradványok nagy része a talajfelszínen marad vissza, ez a soron következő munkákat hátráltathatja

2.5.1. A középmély lazítókon alkalmazott keretszerkezetek

Hazánkban az 1970 – es évektől kezdődően alkalmaznak sikeresen különféle konstrukciójú lazítókat. A középmély lazítók függesztett vagy vontatott kivitelű gépek lehetnek (12. ábra). Készülhetnek „*I*”, „*V*” alakú vagy zárt keretszerkezettel, amelyek hegesztett szekrényes, négyzet keresztmetszetűek [58, 77]. A keret alsó részén lévő hegesztett szerszámtartó táskákba szerelik fel a gerinclemezeket, melyeket a leggyakrabban betéthüvelyes nyírócsavarral rögzítenek. Az újabb kialakításokon mechanikus vagy hidraulikus szerszámbiztosítás is tartozik a szerszámhoz az esetleges túlterhelések ellen. A keret szélére szerelik fel a kettő darab fokozat nélküli munkamélység állítást biztosító támasztó kereket. A függesztő állvány/vonó szerkezet alkalmassá teszi a gépeket a különböző traktor típusokhoz való csatlakoztatásra, mivel a függesztett gépeken a traktor felső függesztő karjaihoz három különböző bekötési pontot alakítottak ki. Továbbá a lezáróelem felfogóegységének elhelyezése is az adott kialakítású keretszerkezeten történik.



12. ábra „*V*” alakú kerettel, parabola gerinclemezekkel és lazító ékekkel felszerelt középmély lazító

Hazánkban a változtatható munkaszélességű lazító kifejlesztése Jóri és szerzőtársai nevéhez fűződik [39]. Jóri a járószerkezetnek a talajra gyakorolt hatásával, a környezetkímélő talajművelési módszerek vizsgálatával ma is behatóan foglalkozik.

Kaifás és szerzőtársai egy az eddigiektől eltérő működésű, úgynevezett térfogatlazítót konstruáltak [40]. Ez tulajdonképpen egy balos és egy jobbos Paraplow gerinclemezből áll, melyek oldala a haladási irányban 45°-ban élezett kialakítással készült. Ezek alul egy közös, 230 mm széles lazítóékkel vannak összefogva. A felső részen a gerinclemezeket a végükre hegesztett közös csőváz fogja össze. Ezen alakították ki a hárompont felfüggesztő szerkezetet. A gépek kizárólag függesztett kialakításban készülnek, a nagyobb kialakításúakon mélységállító kerék is van. A kísérleti gépeket lezáró elem nélkül alkalmazták. A gép kialakításából adódóan úgy dolgozik, hogy a gerinclemezek által közrefogott, a lazítóék által kivágott talajszelvényt teljes térfogatában megemeli és ugyanoda ejti vissza. A gép munkája révén a két szerszám között nem, viszont a csatlakozó húzások között átlazíttatlan kúp keletkezik.

2.5.2. Az alkalmazott gerinclemez kialakításokkal végzett vizsgálatok

A gépeken alkalmazott gerinclemezek egyenes, parabola vagy ferde kialakításúak lehetnek.

Plasse és társai elkészítették a keskeny lazító szerszám (ék+gerinclemez) agrotechnikai és energetikai paramétereinek meghatározására kidolgozott négy különböző eljárás számítógépes szimulációját [34]. A számított értékek ellenőrzését két különböző talajon, négy különböző nedvességállapotban végezték. Munkájuk során megállapították, hogy a talajszelvény deformációját négy paraméter befolyásolja legfőképpen: a szerszám geometriai jellemzői, talajjellemzők, a szerszám hatása az érintkező felületen és a felületi terhelés eloszlása.

A hazai kutatók közül Balaton foglalkozott a lazítók geometriai paramétereinek meghatározásával [8]. Ő ezzel a céllal vizsgálta a lazítás technológiai folyamatát és a szerszám – talaj kölcsönhatást. Azt állapította meg, hogy a kés (gerinclemez és lazítóék) ellenállása a szerszám méretétől és a talaj fizikai-mechanikai tulajdonságaitól függő eredő erőkből áll. A talajszelet leválasztása és aprítása a deformáció jellegétől függően szakítással, nyírással vagy nyomással mehet végbe. Ezt a talaj tulajdonságai, a talajszelet feszültségi állapotának jellege és a szerszám paraméterei határozzák meg döntően.

A lazítószerszám vontatási ellenállása a lazítóék, valamint a szerszámszár ellenállásából tevődik össze:

$$F_x = F_{xék} + F_{ks} \quad . \tag{10}$$

Ezeket az összetevőket felírva a következő összefüggéseket kapta [11]:

$$F_{xék} = \frac{a(a+b)\left[\frac{\gamma_f \cdot g \cdot a}{2}(1+0{,}2ctg\,\alpha)+c\left[1+ctg\left(45^\circ+\rho\right)\right]\right]}{1+tg\,(\alpha+\varphi)ctg\left(45^\circ+\rho\right)} \tag{11}$$

$$F_{ks} = (a-b)\left[k_1 \cdot b_{ks} \cdot \left(1+tg\varphi \cdot ctg\frac{\gamma}{2}\right)+2k_2 \cdot s \cdot tg\varphi\right] \quad . \tag{12}$$

Ahol:

- $F_{xék}$: a lazítóék vízszintes erőkomponenseinek összege [N]
- F_{ks}: a kés és a szár ellenállása [N]
- b: a lazítóék szélessége [m]
- α: ék vagy lazító szög [°]
- a: lazítási mélység [m]
- ρ: a talaj belső súrlódási szöge [°]
- φ: a talaj és a szerszám közötti súrlódási szög [°]
- h: a lazító ék magassága a barázdafenéktől [m]
- b_{ks}: a kés illetve szár szélessége [m]
- γ: az él szöge [°]
- s: a szár szélessége [m]
- k_1: a talajdeformáció fajlagos ellenállása
- k_2: a fajlagos talajnyomás az oldalfelületeken.

Homokos vályogtalajra végzett számítások szerint a vontatási ellenállást legfőképpen a talajkohézió (50-70 %), a kés ellenállása (20-25 %) és a szerszámszár oldalfelületeinek súrlódása (10-15 %) befolyásolja. A legkisebb a jelentősége a vontatási ellenállás szempontjából a talajszelet tömegének (10 %).

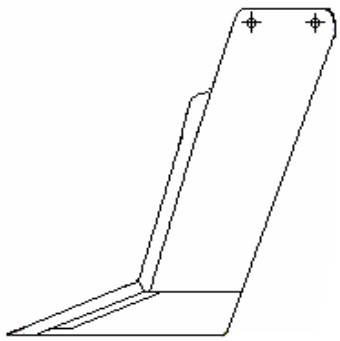
Más kutatók különféle gerinclemez-kialakításokat vizsgáltak az egyenestől a parabolikus kialakításokig [33, 35]. A gerinclemezek vontatási ellenállását vizsgálva eltérő körülmények között azt állapították meg, hogy az íves kialakítású szerszám vontatási ellenállása mindig a legkisebb. Tömörödött, nagy kohéziójú talajokon a különbség elérte a 7-20%-ot [32]. Megállapították, hogy a gerinclemez görbülete és az elérendő munkamélység között is van összefüggés, amely azonban a kedvezőtlen esetekben a vonóerő-különbségeket megfordíthatja.

Hazánkban 1984-ben Bánházi, Jóri és Soós végeztek szántóföldi összehasonlító méréseket különböző kialakítású lazító szerszámokkal

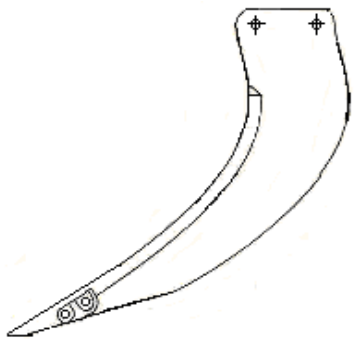
felszerelt középmély lazítókon. Ennek a munkának a részeként határozták meg a lazítottság mértékét jellemző viszonyszámot is [13]:

$$L = \frac{\Delta A}{Ao} \quad [\%]. \tag{13}$$

Vizsgálataik során a 13-17. ábrán látható gerinclemez típusokat szerelték fel lazítóékkel vagy szárnyas kialakítású lazító szerszámmal.

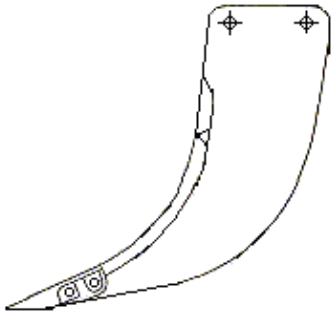


13. ábra. Egyenes szárú

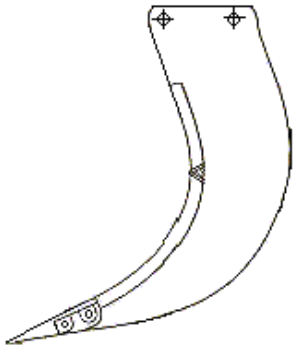


14. ábra. Parabola alakú

15. ábra. Hátrahajló lazítókés



16. ábra. Hagyományos lazítókés



17. ábra. Standard lazítókés

Ezeket a szerszámokat energetikai és munkaminőségi szempontokból hasonlították össze, mégpedig olyan céllal, hogy sorrendet állítsanak fel a különböző kialakítású lazító szerszámokkal felszerelt gerinclemezek között. A kések rangsorolását a Kindler-Papp-féle komplex összehasonlítási módszer segítségével végezték [45]. Aminek alapján az agranómiai és energetikai mutatókból egy értékelési tényezőt számítottak, amelyben a mért adatok egyszeresen vagy súlyozottan szerepelnek. A tényező értelmezése [13]:

$$k = \frac{v_h \cdot a \cdot L \cdot \Delta a}{F \cdot s_{a1}} \quad . \tag{14}$$

Jóri ezt a képletet kandidátusi értekezésében átdolgozta, így ennek alakja a következő lett:

$$k = \frac{v_h \cdot d \cdot \Delta A \cdot A_0}{F \cdot s_{a1}} \quad . \tag{15}$$

Ahol:

- v_h: gépcsoport haladási sebesség [km/h]
- a: munkamélység [cm]
- d: munkamélység [cm]
- L: lazítottság mértéke [%]
- Δa: felszínemelkedés [cm]
- F: fajlagos vontatási ellenállás [kN/m]
- s_{a1}: a lazított felszín egyenletessége [cm].

A talaj káros tömörítésének megszüntetésére, az eddig ismertetett hagyományosnak mondható megoldások mellett a 80-as években egy más elvű eljárással is megpróbálkoztak. Kísérleteik során Achilles, Araya és Gao a sűrített levegős talajlazítással foglalkoztak [1,5]. A lazítókésen két helyen –

az orrészen és a gerinclemez mögött levezetett csövön – magas nyomással levegőt fúvattak a talajba, ami által a talaj lazítottságának mértéke bizonyítottan javult. Ennek ellenére ez a technológia megmaradt továbbra is a kísérlet szintjén.

Hazánkba az 1990 – es években kerültek be az úgynevezett Paraplow kialakítású gerinclemezek [36]. Ezek jobbos és balos kivitelben készülnek, a gerinclemez végén véső alakú lazítótest van (18. ábra). A szerszám típus hazai általános elterjedése még várat magára. Jóri az ilyen fajta szerszámok alkalmazását nem javasolja, mivel a középső jobbos és balos szerszámok között nagyméretű átlazítatlan kúp keletkezik, ami agrotechnikailag nem megengedhető. Egy lehetséges megoldásként a szerszámoknak az ekegerendelyre történő felszerelését javasolja, így ugyanis megfelelő osztás esetén nem keletkezik közöttük túlzottan nagyméretű átlazítatlan talajrész. Megjegyzendő, hogy ezt a szerszámot eredetileg Koronka is ekegerendelyre tervezte és a Howard cég szabadalmaztatta.

18. ábra Paraplow szerszámokkal felszerelt középmély lazító [90]

Külföldön alkalmazott technológia az úgynevezett többrétegű középmély lazítás. Ennek lényege, hogy a lazítón az első szerszámsorban rövidebb, a második sorban hosszabb gerinclemezeket használnak. Ezáltal a szerszámok egymenetben két talajréteg egyenletes lazítását is elvégzik. Ennek alkalmazása azért előnyös, mert az alsó réteg mellett a felső réteg is jobb hatásfokkal történő lazításban részesül.

2.5.3. A lazítószerszám típusokkal folytatott vizsgálatok

2.5.3.1. A szerszám ellenállás meghatározására irányuló kísérletek

A többi hasonló kialakítású talajművelő elemhez hasonlóan a középmély lazító szerszámok is az ékhatás elve alapján dolgoznak. Ezek ék, véső vagy

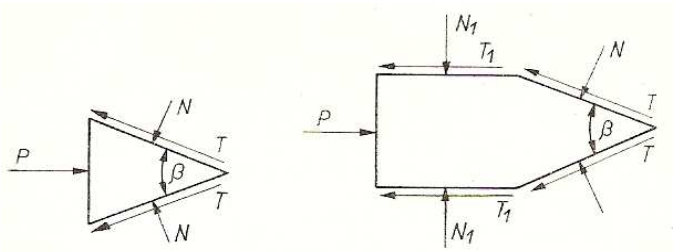
szárnyas formát követnek. Az ékhatás elvi működését Söhne írta le a legpontosabban [81] (19.ábra).
A kísérletei a lazítás folyamatának megismerésére, a talajban haladó szerszámra ható erők megállapítására és számítási módjának kidolgozására irányultak. Munkája sok későbbi kutatás kiindulásának számított.
A ferde szerszám egyensúlyi egyenletét a következők szerint állapította meg:

$$W = N_0 \cdot \sin\delta + \mu' \cdot N_0 \cdot \cos\delta + k \cdot b\,. \tag{16}$$

Ahol:

- W: lazítószerszám vontatási ellenállás [N]
- μ': talaj – fém súrlódási tényező
- N_0: a ferde szerszámra ható merőleges erő [N]
- k: egységnyi szélességre eső tiszta vágási ellenállás [N/m]
- b: szerszám szélesség [m]
- δ: szerszám állásszög [°].

Sitkei a kultivátor szerszámokra ható erők vizsgálata során ugyanezt állapította meg. Miszerint az ék ellenállását az ékre ható N normális erők és a T súrlódási erők összege adja.



19. ábra A Sitkei által vizsgált kettős ék profilok [75]

$$P = P_1 + P_2 = 2 \cdot N \cdot \sin\frac{\beta}{2} + 2 \cdot \mu_1 \cdot N \cos\frac{\beta}{2} \tag{17}$$

Az N értékeket a talaj deformáció fajlagos ellenállásának (k_1) és az ék felszínének (F_1) szorzataként fejezete ki. Továbbá a párhuzamos oldalakon jelentkező súrlódó erőt is figyelembe vette:

$$P = P_1 + P_2 + P_3 = 2k_1 \cdot F_1 \cdot \left(\sin\frac{\beta}{2} + \mu_1 \cos\frac{\beta}{2}\right) + 2k_2 \cdot \mu_1 \cdot F_2\,. \tag{18}$$

Ahol:

- P: az ék vontatási ellenállása [N]
- F_1: az ék felszíne [m^2]
- k_1: a talaj deformáció fajlagos ellenállásának [N/m^2]
- k_2: a fajlagos talajnyomás az oldalfelületeken [N/m^2]
- β: szerszám leélezés szög [°]
- μ_1: talaj – fém súrlódási tényező.

McKyes a lazítószerszám által történő talajvágás elméletével foglalkozott. Vizsgálatai alapján a lazítószerszám ellenállását a következő matematikai eljárással vezette le [23]:

$$P = \int_0^d \sigma_1 dz = \gamma \cdot g \cdot d^2 \cdot \frac{1}{2}(1+\sin\Phi)\left(1+\frac{\tan\Phi}{\tan\mu}\right) +$$
$$+ c \cdot d \cdot \cot\Phi\left[\left(\frac{1+\sin\Phi}{1-\sin\Phi}\right)-1\right] + q \cdot d\left(\frac{1+\sin\Phi}{1-\sin\Phi}\right) = \tag{19}$$
$$= \gamma \cdot g \cdot d^2 \cdot N_\gamma + c \cdot d \cdot N_c + q \cdot d \cdot N_q .$$

Ahol:

- ϕ: talaj repedési szöge [rad]
- γ, γ_f,, ρ: talajsűrűség [kg/m^3]
- d: művelési mélység [m]
- c: a talaj kohéziója [N/mm^2]
- q: felületi terhelés [N/m]
- N_γ, N_c, N_q: dimenzió nélküli számok, amelyek a talaj belső súrlódási tényezőjétől, a szerszám súrlódási tényezőjétől és a szerszám állás szögétől függnek.

Kaifás és szerzőtársai a kísérletek során a térfogat lazító vonóerő igényét a Gorjacskin képlet átdolgozásával határozták meg [42]:

$$F_x = K_B \cdot A + \tau_B \cdot S + \rho \cdot A \cdot v^2 \ . \tag{20}$$

Ahol:

- K_B: a talaj nyomószilárdsága lazításkor [N/m^2]
- A: a lazított talajkeresztmetszet területe [m^2]
- τ_B: a talaj nyíró szilárdsága [N/m^2]
- S: a nyírt talajkeresztmetszet területe [m^2]
- ρ: talaj sűrűség [kg/m^3]

- *v*: haladási sebesség [m/s].

Az egyenlet első tagja a talaj nyomási, a második a nyírási, a harmadik tagja a lazítón átáramló talajtömeg gyorsítási erőigénye vízszintes összetevőinek megállapítására szolgál. A tömegerő a teljes vonóerő igénynek 20-25% – a, a kutatók mérései szerint.

2.5.3.2. Lazítószög, szerszámszélesség hatásának vizsgálata

Sitkei a deformációs zóna és a szerszámra ható erők változását elemezve megállapítja, hogy az állásszög növelésével mind a vízszintes irányú talajellenállás, mind a függőleges reakciókomponens növekszik. Továbbá a lazítóék kialakításán és elhelyezésén kívül igen fontos szerepe van a gerinclemez formájának is.

A középmély lazító szerszámok kialakításának és elhelyezésének különböző adatait vizsgálta Spoor és Godwin laboratóriumi és szántóföldi körülmények között is. A lazítóék minden szerszámnál azonos méretű 75 mm széles és 22° állásszögű volt. Vizsgálataik alapján arra a megállapításra jutottak, hogy sekély munkamélységnél (30 cm) a talaj előre, oldalt és felfele mozog. Kiderítették, hogy a lazulás szöge keresztirányban 45°, de ez az érték csak akkor érvényes, ha a szerszámok a kritikus mélység felett dolgoznak. Mert ez alatti mélységben a lazítóhatás romlik, sőt a szerszám közvetlen környezetében talajtömörítés lép fel. A lazítószerszám által megművelt keresztmetszet méretét szárnyak felszerelésével növelték. Megfigyelték, hogy a szárnyak a kritikus mélység alakulására és természetesen a keresztmetszet növekedésére is pozitív hatással vannak. A 65 mm széles lazítóéknél tapasztalat 300-400 mm kritikus mélységet a 300 mm széles szárnyak 30-80 mm-rel megnövelték. A kritikus mélység függ a lazítóék szélességétől, állásszögétől, hosszától továbbá a talaj nedvességtartalmától és sűrűségétől.

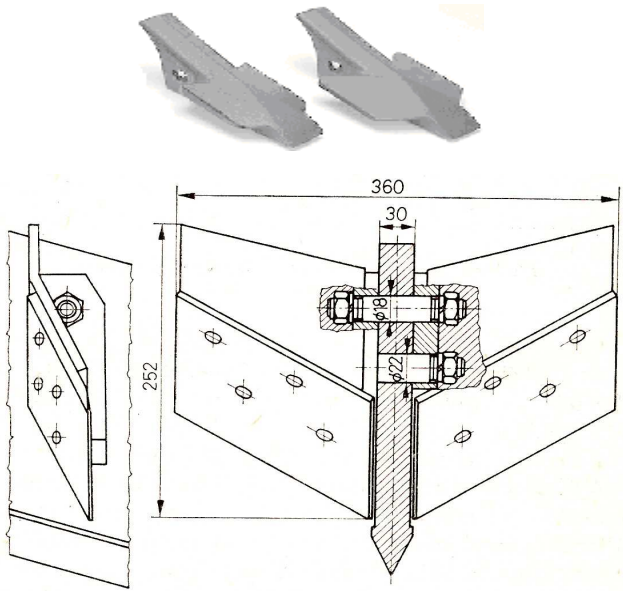
2.5.3.3. Szárnyas szerszámok vizsgálata

A szárnyak energetikai hatásának elemzése alapján azt is megállapították, hogy a 350 mm munkamélységtől, ahol az összes szerszám a kritikus érték fölött dolgozott a hagyományos szerszám ellenállás lényegesen kisebb, mint a szárnyas kialakításúaké. Ugyanakkor az ezek által megművelt keresztmetszet kétszerese volt a hagyományosénak. A munkamélység növelésekor a hagyományos szerszám által művelt keresztmetszet csökkent, mivel ez a mélység már meghaladta a kritikus értéket. Továbbá azt is

kiderítették, hogy a fajlagos vontatási ellenállás szempontjából a szárnyas szerszámok sokkal előnyösebbek (20. ábra).

20. ábra. Kísérleti szárnyas réteg lazító

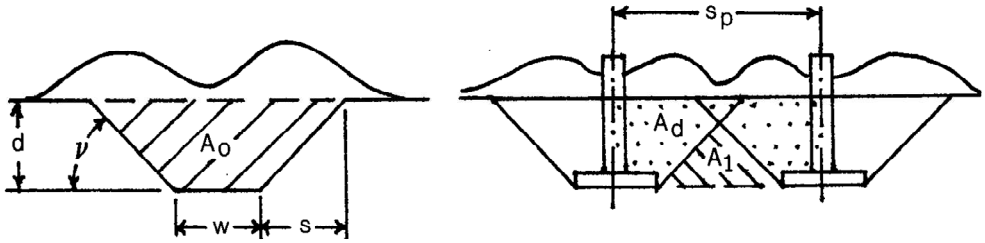
Vizsgálták a szárnyak geometriáját és elhelyezését is talajvályúban. Az átlazított keresztmetszet és a vontatási ellenállás elemzése alapján úgy vélték, hogy a 30-45 cm mélységtartományban a kedvező szárnyszélesség a munkamélység 0,7-0,8-szorosa a szárny elhelyezkedése viszont lényegesen nem befolyásolta a vizsgált paramétereket. A kedvező behúzó hatás érdekében viszont célszerű a szárnyat a lazítóék éle mögé helyezni (21. ábra).



21. ábra Különböző kialakítású lazítószerszámok

2.5.4. A szerszámok közötti átlazítás mértékének vizsgálata

McKyes a szárnyas lazító szerszámok egymás között történő átlazításának mértékével is foglalkozott (22. ábra),



22. ábra. Egy szerszám által meglazított felület jellemzői, valamint a két szerszám közötti kapcsolat [23]

amelyre az alábbi összefüggést dolgozta ki:

$$A_d = d \cdot s_p - A_1 = d \cdot s_p - \frac{1}{4}\left(s_p - w\right)^2 \tan \nu \qquad (21)$$

Ez alapján a szerszámok közötti átlazítás mértéke:

$$\frac{A_1}{d \cdot s_p} = \frac{\frac{1}{4}\left(s_p - w\right)^2 \tan \nu}{d \cdot s_p} = \frac{\frac{1}{4}\left(s_p - w\right)^2}{s_p \cdot s}. \qquad (22)$$

Ahol:
- Ad: a két szerszám által meglazított felület [m^2]
- A_1: szerszámok közötti átlazítatlan kúp felülete [m^2]
- s_p: szerszámosztás [m]
- w: egy lazítószerszám által húzott sáv beállított munkamélységben mért szélessége [m]
- ν: a lazítószerszám által húzott sáv oldalának vízszintessel bezárt szöge [°]
- s: a lazítószerszám által húzott sáv oldalának vízszintes alkotója [m].

Ez az összefüggés szárnyas lazítószerszámokra érvényes, viszont az ékes szerszámok közötti átlazítás esetére véleményem szerint nem ad pontos értéket.

Az egyedei szerszámvizsgálatok mellett elemezték a szerszámosztás távolság hatását is az átlazított talaj keresztmetszetre vonatkoztatva (2. táblázat).

2. táblázat Az osztástávolság változása

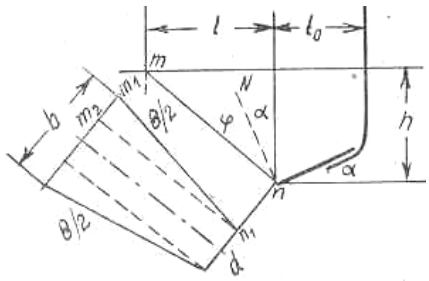
Szerszám típus	Osztástávolság, „*d*” munkamélységnél
Hagyományos szerszám	1 – 1,5d
Szárnyas szerszám	1,5 – 2d
Szárnyas szerszám + sekély vezetőszerszám	2 – 2,5d

A kapott azonos átlazítás melletti osztástávolság mértéke az előzőekkel összhangban alakult. Vagyis a sekély vezető szerszámmal kiegészített szárnyas szerszám osztása a legnagyobb, míg a hagyományos kivitelűé a legkisebb azonos mélység mellett.

A művelő szerszámok egymástól való távolságának számítására V. SZ. Zsegalov dolgozott ki egy formulát (23. ábra):

$$b = d + \frac{2h \cdot tg\,\frac{\Theta}{2}}{\cos\left(\varphi + \alpha\right)}. \qquad (23)$$

Ahol:
- *b*: a művelő szerszámok egymástól való távolsága [m]
- *d*: a művelő szerszám szélessége [m]
- *h*: művelési mélység [m]
- *Θ*: a szerszám által kimetszett talajszelet oldalának függőlegessel bezárt szöge [°]
- *α*: a művelő szerszám szögállása [°].



23. ábra. Magyarázó ábra a kultivátorkapák elhelyezéséhez [49]

Ugyancsak Spoor vizsgálta a keskeny, alacsony állásszögű lazítószerszámok átlazító hatását a munkamélység függvényében. Ez a vizsgálat azért is érdekes, mert ez a szerszámkialakítás a mezőgazdaságban széles körben elterjedt. Egyes kutatások szerint az átlazulás folyamata a talaj állapotától, a munkamélységtől, és a szerszámállás szögétől függ. Azt feltételezték, hogy az úgynevezett kritikus munkamélység alatt végzett lazítás során annak folyamata megváltozik, mégpedig oly módon, hogy a talajrészecskék a felfelé és előre irányuló mozgásból átmennek oldalirányú elmozdulásba. Ahhoz, hogy ezeket a feltételezéseket igazolni tudják, kidolgoztak egy sajátos módszert a talaj szemcsék mozgáspályájának vizsgálatához. A talajvályúban végzett vizsgálatok során 6 mm átmérőjű acélgolyókat helyeztek el a rétegesen lerakott talajszelvények közé. A golyók helyzetét 0,25 mm pontossággal mérték a művelés előtt és után Vernier-féle koordinátaíró berendezéssel.
A vizsgálatok azzal a megállapítással zárultak, hogy a talajrészecskék mozgásának két formája jelentkezik egyidőben, mégpedig függőleges és vízszintes elmozdulás. A függőleges elmozdulás során jól azonosítható, kis számú nyírósík alakul ki, amelyek eredményeként lazulás következik be. A vízszintes irányú elmozdulásnál kis nyírósík keletkezik sűrűség változással vagy anélkül, de a legtöbb esetben nem alakul ki teljes nyíródás. A függőleges irányú elmozdulások a kritikus mélység fölött, míg a vízszintes elmozdulások az alatt jelentkeznek.

2.5.5. Különböző munkamélységekben végzett vizsgálatok eredményei

Gill azt mondja, hogy a tömörödött réteg fellazítása a 20 – 25 cm mély szántással és a 10 – 15 cm mélységű szántás alá lazítással végezhető el a leggazdaságosabban [27]. A mélyítő szántás elvégzését is jó megoldásnak tartja, de ez napjainkra meglehetősen költséges eljárás lett, továbbá a káros sók esetenkénti felszínre hozása miatt ma már nem nagyon alkalmazzák. Alternatív megoldásként a 40 – 60 cm közötti lazítást javasolja. Gill a nagyobb hangsúlyt inkább a tömörödött réteg kialakulásának megelőzésére fekteti.

A talaj adott szélességű függőleges késsel és ékkel történő vágásánál és lazításánál az oldalirányú repedés csak bizonyos mélységig jön létre. Ezt nevezzük kritikus vágási mélységnek, amely mélységet túllépve a szerszám ellenállása jelentősen megnövekszik, a talajrészek pedig nem repednek le, hanem oldalirányban tömörödnek. Ekkor tehát nagymértékben romlik a végzett munka minősége, és ráadásul a hajtóanyag fogyasztás is ugrásszerűen

megnövekszik. Ezért ennek elkerülésére az üzemeltetés során fokozott gondot kell fordítani. Ha azonban a lazítás mélységét növelni akarjuk, akkor az éket olyan szélesre kell választani legalább, hogy a talajszelet leválasztása szakítással történjék. Balaton a kritikus munkamélység meghatározására egy közelítő eljárást dolgozott ki, melyben elsősorban a talaj fizikai és mechanikai tulajdonságait veszi figyelembe [8]:

$$H_{kr} = \frac{b\left[0{,}09\frac{\sigma_{ny}}{\sigma_b}(1+3tg\phi)-5\right]}{8{,}05+ctg\beta} \tag{24}$$

ahol:

- H_{kr}: kritikus lazítási mélység [m]
- b: ékszélesség [m]
- σ_{ny}: a talaj nyomószilárdsága [N/mm^2]
- σ_b: a talaj szakítószilárdsága [N/mm^2]
- ϕ: talaj repedési szöge [°]
- β: a szerszámállás szöge [°].

Balaton azt is megállapította, hogy a H = 0,5 m lazítási mélységhez legalább 0,2 m széles lazítóékre van szükség. Viszont meg kell jegyezni, hogy ilyen széles egyenes ék használata a talajvágáshoz nem ajánlható, helyette kedvezőbb az összetett ék vagyis a lazítószárny alkalmazása.
Ezekből a vizsgálataiból azt állapította meg, hogy a homokos vályogtalajon a lazítószerszám legkedvezőbb állásszöge β = 25°, a szárnyak nyílásszöge γ = 90-100°, a gerinclemez vastagságának és szélességének aránya b_{ks}/s = 0,1-0,125, a kés élezési szöge α = 40-50°. A gerinclemezt pedig előnyös görbített alakúra és egyenszilárdságúra gyártani.

Birkás vizsgálatai szerint a 30-35 cm mélységben elhelyezkedő vagy e mélységig terjedő tömődött réteg megszüntetésére (azaz a kultúrállapot rendszeres „karbantartására”) a középmély lazítók a legalkalmasabb gépek. A jelenlegi agrotechnikai gyakorlat a nagy teljesítményű, nehéz gépek használata. A kultúrállapot megőrzésének fontossága miatt a középmély (legalább 45 cm mélységig terjedő) lazítózás 2-3 évenkénti végrehajtása szükséges. A növényi sorrend megtervezésekor a lazítózás idejének előre tervezése is szükséges.

2.5.6. Különböző haladási sebességeken végzett vizsgálatok eredményei

A gépcsoport haladási sebességének a lazítottság mértékére gyakorolt hatását függvényszerű kapcsolattal, hazai körülmények között még nem jellemezték.

Sitkei a szántóföldi kultivátorokkal folytatott ilyen irányú kísérletei alapján megállapította, hogy a művelő szerszámok a deformációs zónán belül bizonyos mértékben aprítják is a talajt. Az aprítás annál nagyobb mértékű, minél több energiát nyel el a deformációs zóna. A sebesség növekedésekor a talajnak átadott energia a sebesség négyzetével növekszik, ezért a porhanyítás a sebesség növelésekor szintén nő. A szerszám előtti térben a fajlagos energia exponenciális összefüggés szerint oszlik el [73]

$$\Psi = -\beta \frac{m \cdot v_0^{\,2}}{2F} e^{-\beta x} \tag{25}$$

ahol:

- Ψ: a lazító szerszám előtti térben a fajlagos energia nagysága [J]
- m: a szerszám tömege [kg]
- v_0: gépcsoport haladási sebesség [m/s]
- F: a szerszám homlokfelülete [m^2]
- β: az adott talaj elnyelési tényezője.

Kacigin dinamikus aprítási folyamatot feltételezve kultivátoroknál, az aprítási fok – haladási sebesség kapcsolatát vizsgálva az alábbi kifejezéshez jutott (24. ábra):

$$k_a = 1 - \frac{1}{e^{v_0^{\,4 \ln \frac{1}{1-c}}}} \,. \tag{26}$$

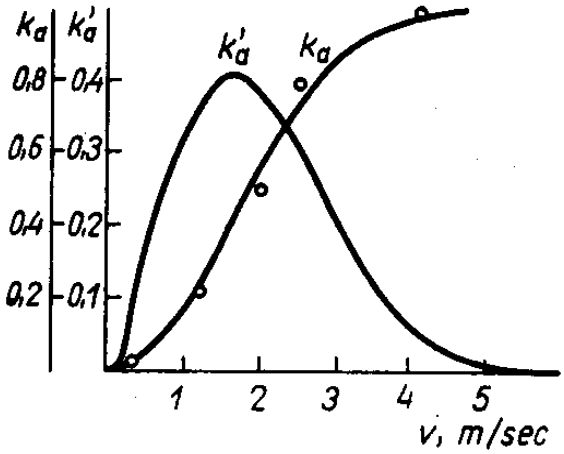
Az aprítási fok az alábbiak szerint számítható:

$$k_a = \frac{\phi_i - \phi_0}{\phi_{\max} - \phi_0} \,. \tag{27}$$

Ahol:

- c: az aprítási fok és a haladási sebesség közötti függvény kapcsolatban szereplő állandó
- k_A: aprítási fok
- $\varnothing_i$: a 3 mm-nél kisebb frakciók százalékos súlya.

A $Ø_o$-$Ø_i$ értéke kultivátorozás előtt, a $Ø_{max}$-$Ø_i$ maximális értéke (15-20 km/h sebességeknél).
A gyakorlatban a v_0 kitevője 2~2,2 értékre adódik, mert nem tiszta dinamikus aprítással van dolgunk.



24. ábra. Az aprítási fok és deriváltjának változása a sebesség függvényében [73]

2.5.7. Hazai típusú középmély lazítók vizsgálata különböző talajféleségeken

Birkás a kísérletei során különböző hazai lazító típusokat vizsgált különböző talajtípusokon. Mivel Birkás rendkívül fontos szempontként említi a talaj megfelelő nedvesség állapotát, amelynek értékeit – saját kutatási eredményei alapján – az 3. táblázat mutatja.

3. táblázat. A lazítás kedvező talajnedvesség tartománya [16]

Eszköz (típus)	Talaj-kötöttség (K_A)	Talajnedvesség [w/w %]
KML–3500 középmély lazító	35 – 50	12 – 17
IH–10–14 késes középmély lazító	45 – 50 55 – 65	10 –17 12 – 19
IH–10–14 szárnyas középmély lazító	35 – 50	9 – 17

2.5.8. Középmély lazítók és ekék között végzett összehasonlító vizsgálatok

Hazánkban Andrási és Kapocsi [4] RÁBA-IH-10-14 középmély lazítóval végeztek csernozjom és réti talajon vizsgálatokat. Eredményeik alapján arra a megállapításra jutottak, hogy mély, illetve mélyítő művelésre optimális vagy annál szárazabb talajállapot mellett az eke helyett jó eredménnyel használható a középmély lazító. Ennek oka az, hogy kedvezőbb talajállapotot hoz létre, mint az eke, és a szántáshoz viszonyítva körülbelül 10% idő – és hajtóanyag-megtakarítást jelent a lazításos technológia alkalmazása. A vizsgálatok alapján a kukorica termésmennyiségére a középmély lazítóval végzett, forgatás nélküli alapművelés szintén kedvező hatással van.

A 80-as években az egykori Szovjetunióban is intenzíven elkezdtek foglalkozni a középmély lazítók vizsgálatával, fejlesztésével és alkalmazásukkal. Sztarodinszkij J. és társai a hagyományos ekéket hasonlították össze a középmély lazítókkal. Az összehasonlításhoz a PCS – 4,5 típusú középmély lazítót alkalmazták, amelynek maximális munkamélysége 40 cm.

A kísérletek eredményeit pozitívan értékelték, mivel területteljesítmény és hajtóanyag fogyasztás kapcsán a középmély lazítók 12-17 % illetve 17-18 % -kal kedvezőbbnek bizonyultak.

Az egykori Szovjetunióban folytatott kísérletek eredményeiről Panov és társai adnak összefoglaló jellegű tájékoztatást. Ők az agrotechnikai követelmények kielégítésére olyan középmély lazítók tervezését tartották célszerűnek, amelyek mélységtartománya 20-50 cm, a gerinclemez osztástávolsága 300, 400 és 500 mm és felszerelhetőek ék és szárnyas kialakítású szerszámokkal is. Azt is megállapították, hogy a munkaminőség és az energiaigény elsősorban a munkaeszközöktől és a keret paramétereitől függ. A kritikus vágási mélységet nem szabad meghaladni, mert a munkaminőség és az energiafelhasználás csak így lehet kedvező. Ellenkező esetben csökken a talaj deformációs zónája, és egyúttal nő az energiaigény is. Az elméleti megállapításaik igazolására szántóföldi méréseket végeztek középkötött talajon a PN-8-35 függesztett ekével és a PCS-4,5 függesztett középmély lazítóval. Munkájuk során arra a következtetésre jutottak, hogy a középmély lazító területteljesítménye 22-23 cm mélységnél 62 %-kal, 33-34 cm mélységnél 12% -kal nagyobb, fajlagos vontatási ellenállása azonos körülmények között 34 % illetve 39 % -kal kisebb, mint az ekéké.

Az elméleti és a gyakorlati munka együttes eredményeként meghatározták a 45 cm mélységig használható középmély lazító szerszám alapvető paramétereit:

- gerinclemez dőlésszöge: $\alpha = 25 - 30°$
- gerinclemez hossza: $H_c = 700 – 750$ mm
- lazítókés szélessége: $b = 60\text{-}75$ mm
- lazítóék állásszöge: $\beta = 25\text{-}30°$
- szárny szélessége: $b_L = 240\text{-}350$ mm.

A gépüzemeltetők körében használatos technológia az ekére szerelt altalajlazító is. Ennek előnye, hogy a szántással egy menetben lazítást is végez, tehát nincs szükség külön menetben végzett altalaj lazítására.

25. ábra. Eketestre szerelt altalajlazító [91]

Ez az eszköz a szántás mélységében keletkezett tömörödött réteg megszüntetésére alkalmas (25. ábra). Az ekére szerelt altalajlazítók alakja a rendelkezésre álló vonóerőtől, a tervezett munkamélységtől, a megkívánt lazító hatástól és a megengedhető keverőhatástól függ. Vagyis azok az altalajlazítók a jók, amelyek:

- kis ellenállásúak, de jó a behúzó hatásuk a talajba
- kis munkamélységben is lehetőleg széles réteget lazítanak
- a lazított réteget nem keverik be a felszántott talajba.

Az utóbbi években nemzetközi szinten egyes egyetemeken a forgó lazító fejlesztésével kezdtek el foglalkozni. A Varsói Mezőgazdasági Egyetemen Maciej végez kutatásokat ez irányban [47]. A gép egymás mellett elhelyezett forgótárcsákra felszerelt lazítókésekből áll, a meghajtását az üzemeltető erőgép TLT jéről kapja.

Hasonló konstrukciójú forgó lazító kifejlesztésével már Godwin és Spoor, Hettiaratchi és Reece, McKyes, Swick és Perumpral is foglalkoztak. Eddig ezek a gépek megmaradtak a kísérlet szintjén, nem kerültek széleskörű felhasználásra a gyakorlatban.

2.6. A témához kapcsolódó villamosságtani alapfogalmak

2.6.1. Ohm törvénye

Ha két kapocs közé különböző anyagokból különböző hosszúságú és keresztmetszetű vezetéket kötünk, akkor azt tapasztaljuk, hogy

$$I = \frac{U}{R}, \text{ az összefüggésben } R = \rho \cdot \frac{l}{A} \quad [\Omega] \tag{28}$$

ahol:

- I: áramerősség [A]
- U: feszültség [V]
- R: Ohmikus ellenállás [Ω]
- ρ : fajlagos ellenállás [Ωm], vagy [Ωmm^2/m]
- l: a vezető hossza [m]
- A: a vezető keresztmetszete [m^2].

Ez Ohm törvénye.
Szokás a fajlagos ellenállás reciprok értékét is bevezetni, ezzel az ellenállás értéke [72]:

$$R = \frac{1}{\gamma} \cdot \frac{l}{A} \quad . \tag{29}$$

Ahol:

- γ : fajlagos vezetőképesség [1/Ωm].

Ha a keresztmetszetet mm^2 – ben, a vezetékhosszat méterben adjuk meg, akkor a fajlagos ellenállás, illetőleg a vezetőképesség dimenziója:

$$[\rho] = \Omega \cdot \frac{mm^2}{m}, \quad [\gamma] = \frac{1}{\Omega} \cdot \frac{m}{mm^2}. \tag{30}$$

A fajlagos ellenállás ilyenkor az 1m hosszú, 1 mm^2 keresztmetszetű vezeték ellenállását adja meg, a vezetőképesség pedig, minthogy

$$1 = \frac{1}{\gamma} \cdot \frac{l}{1}, \quad l = \gamma. \tag{31}$$

1 mm^2 keresztmetszet mellett azt a vezetékhosszat adja meg méterben, amelynek ellenállása éppen 1 Ω.
A különböző anyagok ellenállása függ a hőmérséklettől. A hőmérséklet növekedésével növekszik az atomok rezgésének amplitúdója, változik a szabad elektronok száma. Növekvő hőmérséklettel az ellenállás a fémeknél általában nő (előfordul az ellenkezője is), szén és folyadékok esetében csökken. Az ellenállás megváltozása a hőmérséklettel jó közelítéssel egyenesen arányos. [87]

2.6.2. Az elektromos tér és az áramsűrűség összefüggése

A véges keresztmetszetű vezeték belsejében haladó egyenáramról homogén vezető esetén feltételezzük, hogy egyenletesen oszlik el az egész keresztmetszet mentén. Így tehát a keresztmetszet egységén keresztülhaladó áram, vagyis az áramsűrűség (**J**) [74]:

$$J = \frac{I}{A} \quad [\mathrm{A/mm^2}]. \tag{32}$$

Véges kiterjedésű, tömör vezetőben térbeli áramlás jön létre. Amikor például egy áramforrás egyik sarkát földeljük és a földet használjuk az egyik vezeték helyett. Ilyenkor egy, az áramlás irányába eső igen kicsi d*l* hosszúságú és d*A* keresztmetszetű térrészre írjuk fel az Ohm-törvényt [74]:

$$dU = \rho \cdot \frac{dl}{dA} dI \ . \tag{33}$$

Ahol:

- dU : a kivágott vezeték homloklapjain mért feszültség [V].

Mivel

$$\frac{dU}{dl} = E, \qquad \frac{dI}{dA} = J, \tag{34}$$

általános esetben is felírhatjuk az

$$E = \rho \cdot J \tag{35}$$

ahol:

- E: villamos térerősség [V/m]

összefüggést. Minthogy a tapasztalat szerint az áramsűrűség és az elektromos térerősség iránya megegyezik, így a fenti skalár összefüggést vektor alakban is írhatjuk. Azaz:

$$E = \rho \cdot J, \quad J = \gamma \cdot E \ . \tag{36}$$

Ez az Ohm törvény differenciális alakban, és egyúttal a térbeli áramlás egyik alaptörvénye.

2.6.3. A folytonossági egyenlet

Bárhol a térben egy tetszés szerinti zárt felületet veszünk, akkor az azon be – és kiáramló töltések közötti különbség nyilvánvalóan a zárt felületben marad, tehát a térfogat töltését növeli. A be – és kiáramló áramok közötti különbség a térfogatban levő töltés időegység alatti megváltozását adja. **J** áramsűrűség esetén a zárt felület tetszés szerinti d**A** felületelemén az időegység alatt átáramló töltésmennyiség **J**·d**A**, ahol d**A** a felületelemvektor Ez akkor pozitív, ha az áramsűrűségnek van a felület pozitív normálisa irányába eső komponense. Az

$$\oint_A J \cdot dA \tag{37}$$

integrál tehát megadja az időegység alatt ki – és beáramló töltések különbségét. Ez a töltéskülönbség egyben a térfogatban lévő töltés időegység alatti megváltozása [74]:

$$\oint_A J \cdot dA = -\frac{\partial}{\partial t}\oint_V \rho \cdot dV \ . \tag{38}$$

Ahol:

- t: idő [s]
- V: vizsgált térfogat [m^3]
- ρ: töltéssűrűség [$A \cdot s \cdot m^{-3}$].

Ez az úgynevezett kontinuitási egyenlet integrális alakja. Tehát a töltések egy térrészben csak többletáram segítségével halmozódhatnak fel.

Gauss tétele szerint az egyenlet bal oldala a következőképpen írható:

$$\oint_A J \cdot dA = \int_V divJ \cdot dV \ . \tag{39}$$

Így tehát a folytonossági egyenlet:

$$\int_V divJdV = -\int_V \frac{\partial}{\partial t}\rho \cdot dV \ , \quad \int_V \left(divJ + \frac{\partial \rho}{\partial t} \right) dV = 0 \ . \tag{40}$$

Minthogy ez az összefüggés minden térfogatra fennáll, a következő alakban írható [74]:

$$divJ + \frac{\partial \rho}{\partial t} = 0 \cdot \tag{41}$$

Ez a folytonossági egyenlet differenciális alakja.
Ha olyan villamos jelenséggel állunk szemben, amelyeknél az időben minden állandó, tehát egy adott térrészben helyet foglaló töltés is állandó, és minthogy állandó, differenciálhányadosa nulla, akkor:

$$\oint_A J \cdot dA = 0 . \tag{42}$$

vagy differenciális alakban

$$divJ = 0 . \tag{43}$$

A folytonossági egyenlet segítségével megvizsgálhatjuk az áramsűrűségvektor normális komponensének viselkedését érintkező vezetők határfelületén. Ha a stacionárius esetben alkalmazzuk Gauss tételét akkor az alábbi összefüggéshez jutunk [74]:

$$\oint_A J \cdot dA = J_{n1} dA - J_{n2} dA = 0 \tag{44}$$

$$J_{n1} = J_{n2} .$$

Ahol:

- J_{n1}, J_{n2}: az áramsűrűség vektor normális komponensei 1. és 2. fém esetén [A/mm^2].

Vagyis az áramsűrűség normális komponense folytonosan megy át az elválasztó felületen. Ebből következik, hogy a térerő normális komponense viszont ugrik:

$$J_{n1} = \gamma_1 \cdot E_{n1} = J_{n2} = \gamma_2 \cdot E_{n2} \tag{45}$$

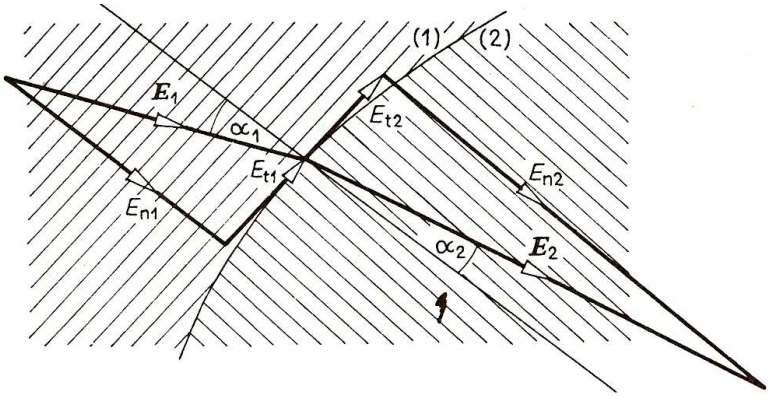
$$E_{n1} = \frac{\gamma_2}{\gamma_1} E_{n2} .$$

Ahol:

- E_{n1}, E_{n2}: a térerősség vektor normális komponensei 1. és 2. fém esetén [A/mm^2].

A vezetők határfelületein a J és E törést szenvednek úgy, hogy a $J = \gamma \cdot E$ egyenlet érvényben marad, és így a két vektor mindig párhuzamos. A törés törvénye a 26. ábra szerint:

$$\frac{tg\,\alpha_2}{tg\,\alpha_1} = \frac{\gamma_2}{\gamma_1}. \tag{46}$$



26. ábra Az áramsűrűség és az elektromos térerő törésének törvénye [74]

2.6.4. Az elektrosztatikus tér és a stacionárius áramlási tér közötti analógia

A stacionárius áramlási tér alapegyenlete a kontinuitás-egyenletből adódik:

$$div\mathbf{J} = 0. \tag{47}$$

Miután stacionárius esetben az **E** tér örvénymentes, így az **E** = $\rho \cdot$ **J** egyenlet felhasználásával írható:

$$rot\,\mathbf{E} = rot\rho \cdot \mathbf{J} = 0\,. \tag{48}$$

Ahol:

- ρ: fajlagos ellenállás [Ωm].

Ha a vizsgált tér homogén anyaggal van kitöltve, vagyis ρ állandó, akkor az utóbbi egyenlet alakja tovább egyszerűsödik:

$$rot\mathbf{J} = 0\,. \tag{49}$$

Az áramsűrűségre vonatkozó div **J** = 0, rot **J** = 0 egyenletek azonosak az elektrosztatikus **E** térre vonatkozó egyenletekkel töltésmentes terekben. A megoldás azonosságához a peremfeltételek azonossága is szükséges. Ez azt jelenti, hogy az áramsűrűség-vektor is merőleges kell legyen az elektródákra, mint ahogy a sztatikus elektromos térnél az elektromos tér vektora merőleges. Ha az elektródák vezetőképessége végtelen nagy az elektródák

közötti teret kitöltő közeg vezetőképességéhez képest, ez valóban fennáll. Ilyenkor ugyanis a külső térben:

$$J_{t2} = \frac{\gamma_2}{\gamma_1} J_{t1} \rightarrow 0, \text{ ha } \gamma_1 \rightarrow \infty. \tag{50}$$

Ahol:

- J_{t1}, J_{t2}: az áramsűrűség vektor érintő irányú komponensei 1. és 2. fém esetén [A/mm^2].

Az elektróda tehát valóban konstans potenciálú felület.
Ha veszünk egy kételektródás elrendezést azonos geometriával, két példányban. Továbbá ugyanazt a feszültséget kapcsoljuk mindkét esetben az elektróda párra: az egyik esetben egy áramlási tér, a másikban egy elektrosztatikus tér alakul ki. A térbeli áramlásnál U feszültség hatására folyó I összáram nagysága és az $R = U/I$ ellenállás érdekel bennünket. Az áramlási térben és a sztatikus térben a térerősség azonos mindenütt, mert az alapegyenleteken kívül a peremfeltételek is azonosak (27. ábra). Az összáram nagysága az áramlási térben:

$$I = \oint_A J \cdot dA = \oint_A \gamma \cdot E \cdot dA = \gamma \oint_A E \cdot dA \,. \tag{51}$$

Az E felületi integrálját viszont a sztatikus térben is számolhatjuk, lévén a két elektromos tér azonos:

$$\oint_A E \cdot dA = \frac{1}{\varepsilon} \oint_A D dA = \frac{Q}{\varepsilon} \,. \tag{52}$$

Ahol:

- ε: dielektromos állandó [A·s·V^{1}·m^{-1}]
- D: elektromos eltolás [A·s·m^{-2}]
- Q: elektromos töltés [A·s = C].

Így tehát

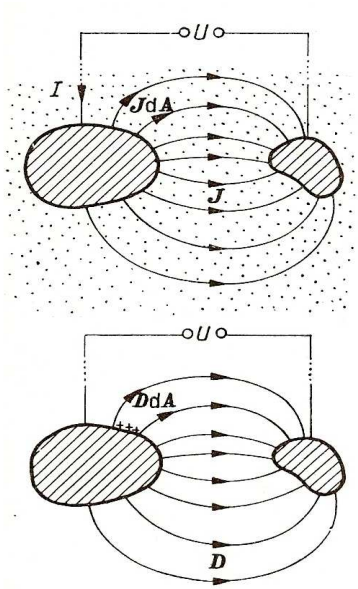
$$I = \frac{\gamma}{\varepsilon} Q \,. \tag{53}$$

Az ellenállás értéke:

$$R = \frac{U}{I} = \frac{U}{\frac{\gamma}{\varepsilon} Q} = \frac{\varepsilon}{\gamma} \frac{1}{C} = \rho \cdot \varepsilon \frac{1}{C} \tag{54}$$

ahol:

- C: a sztatikus elrendezés kapacitása [A·s·V^{1} = F].



27. ábra Az áramlási tér és a sztatikus tér közötti analógia [74]

Valamely földbe ásott r_0 sugarú gömb a végtelenhez képest U_0 potenciálon van. Ha a gömböt körülvevő anyag homogén és izotróp, az áramsűrűség a gömb felületén és minden ezzel koncentrikus gömbön is egyenletes lesz. Az áramsűrűség értéke egy r sugarú gömbön, ha az összes áram I

$$J = \frac{I}{A} = \frac{I}{4r^2\pi}, \tag{55}$$

és a gömbszimmetria következtében sugárirányú. A térerősség éréke ugyanott:

$$E = \frac{J}{\gamma} = \frac{I}{4r^2\pi\gamma} \ . \tag{56}$$

Ahol:

- γ: a föld fajlagos vezetőképessége [1/Ωm].

Ezen gömbfelület és a földelt gömb közti feszültség:

$$U = \int_{r_0}^{r} E dr = \frac{I}{4\pi\gamma}\int_{r_0}^{r}\frac{dr}{r^2} = \frac{I}{4\pi\gamma}\left[\frac{1}{r_0} - \frac{1}{r}\right] = \frac{I}{4\pi\gamma r_0}\left[1 - \frac{r_0}{r}\right]. \tag{57}$$

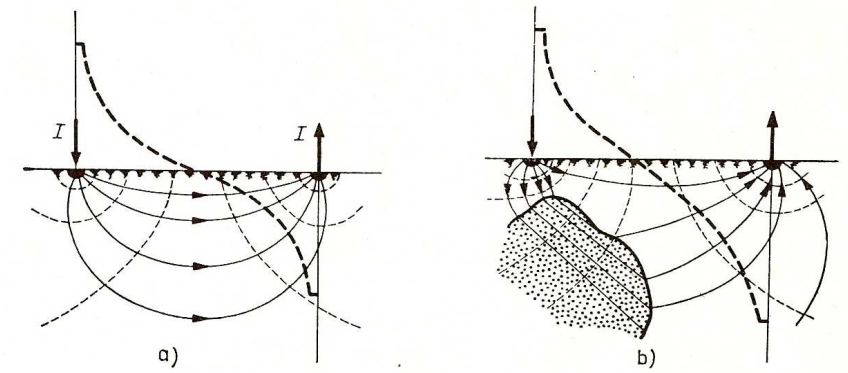
Ha $r \to \infty$, $U \to U_0$ (a gömb potenciálja)

$$U_0 = \frac{I}{4\pi\gamma r_0}. \tag{58}$$

Az $R = \frac{U_0}{I} = \frac{1}{4\pi\gamma r_0}$ kifejezést a gömb átmeneti vagy földelési ellenállásának nevezzük. Ebből a Veris 3100-as mérőberendezés adatgyűjtő egysége által szolgáltatott fajlagos vezetőképesség nagysága:

$$\gamma = \frac{I}{2\pi \cdot d \cdot U_0}. \tag{59}$$

A térbeli áramlás törvényszerűségeit a geofizikusok nagy eredménnyel alkalmazzák a nyersanyagkutatásban. A föld felületén mért potenciál eloszlásból a mélyebb rétegek összetételére lehet következtetni



28. ábra Az elektródák elrendezése [74]

Az 28. ábra szerint két elektródára feszültséget kapcsolva homogén közeg esetén az

$$U = \frac{I \cdot \rho}{4\pi}\left(\frac{1}{r_+} - \frac{1}{r_-}\right) \tag{60}$$

képlettel kifejezhető potenciáleloszlást kapjuk. Bármilyen inhomogenitás ezt az eloszlást megzavarja. A tér kiméréséből a zavaró közeg anyagára, geometriai elhelyezkedésére lehet következtetést vonni.

2.7. A szénmikorofon működése

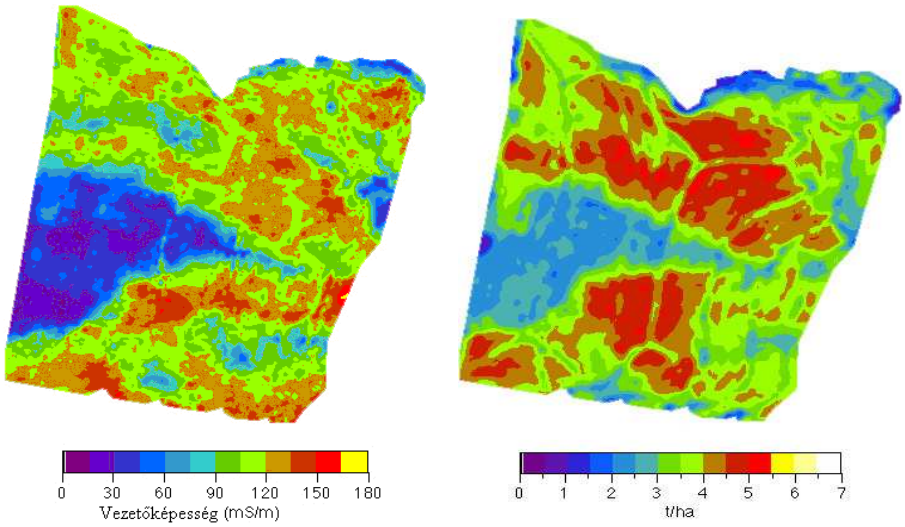
Ezt a példát azért mutatom be az alábbiakban, mivel analógiát vélek felfedezni a szénmikrofon testében az adott hangnyomás hatására különböző mértékben eltávolodó grafit részecskék és a lazítás hatására egymástól elszakadó talajrészek villamos árammal szembeni viselkedése között. Ez a tény elméleti hátteret adhat a további vizsgálati eredményeimnek.
Ez volt a legelső mikrofon típusok egyike. Melynek testében szénrészecskéket helyeztek el, mivel ennek az a tulajdonsága, hogy külső nyomásváltozás hatására megváltozik a villamos ellenállása. A részecskékhez kapcsolódó agy viszonylag nagy felületű lemez, amit membránnak hívnak. Ennek a feladata a hanghullám rezgéseinek az érzékelése. Amikor a mikrofont a hang terjedési irányába helyezzük, akkor a membrán a hang rezgéseinek megfelelő ütemben mozogni kezd. Ez a mozgás átadódik a grafitrészecskéknek oly módon, hogy azok vagy összenyomódnak, vagy eltávolodnak egymástól. Így a hangrezgéseknek megfelelően változik a grafit ellenállása. Ha a mikrofonra feszültséget kapcsolunk, akkor az Ohm-törvény értelmében változni fog a rajta átfolyó áram. Természetesen ez a váltakozó áram a hanghullámokkal azonos mértékben változik.

2.8. A talaj fajlagos villamos vezetőképessége és az egyes talaj jellemzők kapcsolatának vizsgálata

Újszerű mérési eljárás a mezőgazdaságban a talaj fajlagos villamos vezetőképességének mérése. Ez a tudománynak egy olyan területe, melynek kutatása most zajlik a világ számos egyetemén. A kérdés úgy vetődik fel, hogy ez a talajfizikai jellemző mely talajtani és egyéb fizikai jellemzőkkel van összefüggésben [54]. Ennek mérésére Amerikában fejlesztették ki a Veris és az EM típusú mérőberendezéseket [2,43].
A VERIS 3100 egy vontatott, tárcsaelektródás, GPS – szel felszerelt, szántóföldi mérésekre alkalmas mérőműszer (29. ábra).

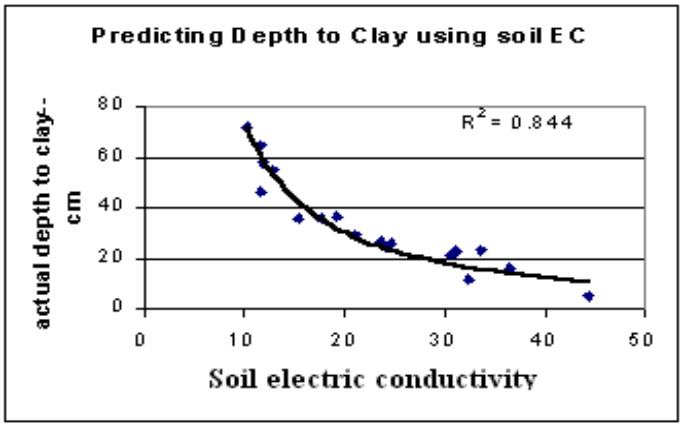
29. ábra. Veris 3100- as típusú tárcsaelektródás mérőberendezés [53]

Vetter és Rühling, a kieli egyetem kutatói azt vizsgálták, hogy a villamos vezetőképesség és bizonyos talajtani és kémiai jellemzők (humusz, pH, N, P_2O_5, K_2O, Mg, agyag, homok, nedvességtartalom, szárazanyag tartalom), továbbá adott növény adott területen produkált terméshozama között létezik-e összefüggés. Az alábbi ábrák hasonlósága a terméshozam és a vezetőképesség közötti összefüggésről ad képet (30. ábra).
Kísérletei során Rádics is hasonló eredményekre jutott [70].



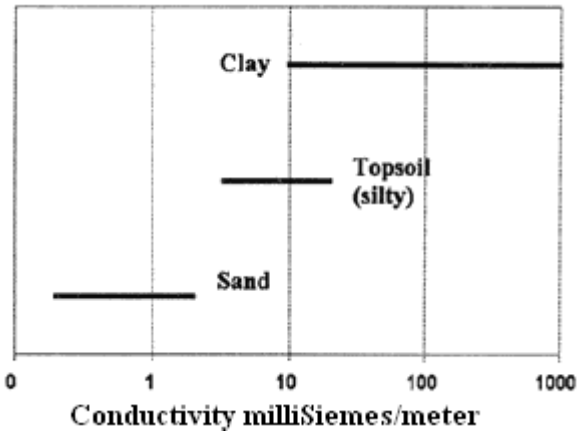
30. ábra. A vizsgálati terület vezetőképessége és terméshozama [52, 53]

Összefüggést állapítottak meg a vezetőképesség és az agyagtartalom között is (31. ábra).



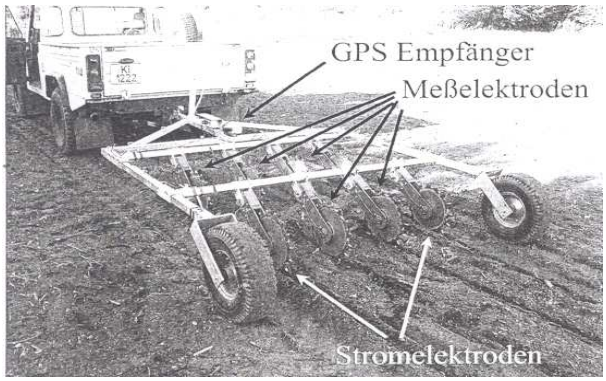
31. ábra. A vizsgálati terület agyagtartalma adott mélységben az ott mért vezetőképesség értékek függvényében [87]

Összefüggés mutatkozik a homok, az iszap, az agyag relatív mennyisége és a vezetőképesség értékek között (32. ábra). A talaj összetétele közvetlenül összefügg mind a víztartó képességgel, mind a kationcserélő kapacitással.



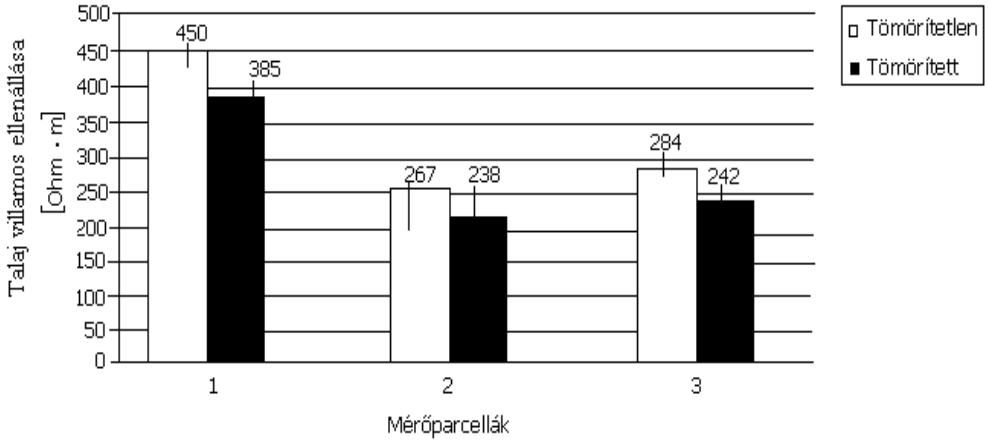
32. ábra. Az egyes talajszemcsék nagysága és a vezetőképesség-értékek kapcsolata [87]

Schwark, aki szintén a kieli egyetem kutatója a talaj fajlagos villamos ellenállása és a tömörség között keresett összefüggést [7]. Az ellenállás mérést egy általuk készített mérőberendezéssel végezte.



33. ábra. A Schwark által készített mérőberendezés mérés közben [7]

A mérést homokos vályogtalajon végezte, a parcellák 50 m távolságban helyezkedtek el egymástól, 20 m hosszúak és 5 m szélesek voltak. A fajlagos villamos ellenállást a tömörítés előtt kétszer mérte meg. Ezután egy 7,5 t tömegű traktort (a kerék mérete hátul 520/70 R 38 és 1,5 bar nyomás) 30-szor járatott át ugyanazon a nyomon, ezzel előidézve a talaj tömörítését. Ezután megmérte a tömörített talaj fajlagos ellenállást is ugyanazon a nyomon, mint a bolygatatlan talaj esetében (33. ábra).
A kísérlet eredményeként azt állapította meg, hogy a többször megtömörített talaj fajlagos villamos ellenállása jelentősen megváltozik a tömörítés hatására. Az első és a hármas mérőparcella ellenállása 15 %-kal, míg a kettesé 11 %-kal csökkent. Az egyes eltéréseket jelentős mértékűnek ítélem meg (34. ábra).



34. ábra. A mérővizsgálatok eredményei [7]

A mérési eredmények azt igazolják, hogy ha a talaj tömörödöttségének mértékét megváltoztatjuk, akkor ennek hatására jelentősen megváltozik az fajalgos ellenállása is.

A VERIS mérőberendezéseket gyártó cég az USA-ban egy erre a célra kijelölt kísérleti területén munkaminőség vizsgálatának céljára is alkalmazta ezt az eszközt. A vizsgálat során a VERIS 3100-at egy tárcsás borona után kapcsolta, amely a művelés ideje alatt folyamatosan mérte a talaj fajlagos villamos vezetőképességét.

Az eredmények alapján a kísérletről megjegyzik, hogy ennek révén hozzájuthatunk a talajműveléssel egy menetben a fajlagos vezetőképesség-értékekhez, melyek a műveléssel előidézett változásról adnak tájékoztatást (35. ábra).

35. ábra. A VERIS 3100 típusú mérőműszer munkaminőség vizsgálatára történő alkalmazása [87]

Ezekből az eredményekből arra következtetek, hogy a lazításos alapművelés hatására is tapasztalható lesz bizonyos változás a talaj fajlagos villamos vezetőképességét illetően.

3. A VIZSGÁLATOK KÖRÜLMÉNYEI

3.1. A munkaminőség vizsgálatának körülményei

4. táblázat. Vályogtalajon végzett vizsgálatok körülményei

A vizsgálat helyszíne	Családi mintagazdaság, Hatvan, József-major
Vizsgálat ideje	2006. július hó
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

5. táblázat. Agyagos vályogtalajon végzett vizsgálatok körülményei

A vizsgálat helyszíne	Családi gazdaság, Marcali
Vizsgálat ideje	2007. augusztus hó
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

6. táblázat. Homokos vályogtalajon végzett vizsgálatok körülményei

A vizsgálat helyszíne	SZIE – MKK, gyakorló gazdaság, Szárító-puszta
Vizsgálat ideje	2007. július hó
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

7. táblázat. A vizsgálatokon szerepeltetett traktor típusok

Megnevezés	**Traktortípus**		
	Fiat 180-90 Turbo DT (1)	**John Deere 7630 (2)**	**New Holland TM 190 (3)**
Motor teljesítmény	135 kW	135 kW	143 kW
Járószerkezet	kerekes (segédmellső-kerék hajtású)	kerekes (segédmellső-kerék hajtású)	kerekes (segédmellső-kerék hajtású)

8. táblázat. A vizsgálatokon szerepeltetett középmély lazítók műszaki jellemzői

Megnevezés		**Középmély lazító típus**		
		„*I*” alakú kerettel (1)	**Metalwolf, „*I*” alakú kerettel (2)**	**„*V*” alakú kerettel (3)**
Teljes	**- szélesség** [mm] **- magasság** [mm]	3300 1600	1200 1000	2300 1500
Keretmagasság [mm]		850	770	750
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 [°]		25	25	25

A munkaminőség vizsgálatokon szerepeltetett gépcsoportok:

36. ábra. Fiat 180 – 90 Turbo DT az öt késes lazítóval (1)

37. ábra. John Deere 7630 a két késes lazítóval (2)

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 25° - os szögben leélezett, 60 mm széles lazítóék. Ez a süllyesztett fejű csavarokkal a gerinclemez aljára felfogott hegesztett táskára illeszkedik. A lazítóék cserélhető.

38. ábra. New Holland TM 190 az öt késes lazítóval (3)

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.

3.2. Az energetikai vizsgálat körülményei

9. táblázat. A vizsgálat körülményei

A vizsgálat helyszíne	SZIE GEK kísérleti területe
Vizsgálat ideje	2007. június hó
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

10. táblázat. A vizsgálaton szerepeltetett traktor típus jellemzői

Megnevezés	**Traktor típus**
	CASE IH 7210
Motorteljesítmény	98 kW
Járószerkezet	kerekes (segédmellső-kerék hajtású)

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

Megnevezés		**Szerszám típusok**		
		Kühne	**Jympa**	**Paraplow**
Gerinc-lemezek	**- szélesség** **- hosszúság**	30 mm 1200 mm	25 mm 800 mm	20 mm 750 mm
Lazítószerszám típusa		szárnyas	ék	vető
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

A szerszám vizsgálaton szerepeltetett gépcsoport:

39. ábra. CASE IH 7210 vizsgálat közben

A vizsgált lazító szerszámok:

40. ábra. Paraplow típusú középmély lazítószerszám

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 hasított szeg segítségével a véső alakú lazítótest, aminek mindkét vége 23°- ban élezett (40. ábra).

41. ábra. Parabola gerinclemez, szárnyas lazítószerszámmal

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 (41. ábra).

42. ábra. Egyenes szárú gerinclemez, lazítóékkel

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 (42. ábra).

A vizsgálatok során az időjárás végig száraz, napos volt, a légköri hőmérséklet pedig 32±2 °C volt.
A kísérleti területekről a szalmát teljesen letakarították, csak a 10-15 cm magasságú gabonatarló volt, mint származadvány. A területek mindegyikén csak olyan kis méretű és mennyiségű gyomok voltak, hogy azoknak a mérési eredményekre semmilyen befolyásoló hatása nem volt.

4. A VIZSGÁLATOK ANYAGA ÉS MÓDSZERE

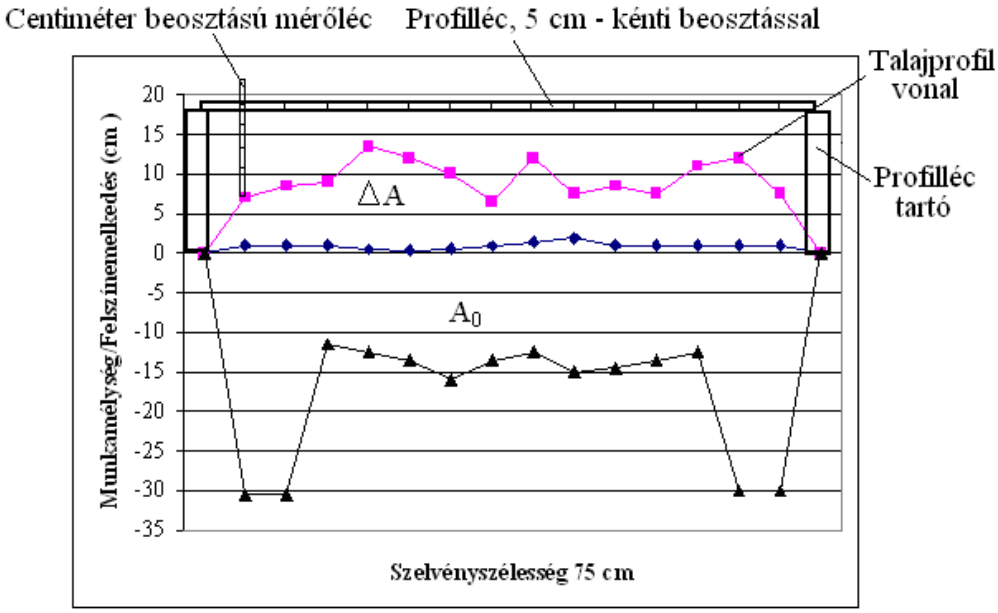
4.1. A munkaminőség vizsgálatának anyaga és módszere

A lazító szerszámok munkamélységének mérésére a hagyományos módszert alkalmaztam. A szerszám után az érintetlen talaj síkját a fellazított talajba benyúlva mérőléc segítségével jelöltem ki, majd ettől számítva 0,5 cm pontossággal mértem a szerszám munkamélységét, ötszörös ismétléssel.

A szerszám munkaszélességét a megmozgatott talajfelszínen mérőléccel határoztam meg.

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.



43. 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 (43. 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 a 43. 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.

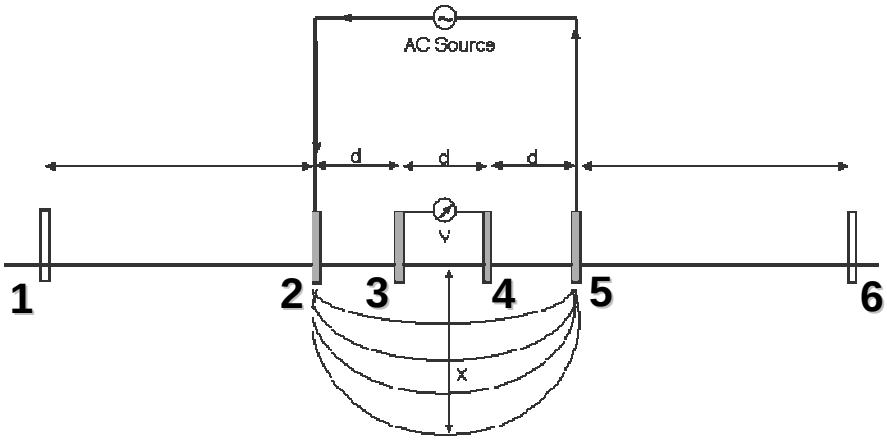
Vizsgálataim során a középmély lazítók munkaminősége és a talaj fajlagos villamos vezetőképessége között kerestem összefüggést. Abból az okból mivel a talajlazításhoz kapcsolódóan az irodalom számos olyan faktort említ (nedvességtartalom, szemcseösszetétel, talaj tápanyagtartalom, lazítást végző gépcsoport haladási sebessége, munkamélység), amely megítélésem szerint mind a lazítottság mértékére (L), mind a fajlagos villamos vezetőképességre (χ) hatást gyakorol. [73] Továbbá a talaj villamos jellemzői közül ezt tudom folyamatos adatgyűjtésre képes berendezéssel mérni.

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.

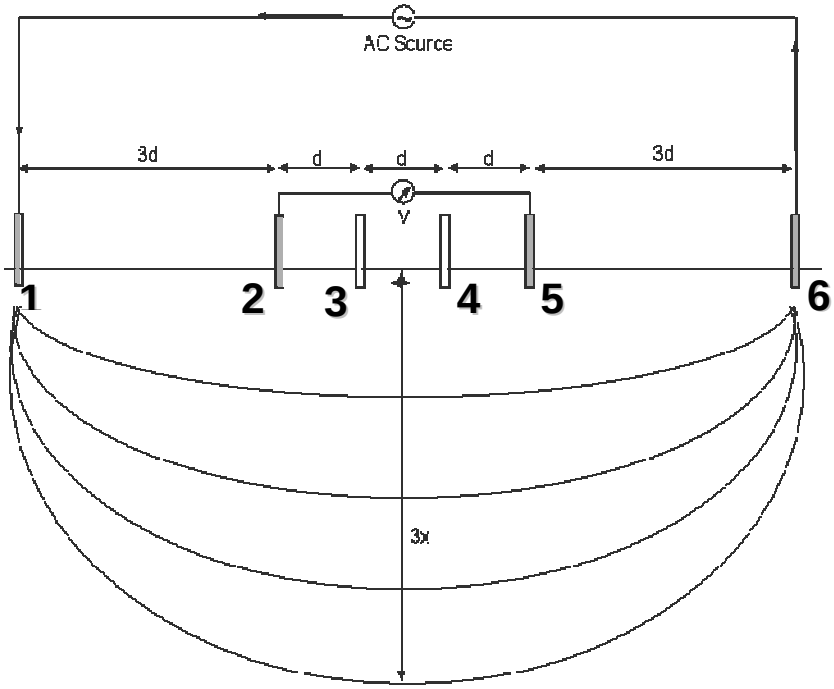
A kísérleteimet szántóföldi körülmények között hajtottam végre. Ennek során a talaj fajlagos villamos vezetőképességének meghatározásához minden kísérleti területen, minden talajállapotban az FVM – MGI tulajdonát képező, amerikai gyártmányú Veris 3100 típusú berendezést használtam, melyet MTZ-82 típusú erőgéppel üzemeltettem. (47. ábra) A mérőrendszer működéséből adódóan vizsgálataim során a középmély lazítást 25 – 45 cm mélységtartományban hajtottam végre.



44. ábra. A Veris 3100 típusú mérőberendezés által történő fajlagos villamos vezetőképesség-mérés a sekély (30 cm) rétegben [18]

A felső 30 cm-ben történő mérésnél a 44. ábrán történő elektróda elrendezéssel, a 3-as és 4-es elektródák mérik a feszültséget, a 2-es és az 5-ös elektródák pedig az ebben a mélységben tapasztalt konductivitást mérik.

Ebben az esetben az 1-es és 6-os elektródák kikapcsolt állapotban vannak [91].



45. ábra. A Veris 3100 típusú mérőberendezés által történő fajlagos villamos vezetőképesség-mérés a mély (90 cm) rétegben [18]

Az alsó 90 cm-ben a 45. ábrán történő elektróda elrendezéssel, a 2-es és az 5-ös elektródák feszültséget mérnek, míg az 1-es és 6-os elektródák az ebben a rétegben érzékelt konduktivitást jelzik. Ekkor a 3-as és 4-es elektródák vannak kikapcsolt állapotban. Az elektródák működését a mérés során az üzemeltető erőgép fülkéjében elhelyezett központi vezérlőegység irányítja. A gép mindkét mélységben történő fajlagos vezetőképesség mérés esetén jó közelítéssel félgömb geometriájú mintát vizsgál.
A Veris 3100 egy olyan, traktorral vontatható mérő egység, amely egy DGPS elven működő GPS segítségével gyűjti a talaj fajlagos villamos vezetőképességét mutató adatokat. Így ezek az értékek az adott pont koordinátájával együtt válnak ismertté. A mért adatokból térképészeti program segítségével digitális térkép is rajzolható. Én a méréseimhez a DGPS jeleket nem használtam, mivel nekem nem a talajtérképre, hanem a számszerű fajlagos vezetőképesség adatokra van szükségem a statisztikai

értékelés miatt; tekintettel arra, hogy a hagyományos módszerrel mért lazítottság mértéke is egy számadat. [91]
A járó kerekekhez képest a gépkeret a tárcsákkal együtt az üzemeltetés során kihelyezett hidraulikus munkahengerrel emelhető és süllyeszthető. A síktárcsa elektródák a haladási iránnyal nem zárnak be szöget és csak 4-5 cm mélységben hatolnak be a talajba, ezért mérés után a talaj továbbra is bolygatatlannak tekinthető.
A Veris mérőberendezés olyan, két keréken gördülő, a traktor vonórészéhez csatlakozó zárt keret, amelyre a tárcsaelektródák egymás mellé vannak felszerelve. A 2, 3, 4, 5-ös elektródák egymástól állandó (*d*) távolságra vannak, viszont az 1-es elektróda a 2-estől és az 5-ös elektróda a 6-ostól 3*d* távolságra esnek. A csapágyazott tárcsákon keresztül - melyekhez a jelkábelen keresztül jut az áram - hatol a mérőáram a talajba, illetve történik meg a feszültségesés érzékelése.
A kísérletek során a Veris működéséhez szükséges 12 V feszültséget az üzemeltető erőgép szolgáltatja az elektromos csatlakozóján keresztül, amit a mérőberendezés váltófeszültségű mérésre használ fel. 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 [18, 74]:

$$\rho = 2\pi \cdot d \cdot R = 2\pi \cdot d \cdot \frac{U}{I} \qquad [\Omega\text{m}]. \tag{61}$$

A (61) képlet az egységnyi elektróda távolságra (*d*) vonatkozik, a 2π pedig jó közelítéssel a talajmintán keresztül záródó áramkörben az áram által megtett út hossza radiánban. A vizsgált talajminta közelítéssel félgömb geometriájúnak mondható [7]. Nyilván a fajlagos villamos ellenállás (ρ) a tárcsaelektródák közötti távolsággal egyenes arányban változik.
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 [18]:

$$\chi = \rho^{-1} = (2\pi \cdot d \cdot R)^{-1} = \frac{I}{2\pi \cdot d \cdot U} \qquad [\text{mS/m}]. \tag{62}$$

Ahol:

- χ: a talaj fajlagos villamos vezetőképesség [Ωm]
- ρ: a talaj fajlagos villamos ellenállása [Ωm]
- d: a tárcsa elektródák távolsága [m]
- U: a feszültség nagysága [V]
- I: az áramerősség nagysága [A].

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]. A vezetőképesség mérést mindegyik talajállapotban, minden ismétlés esetén egyszer szükséges elvégezni. E módszerrel végzett fajlagos vezetőképesség mérés esetén lehetséges a két fajta lazítottság mérési eljárás összehasonlítása.

A kísérletek során minden esetben első ízben megmértem a kijelölt mérőszakaszokon a talaj fajlagos villamos vezetőképességet. Majd ezután elvégeztem a középmély lazítást (46. ábra).

46. ábra. A középmély lazítást végző gépcsoport

Végül a fellazított mérőszakaszok talaján ismét elvégeztem a fajlagos villamos vezetőképesség mérést a fentiekben részletezett módon.

47. ábra. A fajlagos villamos vezetőképesség mérése lazított talajon

A Veris által gyűjtött adatokat a tárolóegység mS/m -ben rögzítette. Ez a részegység az üzemeltető erőgép vezetőfülkéjében került elhelyezésre, melyből az adatok számítógépes lemezre tölthetők olyan formátumban, amely kompatibilis táblázatkezelő programokkal.

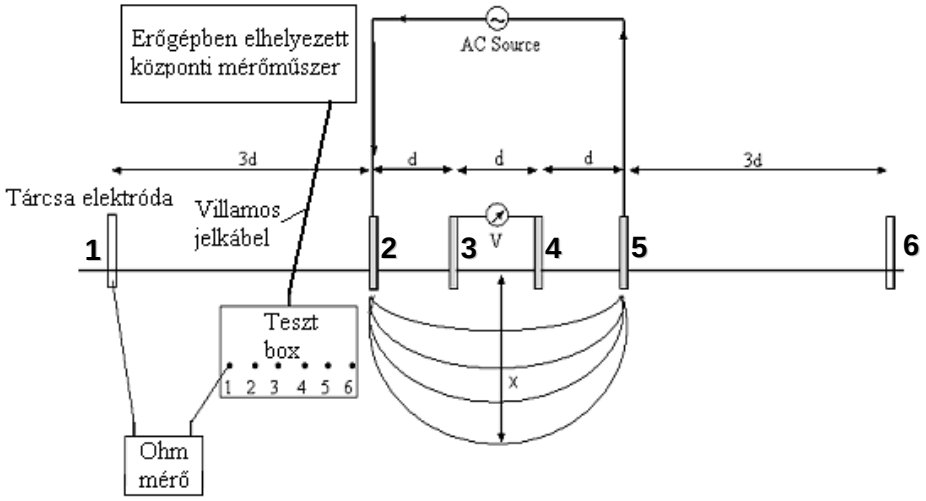
4.2. A Veris 3100 mérőrendszer kalibrálása

A mérőrendszer kalibrálása két részből tevődik össze.
Az egyik az adott elektródák által, sekély – és mély rétegben mért vezetőképesség értékek helyességének ellenőrzése. Ehhez tesztellenállásra, a jelkábelre és a központi mérőműszerre van szükség. A felsorolt eszközöket a 48. ábrán látható módon kell csatlakoztatni.

48. ábra. A központi mérőegység csatlakoztatása a kalibráláshoz

A mérőegységen be kell kapcsolni az adatkapcsoló gombot, és be kell lépni a „kalibrálás” menübe. A gyári adatok alapján a műszernek a sekély rétegben mérő tárcsákon 14 mS/m –t, a mély rétegben mérőkön 21 mS/m -t kell mutatnia. Továbbá a gyártó előírása szerint az eltérés ezektől az adatoktól nem lehet nagyobb sem sekély, sem mély rétegben 1 mS/m -nél. A rendszer a kalibrálási folyamat során a sekély rétegben mérő tárcsákon 13,7, a mély rétegben mérőkön 20,4 mS/m -t mutatott, melyeket elfogadható, helytálló adatoknak ítélek meg.

A kalibrálás másik része az elektródák ohmikus ellenállásának méréséből áll. A mérés megkezdése előtt a műszert át kell szerelni szállítási helyzetbe, és az áramellátó tápkábelt csatlakoztatni kell az erőgéphez. Ezt követően ellenőrizni kell az elektródák szigetelésének épségét valamint azt, hogy a tárcsaelektródákkal semmilyen más fém alkatrész ne legyen kapcsolatban. Az eljárás elvégzéséhez szükséges eszközök: a gyártó által biztosított ellenállásdoboz, melyen minden elektróda méréséhez külön kivezetés található és a villamos ellenállást mérő műszer. A felsorolt elemek kapcsolása az 49. ábrán látható.



49. ábra. Az eszközök kapcsolási rajza az 1. elektróda vizsgálata esetén [91]

Az ellenállásmérő műszer pozitív csatlakozóját az ellenállás doboznak a tárcsa számmal megegyező számú kivezetéséhez kell csatlakoztatni. A műszer negatív kivezetését a megfelelő számú tárcsa elektródához kell kapcsolni. Az ellenállásmérőn pedig az értékek közvetlenül leolvashatók. Így az ellenállás mérés tárcsánként, balról jobbra haladva a műszeren elvégezhető. Ebben az

esetben is a gyártó cég által előírt értéket vettem alapul, miszerint a tárcsaelektródák ohmikus ellenállása nem lehet nagyobb, mint 2 Ω (12. táblázat). A hat tárcsaelektródán rendre a következő adatokat mértem.

12. táblázat. A tárcsaelektródák ohmikus ellenállása

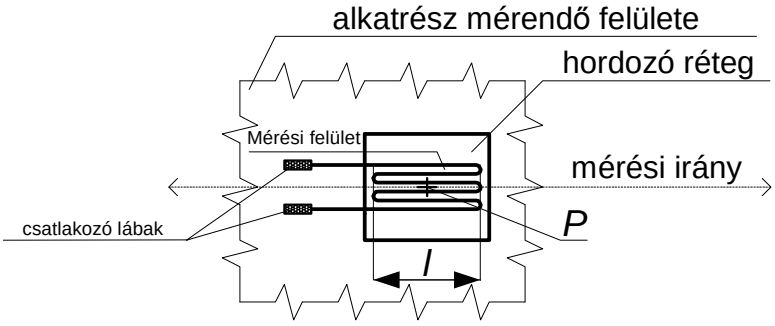
Elektródaszám	1.sz.	2.sz.	3.sz.	4.sz.	5.sz.	6.sz.
Gyári ellenállás adat [Ω]	2	2	2	2	2	2
Mért ellenállás [Ω]	1,9	1,5	1,3	0,9	1,6	1,6

A mért adatokat ebben a fázisban is elfogadhatónak ítéltem meg.

4.3. Az energetikai vizsgálat anyaga és módszere

A kísérleti lazító szerszámok vonóerő igényének meghatározását egy CASE IH 7210 traktorral végeztem. Annak érdekében, hogy az egyes lazító szerszámokat vizsgálni tudjuk, egy egy szerszám befogására és különböző mélységekben történő, minden fajta szerszám kialakítás üzemeltetésére alkalmas mérőkeretet alakítottam ki a Mechanikai és Géptani Intézet műhelyében (39. ábra) [62].
Ehhez az erőgép mindkét alsó függesztőkarja, és a 3. pont felfüggesztése (támaszorsó) is nyúlásmérő bélyeggel vannak ellátva (50. ábra).

A nyúlásmérő bélyeg egy villamos szigetelőlapra a hordozó rétegre rögzített elektromos vezető huzal, amelynek felületére a külső behatások kizárására egy védőborítást vittem fel. A nyúlásmérő bélyeget, az igénybevétel nélküli alkatrész mérendő „*P*” pontjára ragasztottam, illetve annak szabad felületére.



50. ábra A nyúlásmérő bélyeg vázlata a mérendő felület „*P*” pontjára ragasztva

Megfelelően rugalmasnak és erősnek kell lennie a ragasztónak és a hordozó rétegnek ahhoz, hogy a mérendő alkatrész nyúlását át tudja vinni a mérőellenállásra.

A tapasztalat szerint a vonóerő mérés során alkalmazott nyúlásmérő bélyegekre a „bélyeg egyenlet”

$$\frac{\Delta R}{R} = k_o \varepsilon \text{, alakú,} \qquad (63)$$

ahol:

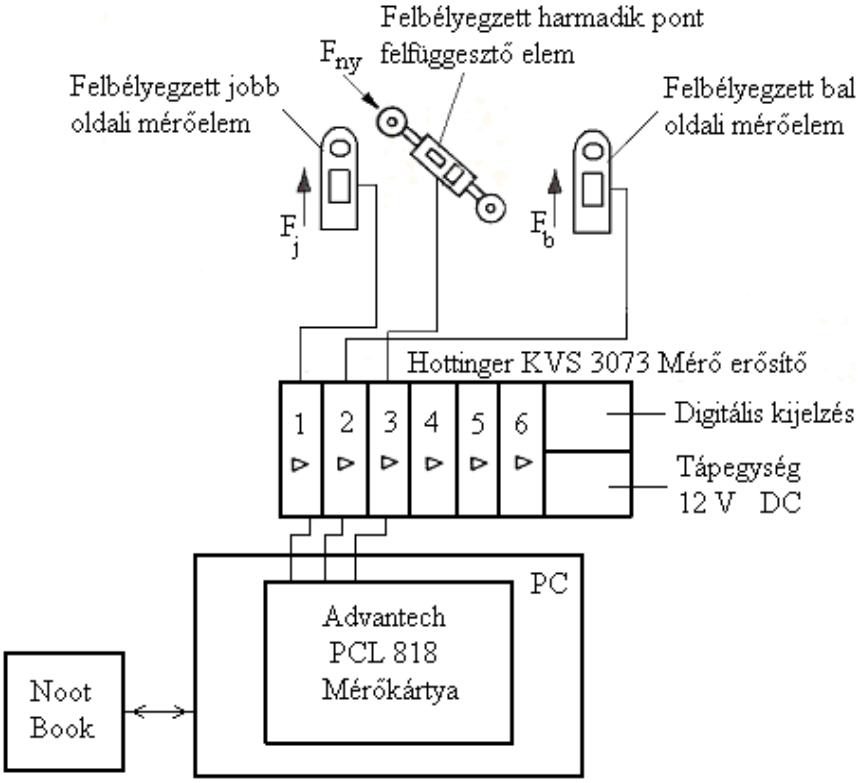
- ΔR: az ellenállás változás [Ω]
- R: Ohmikus ellenállás [Ω]
- k_o: a bélyeg nyúlási tényezője
- ε: fajlagos nyúlás.

A k_o értéke 2-2,1 között van. A mérési hőmérséklettartományuk -10….+100 °C, élettartamuk 10^6 - 10^7.

A nyúlásmérő bélyegek által adott jeleket Hottinger KWS 3073 mérőerősítőn keresztül a mérésnél is használt számítógépen rögzítettem. Így mérhetővé vált a vonóerő elemenkénti értéke, ami az egyes szerszámok terhelésének, illetve az erőgépre kifejtett hatásának meghatározásához szükséges.

Az energetikai jellemzők mérése során leírt, valamennyi jeladótól kapott érték az erőgép mellső pótsúlyra felhelyezett erősítő - mérésadatgyűjtő rendszerre kapcsolódott (51. ábra). 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.

Az erőgép terhelés hatására várható viselkedésének egyik legfontosabb eleme a gépcsoport haladási sebességének a meghatározása. A mérés során az erőgép hátsó kerekét forgásjeladóval láttam el. Ezek induktív jeladók, melyek a forgás során előttük elhaladó, a forgó keréken található, vagy felhelyezett elemeket használják a méréshez.



51. ábra A vonóerő mérőrendszer blokk-diagramja

A mérés során a mérőszakaszokon mért értékek átlagának kijelzése a hordozható számítógépen megtörtént. Így a mérőrendszer működésének szükséges helyszíni ellenőrzése biztosítva volt.
A mérési szünetekben a számítógéphez közvetlen monitor és klaviatúra csatlakoztatása révén lehetőség volt a mért eredmények teljes körű ellenőrzésére, biztosítva ezzel az esetleges mérési hibák azonnali kiküszöbölését, a mérések szükséges megismétlését.
A mérőrendszer nagy dinamikája a vizsgált gép működésének a mérőszakaszon belüli változásait is részletesen nyomon követte.

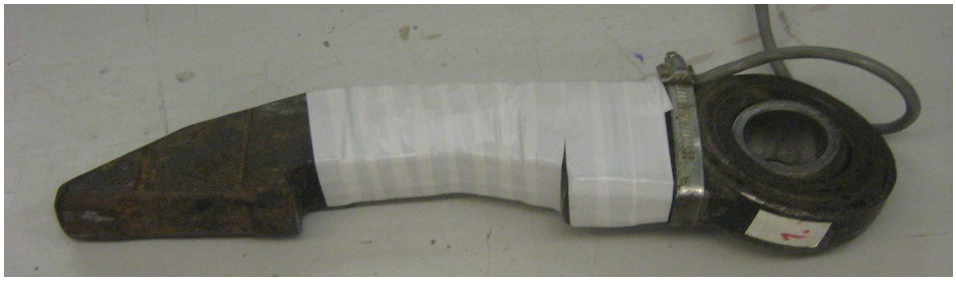
A kiértékelés első lépése az volt, hogy az alsó, bal – és jobb oldali, vízszintes függesztőkarokon mért húzóerő adatokból szerkesztettem meg e két erő eredőjét. A második lépésben pedig ennek a részeredőnek és a harmadik felfüggesztő karon mért nyomó erőnek az eredőjét képezve határoztam meg az adott szerszám vonóerő igényét.

4.4. A mérőelemek kalibrálása

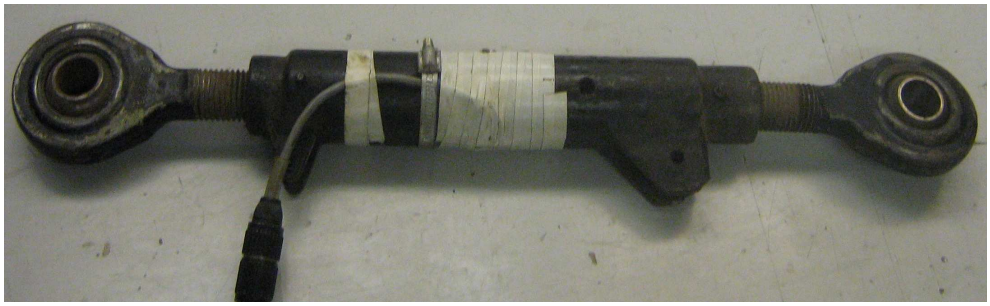
Az eljárás célja az volt, hogy a függesztőelemeken lévő nyúlásmérő bélyegek megfelelő működését és pontosságát ellenőrizzem.
A kalibrálást megelőzően a szakítógép befogószerkezetét a felbélyegzett függesztő elemek befogására alkalmas állapotba hoztam (52. ábra). A szakítógép alsó és felső húzó fejébe egy - egy befogó táskát szereltem, melynek a felső részébe csappal az alsó részébe pedig csavarral rögzítettem a felbélyegzett függesztő elemet.

52. ábra. Szakítógép

A kalibrálást az 1. (bal oldali, alsó függesztőkar) elem szakítógépbe szerelésével kezdtem.

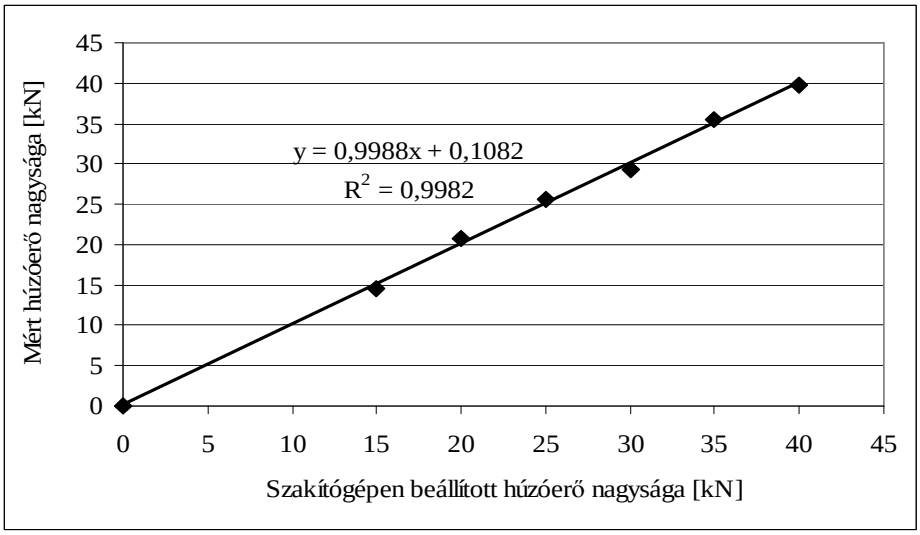


53. ábra. A felbélyegzett 1. függesztő elem

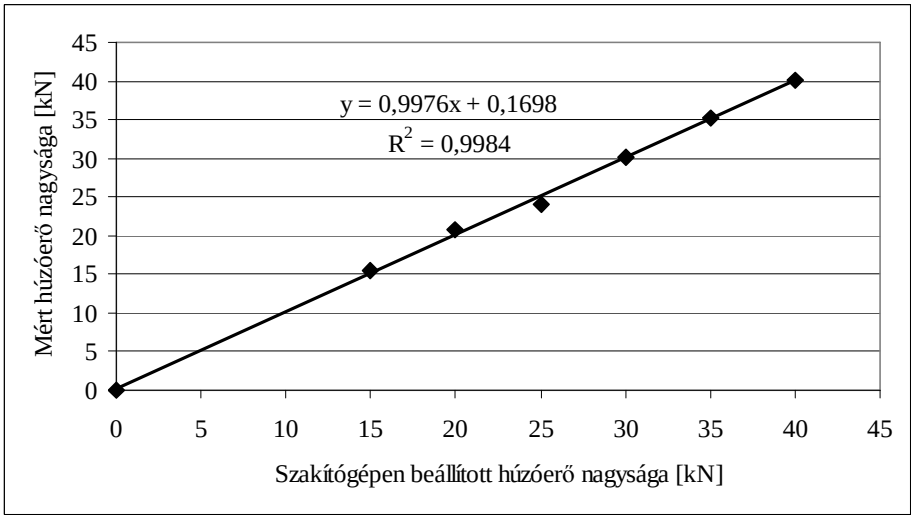


54. ábra. A felbélyegzett harmadik pont felfüggesztő orsó

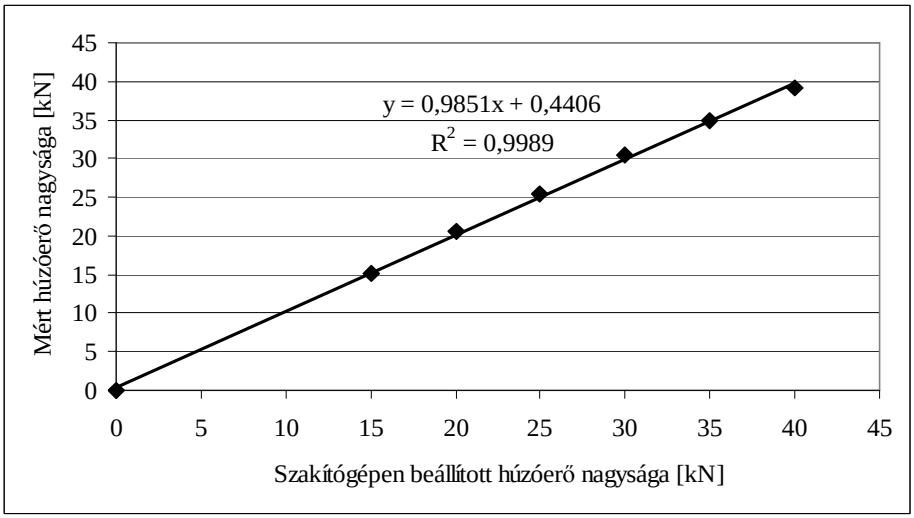
A kiinduló állapotban a függesztő elemre semmilyen terhelés nem hatott, ezt úgy értem el, hogy a szakítógép befogó – és húzószerkezetét teljesen laza állapotba kellett hoznom. Ezután kezdtem el az elem terhelését úgy, hogy üzembe helyezetem a gépen lévő villanymotort, amely egy nagy áttételen keresztül hajtja meg azt a mechanizmust, amely az elemre a húzó igénybevételt kifejti. A gép által kifejtett húzóerő nagyságát a mérőórán folyamatosan figyelemmel kísértem. A kívánt terhelési érték elérése előtt 3-4 kN – nal a villanymotort kikapcsoltam. Az érték pontos beállítását a kézi finombeállító karral végeztem el. A terhelés hatására az aktuális nyúlásmérő bélyeg által az adott milliVolton mért adatot a hozzákapcsolt számítógépes mérőrendszeren mértem és rögzítettem. A klaibrálás során a Pentium számítógépen a hozzácsatlakoztatott monitoron a bélyegek által mért értékek vonóerőként kerültek kimutatásra.
A függesztő elemek vizsgálatát minden esetben a 15 kN-os, legalacsonyabb értékű terheléssel kezdtem, és folyamatosan haladtam a magasabb értékek felé. A gépen beállított terhelések nagyságai: 15, 20, 25, 30, 35, 40 kN voltak.
A kalibrálást a 2. függesztő elem és a harmadik pont felfüggesztő elem esetében is ugyanígy végeztem el (53-54. ábra).



55. ábra. A mért húzóerő értékek ábrázolása a szakítógépen beállított adatok függvényében, 1. függesztő elem esetén



56. ábra. A mért húzóerő értékek ábrázolása a szakítógépen beállított adatok függvényében, 2. függesztő elem esetén



57. ábra. A mért húzóerő értékek ábrázolása a szakítógépen beállított adatok függvényében, 3. függesztő elem esetén

A kalibrálás során kapott adatok egyértelműen igazolták, hogy a mért húzóerő adatok jól közelítik a szakítógépen beállított értékeket, továbbá a felvett diagramok mindegyikén a mért húzóerő adatok jól közelítik a szakítógépen beállított értékeket. Továbbá az elvégzett számítások alapján a mérőelemek mérési hibája a ± 5% - os hibahatáron belül mozog. Ezért a vizsgálat eredményei alapján megállapítható, hogy a nyúlásmérő bélyegek helytálló terhelő erő értékeket mérnek.

4.5. A talajjellemzők vizsgálatának anyaga és módszere

A vizsgálataim során a kísérleti területek talaján az alábbi fizikai jellemzőket mértem: talaj behatolási ellenállás, nedvességtartalom, Arany-féle kötöttség, szemcseösszetétel.

4.5.1. A talaj behatolási ellenállásának mérése

A talaj tömörségének mérését Eijkelkamp Penetrologger típusú digitális penetrométerrel végeztem (58. ábra). A műszer a következő beállításokkal dolgozott:

- a mérőkúp hosszmérete: 1 cm
- a mérőkúp szöge: 30 º
- a műszer talajba hatolási sebessége: 5 cm/s.

A penetrométer műszaki adatai:

- műszer tömeg 2,9 kg, a mérőszár nélkül
- maximális talajba hatolási erő: 1000 N
- erő felbontás : 1 N
- mérési mélység: 40 cm
- mélység felbontás: 1 cm
- alkalmazási hőmérséklet tartomány: 0 ºC-50 ºC.

A mérés menete során először a referencia lemezt vízszintesen a földre kell helyezni, majd a mérőműszert egyenletes sebességgel függőlegesen a talajba kell nyomni [33]. Ha a behatolási sebesség a határérték alá vagy fölé esik, abban az esetben a műszer hangjelzést ad, és a kijelzőn a sebességmódosítás irányát is megadja. A műszer által ily módon mért értékek számítógépre áttölthetőek és a gyártó cég által kifejlesztett szoftverrel kiértékelhetőek.
A mérésre kijelölt táblán 10 ponton, 40 cm-es mélységig vizsgáltam a tömörség mértékét. A terület tömörségének mértékét ennek a 10 adatnak az átlagaként adtam meg. Kivételt képeznek azok a vályog és homokos vályog talajokon végzett kísérletek, ahol a talajba hatolási ellenállás és a vezetőképesség, valamint a talajba hatolási ellenállás és a nedvességtartalom közötti összefüggéseket vizsgáltam. Itt nagyobb számú mérést végeztem.

58. ábra. Eijkelkamp Penetrologger típusú talaj tömörségmérő készülék

Az Eijkelkamp típusú műszer pontosságát úgy ellenőriztem, hogy frakcionált talajjal feltöltött talajvályúban, öt pontban, ugyanabban a mélységben mindkét műszerrel megmértem a talajba hatolási ellenállását.

13. táblázat. Az egyes talajba hatolási ellenállás értékek összehasonlítása

Mérések száma	1.mérés	2.mérés	3.mérés	4.mérés	5.mérés
Hagyományos műszer [MPa]	2,6	2,5	2,7	2,7	2,6
Eijkelkamp Penetrologger [MPa]	2,31	2,42	2,53	2,48	2,69

A kétféle műszerrel kapott adatok összehasonlítása alapján megállapítható, hogy az Eijkelkamp műszer helytálló adatokat szolgáltat.

4.6. A talaj nedvességtartalmának mérése

A talaj nedvességtartalmának mérését a FIELD SCOUT TDR – 300 típusú nedvességmérő készülékkel végeztem (59. ábra). A mérést a vizsgálati terület ugyanazon pontjaiban hajtottam végre, ahol a penetrációs ellenállás mérését végeztem. Ezeknél a vizsgálatoknál is 10 adatot gyűjtöttem össze. A vizsgálati terület nedvességtartalmát ezeknek az adatoknak az átlagaként adom meg v/v% -ban. A vizsgálatot a művelés mélységéig hajtottam végre. Ebben az esetben is kivételt képeznek a vályog és homokos vályog talajokon folytatott kísérletek.

A műszer működésének lényege, hogy tulajdonképpen ezzel az eszközzel a talajban a rádiófrekvenciás elektromágneses hullámok terjedési sebességét mérjük. E precíziós elektronikus berendezéssel meghatározható, hogy a talajminta adott hosszában a kibocsátott rádiófrekvenciás hullám mennyi idő alatt halad oda - vissza és ezáltal meghatározható a hullám talajban való terjedési sebessége. A vákuumban mérhető terjedési sebességhez viszonyított lassulás egyértelmű összefüggésben van a talaj és a víz együttes dielektromos állandójával. Minthogy a talaj - víz rendszerben a víz dielektromos tulajdonságai a meghatározóak, a dielektromos állandó értéke közvetlen összefüggésbe hozható a talaj nedvességtartalmával. Ez utóbbi - adott mérőelektróda hossznál - csak a talaj nedvességtartalmától függ, nem befolyásolja azt például a talaj sótartalma [3].

A műszer egy nedvesség mérő fejből két 20 cm-es mérőtüskéből, egy adatgyűjtő elektronikából és egy hozzákapcsolt GPS - ből áll. A GPS egy külön egység, amely nélkül használható a műszer közvetlen mérésekre, de nem gyűjti az adatokat.

Ennek a mérőműszernek a pontossága ±2 v/v%, a koordináták pontossága a hozzákapcsolt GPS pontosságától függ.

59. ábra. FIELD SCOUT TDR – 300 típusú nedvességmérő készülék

A műszer kalibrálását homokos vályogtalajról vett, öt darab, 2 dm^3 térfogatú, 18v/v% nedvességtartalmú minta segítségével végeztem. Első lépésként a öt darab mintához különböző mennyiségű vizet adtam, így előidézve a minták különböző nedvességtartalmát a műszer ellenőrzéséhez. Majd a talaj átnedvesedése érdekében azokat két órát állni hagytam, közben műanyag táskában tároltam őket a nedvességvesztés megelőzése érdekében. Ezt követően a TDR – 300 – as műszerrel megmértem az ismert térfogatú minták nedvességtartalmát v/v% - ban. Ezután egyenként lemértem a tíz darab minta tömegét és a mintákat szárító szekrénybe helyeztem a 105 °C – os, 12 órás szárítás érdekében. Végül megmértem a minták szárítás után kialakult tömegét is.

A térfogati nedvességtartalom a fenti adatokból a következőképpen számítható:

$$v/v\% = 100 \cdot \left(M_{nedves} - M_{száraz}\right) / \left(\rho_w \cdot V_{teljes}\right) . \qquad (64)$$

Ahol:

- M_{nedves}: a nedves talaj tömege [g]
- $M_{száraz}$: a száraz talaj tömege [g]
- V_{teljes}: a teljes talaj térfogat [ml]
- ρ_w: nedves sűrűség [g/ml].

Utolsó lépésként a fentiekben közölt képletekkel kiszámoltam az egyes minták nedvesség tartalmát és összehasonlítottam ezeket az értékeket a TDR – 300 – as műszer által mért értékekkel.

14. táblázat. Az egyes nedvességtartalom értékek összehasonlítása

Minták száma	1.minta	2.minta	3.minta	4.minta	5.minta
Szárító szekrényes mérés alapján [v/v%]	19,5	22,5	28	34	42,5
TDR – 300 – as mérés alapján [v/v%]	17,53	20,62	29,37	33,11	44,39

A kétféle méréssel kapott adatok összehasonlítása alapján megállapítható a TDR – 300 – as műszer ±2 v/v% - os pontossága.

A szerszám összehasonlító vizsgálat valamint a penetrációs ellenállás és a nedvességtartalom közötti kapcsolat vizsgálata során a kísérleti terület talajának nedvességtartalmának nagyságát szárítószekrényben határoztam meg. Mivel ezeknél a kísérleteknél nem állt rendelkezésemre a TDR – 300-as műszer.
A kísérlet során a 10 darab, 2 kg tömegű talajmintát 105 °C-on, 12 órás szárításnak vetettem alá. A tömegveszteségből kiadódó nedvességtartalmat minden esetben a száraz talajállapotra vonatkoztatva adtam meg.

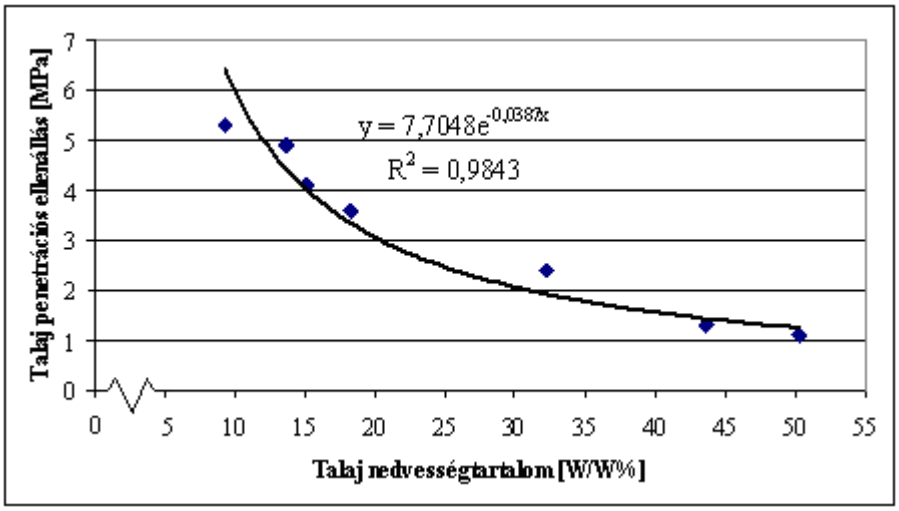
4.7. Talaj mintavételezés

Az adott mérőterületen a mintavételezést a Prückhauer-féle szúróbotos technikával végeztem el. Ez a mintavevő egy 1 m hosszú, 3 cm átmérőjű, egyharmadában nyitott acélcső, amelynek végén keresztben átfúrt, tömör acél fejrész található. A készülék műanyag kalapács segítségével üthető a talajba, majd néhány forgatás után kihúzva emelhető ki a talajszelvény minta. Az eszköz szívós ötvözetből készül, keménysége miatt alkalmazható erősen tömörödött vagy magas agyagtartalommal rendelkező talajok esetén is. Az eljárás előnye, hogy sok ponton teszi lehetővé a talaj erősebb megbolygatása nélkül a mintavételt [12].

5. A TALAJBA HATOLÁSI ELLENÁLLÁS, A NEDVESSÉGTARTALOM ÉS A FAJLAGOS VILLAMOS VEZETŐKÉPESSÉG KÖZÖTTI ÖSSZEFÜGGÉSEK VIZSGÁLATA

5.1. A talajba hatolási ellenállás és a nedvességtartalom közötti összefüggés vizsgálat

A talajba hatolási ellenállás és a nedvességtartalom közötti pontos függvény kapcsolat felderítése érdekében kísérletet végeztem. Ennek során vályogtalajon (4. táblázat), különböző talaj nedvességtartalmakat idéztem elő öntözéssel. Ezek nagyságát 12 órás, 105 °C -os szárítószekrényben történő 2 dm^3 talajminta-szárítással határoztam meg, a száraz talajtömegre vonatkoztatva a szárítás során bekövetkezett tömegveszteséget. Az egyes nedvességtartalmakhoz tartozóan pedig a nedvesítés helyén mértem a talajba hatolási ellenállás értékeit is. A mérést a felső 30 cm-es rétegben végeztem. Azért választottam ezt a sekély réteget, mert a talajban esetlegesen jelen lévő tömörödött réteg elérése a mérés pontosságát kedvezőtlenül befolyásolta volna. A mérést az öntöző víz kijuttatás után másfél nappal végeztem a kellő mértékű beszivárgás végett.



60. 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 $p' = -k \cdot N \cdot p$ (65)

elsőrendű, homogén, lineáris, differenciálegyenletnek, a $c = 1{,}45 \cdot p_{max} = 7{,}7$ *MPa* kezdeti feltétellel, ahol az 1,45 a talajadottságok által meghatározott érték.

Ez a differenciálegyenlet tekinthető a talajba hatolási ellenállás és a nedvességtartalom közötti dinamikus kapcsolat leírásának. Valóban, tegyük fel, hogy a talajba hatolási ellenállás a nedvességtartalom függvényében úgy változik, hogy e változás relatív sebessége állandó, valamint növekvő nedvességtartalom mellett a talajba hatolási ellenállás csökken. Ekkor valamely $k > 0$ mellett $\frac{\mathrm{dp}}{\mathrm{dN}} = -\mathrm{k} \cdot \mathrm{N}$.

Ezt a szétválasztható változójú differenciálegyenletet a fent említett kezdeti feltétellel megoldva [46]:

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

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

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

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

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

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

A fenti összefüggés tehát:

$$p(N) = 1{,}45 \cdot p_{\max} \cdot e^{-k \cdot N} \qquad (66)$$

Ahol a „*k*” a differenciál egyenlet megoldását képező függvény alakját befolyásoló konstans.

$$\lim_{N \to +\infty} p(N) = 0$$

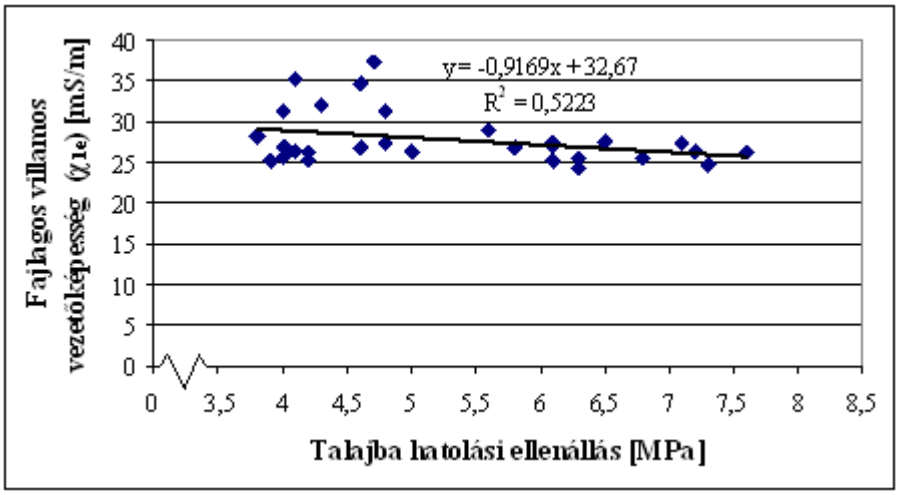
A *p(N)* függvény határértéke a plusz végtelenben 0.

A kísérlet során meghatározott 60. ábrán látható diagram alapján az összefüggés úgy indokolható meg, hogy az általam kijutatott kisebb víz mennyiség nagyobb talajba hatolási ellenállást eredményez. A nedvességtartalom növekedése viszont a talajba hatolási ellenállás csökkenését okozza. A két jellemző közötti kapcsolat a fenti exponenciális összefüggéssel közelíthető a legpontosabban.

A további kísérletek alapján pedig arra a megállapításra jutottam, hogy vályogtalajon (4. táblázat) a középmély lazítás optimális talajnedvesség tartománya 10-18 w/w% között állapítható meg.

5.2. A fajlagos villamos vezetőképesség és a talajba hatolási ellenállás közötti összefüggés vizsgálat

A vezetőképesség, a talajba hatolási ellenállás, valamint a nedvességtartalom közötti összefüggés kimutatásához a vizsgálatot szintén vályogtalajon végeztem (4. táblázat), 60 méter hosszú mérőszakaszokon. Ezek hatását úgy tudtam bizonyos mértékben szeparálni, hogy egy olyan táblarészt kerestem, melyen a talajba hatolási ellenállás fokozatosan nagymértékben változott, a mérőszakasz elejétől a vége felé. Ezt azért sikerült megvalósítanom, mert a mérőszakaszok eleje a forgónak arra a részére esett, ahol a betakarítás során a szállítójárművek közlekedtek, azaz erőteljesen tömörítették, ezt követte a forgónak az a része, ahol csak a munkagépek okoztak tömörítést, végül pedig a kevésbé taposott táblarész következett.
A talajba hatolási ellenállást és a nedvességtartalmat a mérőszakaszok hossza mentén mértem 30 cm-es mélységekben, 2 m-ként, így összesen 30 pontban.



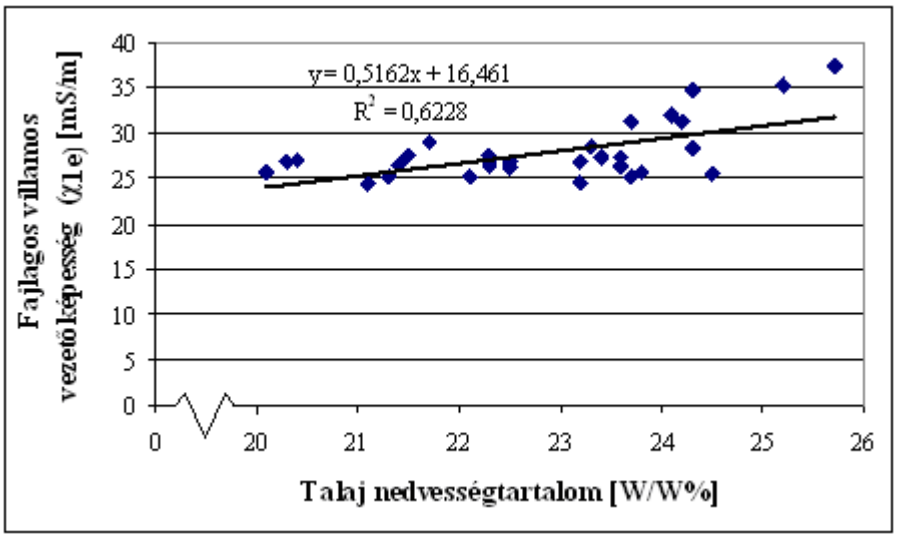
61. ábra. A fajlagos villamos vezetőképesség alakulása a talajba hatolási ellenállás függvényében

Az 61. ábra alapján arra a következtetésre jutottam, hogy a fajlagos 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. Ahol viszont a talajba hatolási ellenállás magasabb értékeket vesz fel, azokon a helyeken a talaj tömörödöttebb, kisebb a nedvességtartalma is, ezért rosszabb vezető az ilyen talajtérfogat.

5.3. A fajlagos villamos vezetőképesség és a nedvességtartalom közötti összefüggés vizsgálat

Ugyanezekben a mérési pontokban mértem a nedvességtartalmat is. A vezetőképesség és a nedvességtartalom között létező egyenes arányosság pedig a talaj esetében is igaz, azaz a nedvesebb talaj jobb vezető, mint a szárazabb. A két talajjellemző közötti kapcsolat az általam mért nedvesség tartományban szintén egyenessel jellemezhető.



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

Az 60, 61 és 62 diagramok összehasonlításából az derül ki, hogy a három talajjellemző egymással is összefüggésben van.
Induljunk ki az alábbi összefüggésekből:

$$\chi_{1e}(N) = b + m \cdot N \tag{67}$$

$$\rho = p(N) = c \cdot e^{-k \cdot N} \tag{68}$$

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

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

Ez utóbbi egyenlőség az eredeti jelöléssel:

$$N = \frac{1}{k} \ln \frac{c}{p} . \tag{69}$$

Ezt az összefüggést visszahelyettesítve (67)-be:

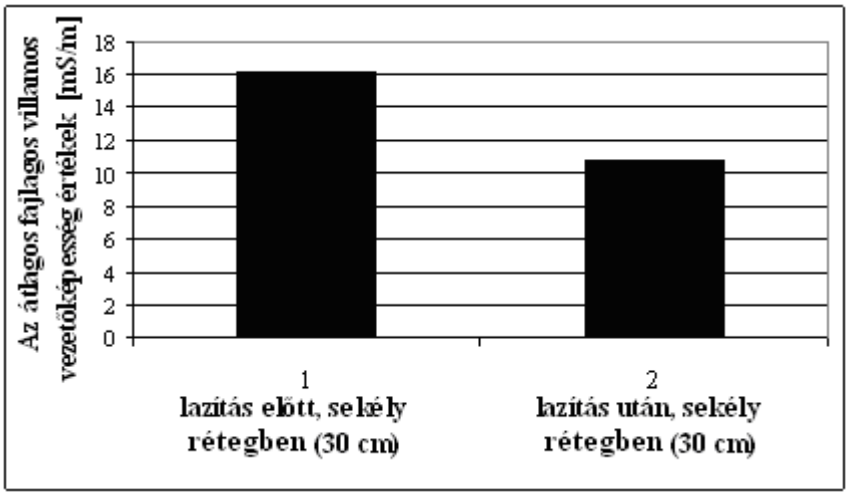
$$\chi_{1e}(p) = b + m \cdot \left(\frac{1}{k} \ln \frac{r \cdot p_{\max}}{p} \right) . \tag{70}$$

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, melyet a 61. ábra is bizonyít. Ebben az összefüggésben a „*b, m, k és r*” állandók értékei a talajadottságoktól és a vizsgálat körülményeitől függő paraméterek.

6. A MUNKAMINŐSÉGI VIZSGÁLATOK EREDMÉNYEINEK KIÉRTÉKELÉSE

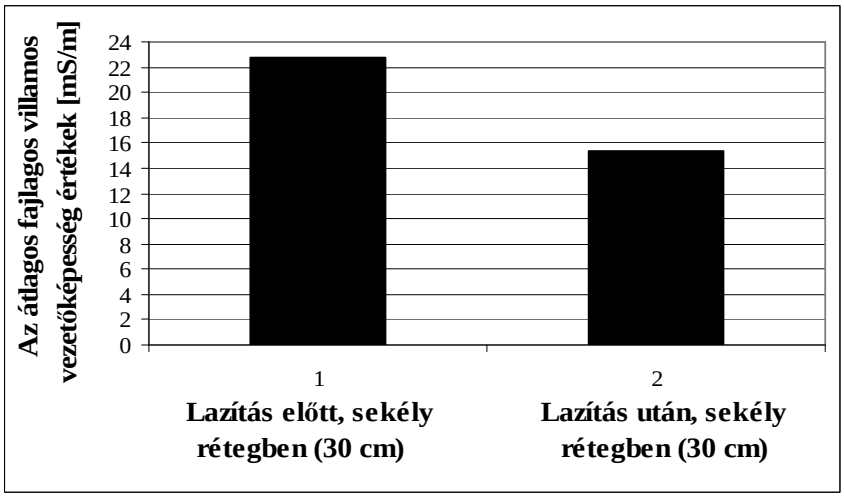
6.1. A fajlagos villamos-vezetőképesség értékek változása középmély lazítás hatására

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. Azért választottam ezt a mélységet, mert a Veris által sekély rétegben történő vezetőképesség méréskor a vizsgált talajmintát az áramjelek is hasonló mélységben járják át.
Vályogtalajon az „*1*” – es, homokos vályogtalajon a „*2*” – es, agyagos vályogtalajon a „*3*” – as számú középmély lazítóval és traktorral dolgoztam. (7 - 8. táblázat)
A kísérlet során mértem a talaj fajlagos villamos vezetőképességét a bolygatatlan talajon 30 cm-es rétegben. Ezután a mérőszakaszon elvégeztem a középmély lazítást, majd ismét megmértem a fajlagos vezetőképességet ugyanabban a talajrétegben. Ezt a kísérletet a 3. fejezetben ismertetett három talaj típuson és a 4. fejezetben leírt módon végeztem.
Ennek a vizsgálatnak az volt a célja, hogy számszerűen igazoljam a lazításnak a talaj fajlagos villamos vezetőképességére gyakorolt hatását. [62] (63-65. ábra).



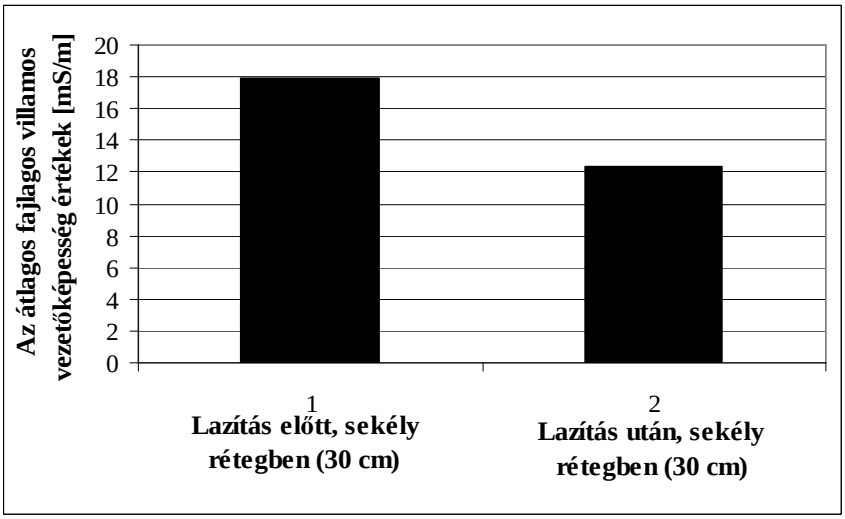
63. ábra. Az öt ismétléssel végzett mérés eredményei vályogtalajon

A csökkenés mértéke a bolygatatlan talajban mért fajlagos vezetőképességhez viszonyítva a sekély rétegben: 29,99%.



64. ábra. Az öt ismétléssel végzett mérés eredményei agyagos vályogtalajon

A csökkenés mértéke a bolygatatlan talajban mért fajlagos vezetőképességhez viszonyítva a sekély rétegben: 32,70%.



65. ábra. Az öt ismétléssel végzett mérés eredményei homokos vályogtalajon

A csökkenés mértéke a bolygatatlan talajban mért fajlagos vezetőképességhez viszonyítva a sekély rétegben: 32%. [63]
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. A csökkenés mértéke a háromféle talaj – vályog, agyagos vályog és homokos vályog – átlagát vizsgálva, a felső 30 cm-ben, a bolygatatlan talaj vezetőképességéhez viszonyítva 31,23 % volt. Ami tehát kizárólag a lazítás hatására következett be. Ez is bizonyítja, hogy a középmély lazításnak jelentős hatása van a talaj fajlagos villamos vezetőképességre.

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

A vizsgálattal az volt a célom, hogy kiderítsem létezik – e összefüggés a különböző talaj állapotokban mért fajlagos villamos vezetőképesség és a hagyományos módszerrel meghatározott lazítottság mértéke között.
Az alábbi összefüggést először elméleti úton kívántam levezetni, a továbbiakban pedig különböző talajokon végzett mérővizsgálatokkal igazolom annak helytállóságát.
A hagyományos módszerrel meghatározott lazítottság mértékének levezetése a következőképpen adódik (43. ábra) [64]:

$$L = \left(\frac{\Delta A + A_0}{A_0} - 1 \right) \cdot 100 = \frac{\Delta A + A_0 - A_0}{A_0} \cdot 100 = \frac{\Delta A}{A_0} \cdot 100 \quad [\%]. \tag{71}$$

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:

$$L_{\chi'} = \left(\frac{\chi_{1e}}{\chi_{1u}} - 1 \right) \cdot 100 = \frac{\chi_{1u} + \Delta\chi_1 - \chi_{1u}}{\chi_{1u}} \cdot 100 = \frac{\Delta\chi_1}{\chi_{1u}} \cdot 100 \quad [\%]. \tag{72}$$

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 mérőszakaszon lazítás előtti, ill. utáni talajállapotban mért, összetartozó fajlagos villamos vezetőképesség adatokból a fenti (72) összefüggéssel képeztem az $L_{\chi'}$ értékeit, melyekből ±10% -os szórással csoportokat képeztem. Azért választottam ezt a 10% -os értéket, mert úgy ítélem meg, hogy a talaj viszonylag nagyfokú inhomogenitása miatt a lazítottság mértékének ilyen pontossággal történő megadása gyakorlati szempontból is elfogadható. Ezt követően annak a csoportnak az adatit, amelyben a legnagyobb számban fordultak elő az értékek, átlagoltam. Ezt a mérőszakaszra legjellemzőbb értékek átlagát hasonlítottam össze a hagyományos módon mért lazítottság értékeivel. Az ilyen módon mért lazítottsági mértéknek az $L_{\chi'}$ jelet adtam, utalva annak meghatározási módjára. [66]
A (71) és (72) összefüggésekkel kapott eredmények azért korrelálnak egymással, 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 (71) – es 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 (71, 72) a fentiekben említett két – két tényező aránya adja a két jól korreláló adatsort.

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

Ezt a vizsgálatot is ugyanazokon a talajokon (4. táblázat), ugyanazon körülmények között, ugyanazzal a gépcsoporttal és kísérleti beállításokkal

végeztem, mint a 6.1. fejezetben. A vizsgálattal az volt a célom, hogy igazoljam az összefüggést a különböző talaj állapotokban mért fajlagos villamos vezetőképesség és a hagyományos módszerrel meghatározott lazítottság mértéke között.

6.3.1. Kétmintás „*t-próba*”

Ezzel a módszerrel a két különböző eljárással kapott lazítottság értékek azonosságát szeretném bizonyítani. A kétmintás „*t-próba*” menetét az alábbiakban mutatom be [77].
Hipotézis:

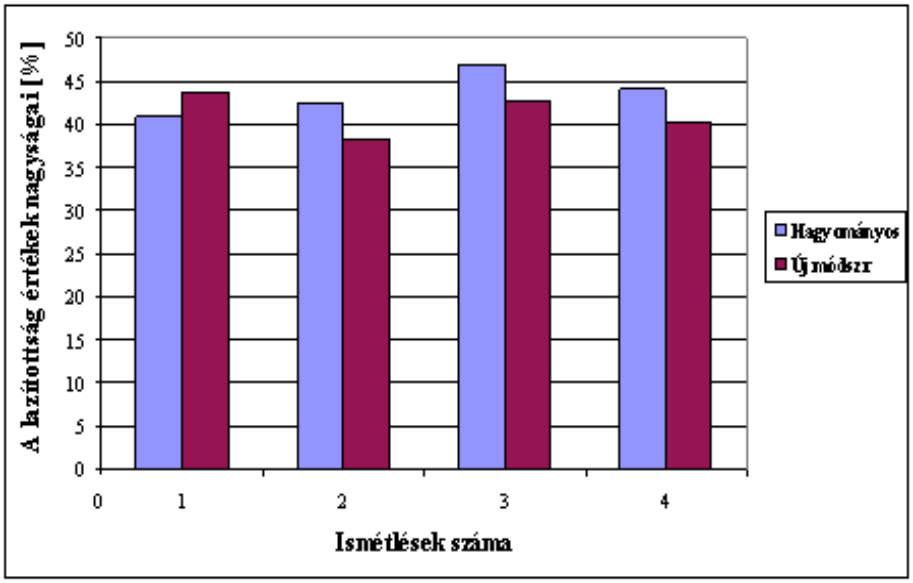
$$t_{n-1} \leq t_{\alpha,n-1} \tag{73}$$

A „$t_{\alpha,n-1}$” értékét az egyes talajtípusokon, az adott ismétlések esetében gyűjtött adatok számához, 0,1% - os szignifikanciaszinten határoztam meg.

$$t_{n-1} = \frac{\overline{L_{\chi'}} - L}{\frac{\sigma^*}{\sqrt{n}}} \tag{74}$$

$$\sigma^* = \sqrt{\left(\overline{L^2}_{\chi'} - \overline{L}_{\chi'}^{\,2}\right) \cdot \frac{n}{n-1}} \tag{75}$$

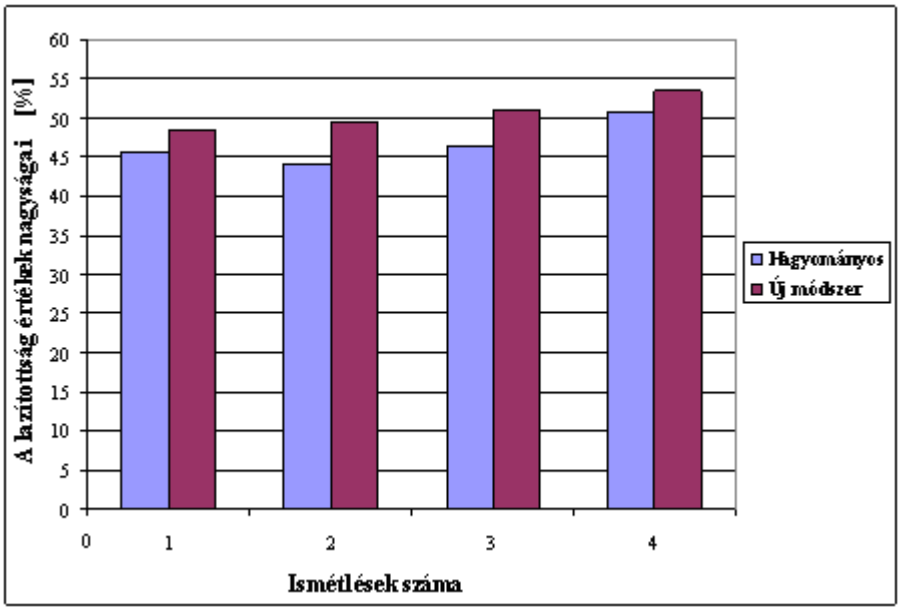
Az alábbi oszlopdiagramok mindegyikében a két fajta módszerrel kapott lazítottsági adatsorok láthatók.



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

15. táblázat A „*t – próba*” eredményei vályogtalajon

A „*t*” értékek nagyságai 0,1% - os szignifikancia szinten:		Jellemző adatok száma
t_{n-1}	$t_{0,1\%,\, n-1}$	(*n*)
2,63	3,82	21
3,81	3,85	20
3,91	3,94	17
2,61	3,88	19



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

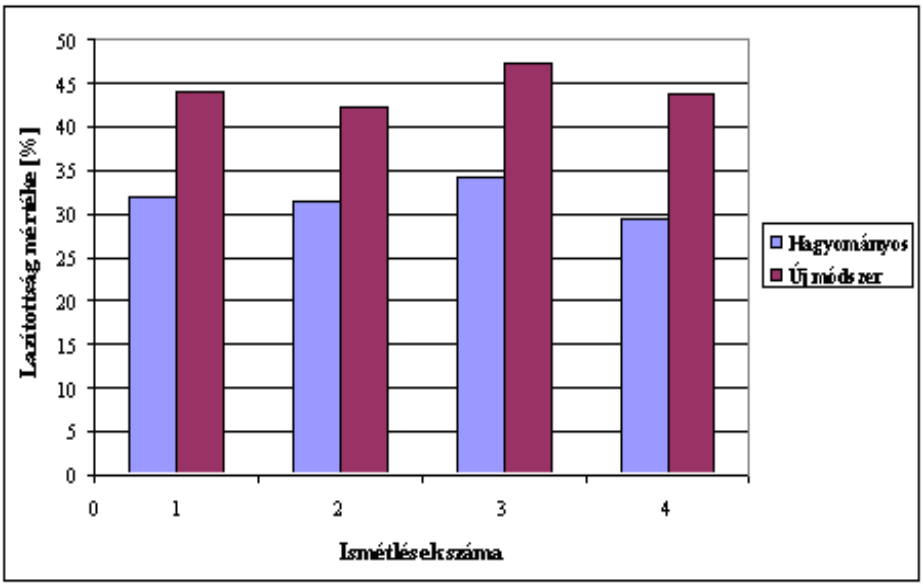
16. táblázat A „*t – próba*” eredményei agyagos vályogtalajon

A „*t*” értékek nagyságai 0,1% - os szignifikancia szinten:		Jellemző adatok száma
t_{n-1}	$t_{0,1\%,\, n-1}$	(*n*)
3,71	3,79	22
2,28	3,91	18
3,1	3,67	26
2,87	3,85	20

A „t_{n-1}” értéke mindkét talajtípuson, minden ismétlés esetében kisebb értékre adódott, mint a „$t_{0,1\%,n}$” [82]. Ezért a hipotézis 0,1% -os szignifikanciaszinten elfogadható. Miszerint az újszerű mérési módszerrel meghatározott lazítottság mértéke ($L_{\chi'}$) és a hagyományos módszerrel mért lazítottság (*L*) értékei közel azonos értékeket mutatnak az egyes ismétlések esetében (68. ábra). A vizsgálatból az is jól látszik, hogy a ±10% - os szórással történő besorolás mindkét talaj típus esetében helytállónak bizonyul a két értéksor közötti kis eltérés miatt.

A 72 – as formulában szereplő, lazítás előtt és után mért fajlagos villamos vezetőképesség értékek aránya jó közelítéssel a (71) összefüggésben szereplő

lazítás előtt és után mért felületértékek arányát adja, hiszen a talaj fajlagos vezetőképességét nagymértékben befolyásolja a vezető keresztszelvény felület fizikai állapota. Tehát minél jobban romlik a lazítással a talaj fajlagos vezetőképessége, annál nagyobb lesz a lazítottság mértéke. Ezt felhasználva, a további vizsgálataim során is a (71) formulával meghatározott értéket tekintem referenciaértéknek.



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

17. táblázat A „*t-próba*” eredményei homokos vályogtalajon

A „*t*” értékek nagyságai 0,1% - os szignifikancia szinten:		Jellemző adatok száma
t_{n-1}	$t_{0,1\%,\ n-1}$	(n)
7,03	3,75	24
8,96	3,79	27
8,87	4,14	21
9,23	3,98	23

A 68. ábra és a 17. táblázat alapján megállapítható, hogy a kétféle módszerrel kapott adatsor egyáltalán nem korrelál egymáshoz. Ezen a talaj típuson minden ismétlésnél számított „t_{n-1}” érték nagyobbnak adódott, mint a

táblázati $t_{0,1\%,\ n}$ érték. Ebben az esetben úgy ítélem meg, hogy a jelentős eltérések miatt ennél a vizsgálatnál nem nyújt megbízható adatokat az új eljárás.
Véleményem szerint az eljárás pontatlanságának okozója a talajban jelenlévő homoktartalom, amit az adott talajtípus fizikai besorolása is igazolt. Ez azért probléma, mert a homok lazábbá teszi a talaj szerkezetét, ami emiatt lazítás hatására csak kis mértékben emelkedik meg és viszonylag gyorsan vissza is ülepedik. Megjegyzem, ez a jelenség a hagyományos mérési eljárásnál is jelentős pontatlanságot okoz az esetleges keresztszelvény beomlás miatt.
Továbbá az irodalmi adatok alapján látható, hogy a fajlagos villamos vezetőképességre a talaj agyagtartalma - a nedvességtartalom mellett - alapvető befolyással van. A homokos vályogtalajnak viszont az agyagtartalma minimális, ebből adódik a talajrészecskék közötti kohézió alacsony volta is. Ami maga után vonhatja ezen a talaj típuson a lazítottság mértékének pontatlan megítélését.

6.4. Az „$L_{\chi'}$” értékek eloszlás vizsgálata agyagos vályog – és vályogtalajokon

6.4.1. Eloszlásvizsgálat

A kiértékelésnek ezzel a lépésével azt szeretném kideríteni, hogy az adott kísérleti területen mért $L_{\chi'}$ értékek együttesen milyen eloszlást követnek. Illetve az egyes tapasztalati szórásértékek azonos elméleti szórásokhoz tartoznak-e az adott talajtípusra vonatkozóan [77].

6.4.1.2. Normalitásvizsgálat

A normalitásvizsgálat céljából a Bartlett (χ^2) - próbát alkalmazom, ami azért lényeges mert ennek keretében az összes „$L_{\chi'}$” érték együttes szórásvizsgálatát végzem el, illetve a „nullhipotézis” teljesülése esetén igazolni tudom az adatok tényleges normális eloszlását.
A Bartlett (χ^2) -próba során alkalmazott összefüggések a következők [22]:

$$B=\frac{1}{c}\left[f_0 \lg s_{L_{\chi'}}{}^2-\sum_{j=1}^{N} f_j \lg \sigma^{*2}\right]\leq \chi^2 \qquad (76)$$

$$c = 0{,}4343\left[1+\frac{1}{3(N-1)}\left(\sum_{j=1}^{N}\frac{1}{f_j}-\frac{1}{f_0}\right)\right]. \qquad (77)$$

A χ^2 értéke mindkét kísérleti területen $f = N - 1 = 4 - 1 = 3$ szabadsági foknál 4,815.

A „*c*” értéke vályogtalajon:

$$c = 0{,}4343\left[1+\frac{1}{3(4-1)}\left(\frac{1}{21}+\frac{1}{20}+\frac{1}{17}+\frac{1}{19}-\frac{1}{77}\right)\right] = 0{,}4437\ .$$

A „*c*” értéke agyagos vályogtalajon:

$$c = 0{,}4343\left[1+\frac{1}{3(4-1)}\left(\frac{1}{20}+\frac{1}{18}+\frac{1}{26}+\frac{1}{20}-\frac{1}{84}\right)\right] = 0{,}4430\ .$$

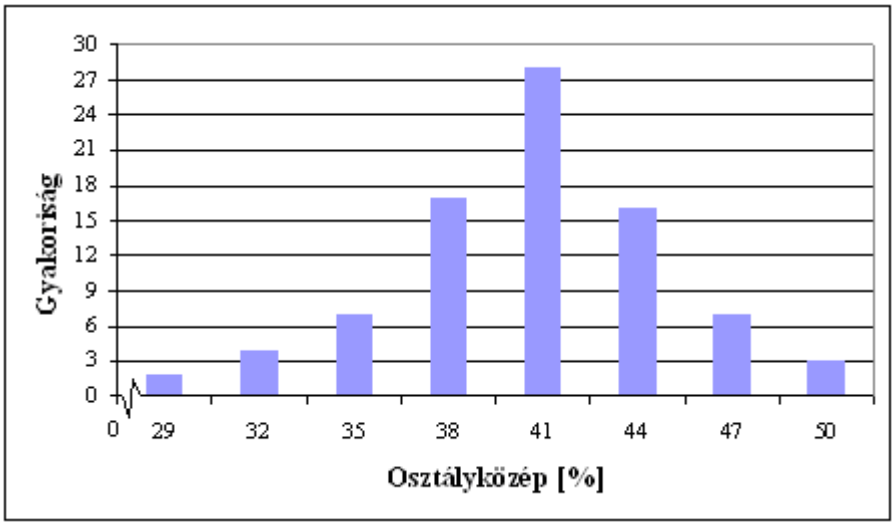
18. táblázat A Bartlett-próba és részeredményei vályogtalajon

σ^{*2}	$f_j \cdot lg\sigma^{*2}$
21,42	26,61
34,05	27,57
36,82	40,71
28,61	29,13
	$\sum f_j \cdot lg\sigma^{*2}$
30,22 $s_{L\chi'}^2$	124,02
1,48 $lgs_{L\chi'}^2$	
124,34 $f_0 \cdot lgs_{L\chi'}^2$	
χ^2 = 7,815	0,72 = ***B***

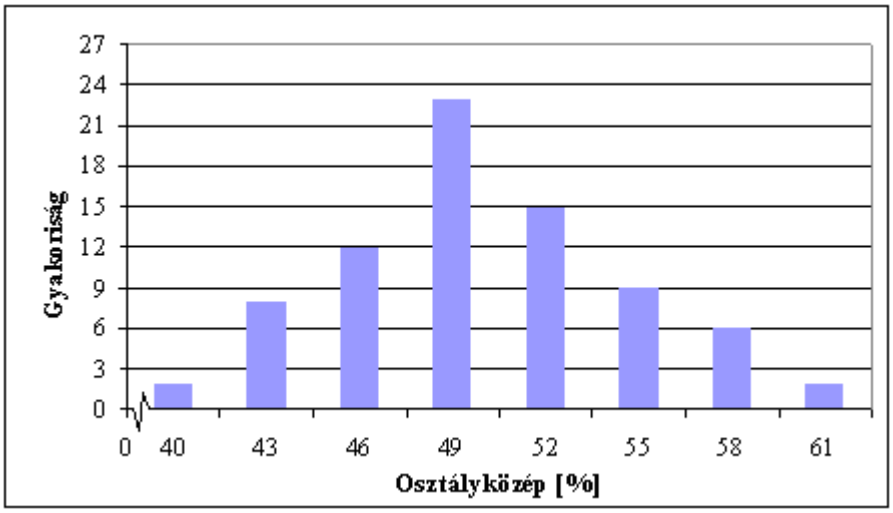
19. táblázat A Bartlett-próba és részeredményei agyagos vályogtalajon

σ^{*2}	$f_j \cdot lg\sigma^{*2}$
25,13	29,4
38,32	31,67
21,54	22,66
21,04	25,13
	$\sum f_j \cdot lg\sigma^{*2}$
26,51 $s_{L\chi'}^2$	108,88
1,42 $lgs_{L\chi'}^2$	
109,6 $f_0 \cdot lgs_{L\chi'}^2$	
χ^2 = 7,815	1,62 = ***B***

Az (76) egyenlőtlenség mindkét esetben történő fennállása igazolja, hogy a számított „*B*” értéke kisebb, mint a χ^2 táblázati értéke, ezért az összes tapasztalati szórásértékről elmondható, hogy azonos elméleti szórásértékhez tartoznak (18-19. táblázat). Továbbá mindezek alapján az egyes adatok valóban a normális eloszlást követik.
A hisztogram szerkesztéséhez a mért adathalmazból mindkét vizsgálati területen az alábbi nyolc osztályt képeztem.



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



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

Az ábrák egyértelműen mutatják az „$L_{\chi'}$” lazítottság értékek alakulását mindkét talajtípus esetében, melynek alapján kijelenthető az egyes kísérleti helyeken mért lazítottság értékek normális eloszlása (69-70. ábra). Így ez az eloszlás adja meg a középmély lazítók munkaminőségi modelljét.
A Gauss eloszlás sűrűség függvényének egyenlete [74]:

$$f(y) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} e^{\frac{-\left(L_{\chi'} - \bar{L}_{\chi'}\right)^2}{2\sigma^2}} . \qquad (78)$$

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

6.5.1. 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. Így a négy munkamélységhez négy különböző $L_{\chi'}$ érték tartozik (20-21. táblázat). Vályogtalajon az „*1*” – es, agyagos vályogtalajon a „*3*” – as számú középmély lazítóval és traktorral dolgoztam. (7 - 8. táblázat) Az újszerű eljárással mért lazítottság adatok különböző mélységekben való

helytállóságát a hagyományos módszerrel ellenőriztem. Az így kapott adatsorokat szintén a kétmintás „*t – próbával*” hasonlítottam össze.

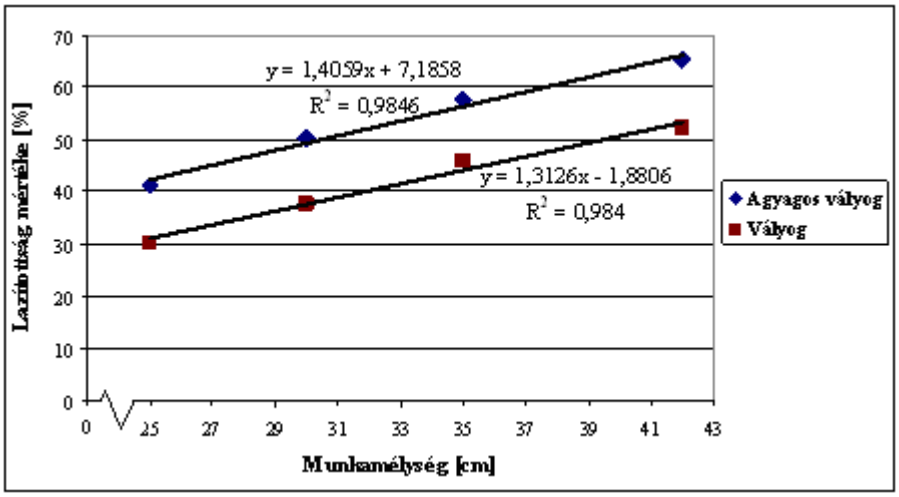
20. táblázat A „*t – próba*” eredményei vályogtalajon, munkamélységenként

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

21. 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

A kétmintás „*t - próba*” alapján megállapítható, hogy P = 0,1 % - os szignifikancia szinten az új módszerrel meghatározott lazítottság adatok mindegyik általam vizsgált munkamélységben helytálló adatot biztosítanak. Viszont a próba alapján az is látszik, hogy 25 és 42 cm-ben a számított „t_{n-1}” és a táblázati „$t_{0,1\%,n-1}$” értékek között nagyobb eltérés mutatkozik a 30 és 35 cm – ben elvégzett lazításhoz képest, ami azt jelenti, hogy ezekben a mélységekben a mérési eljárás már nagyobb hibával alkalmazható. Ennek egyértelmű oka az, hogy a Veris 3100 mérőberendezés működéséből adódóan az áramjelek a sekély rétegben történő mérés esetén 30 cm-es mélységig járják át a talajt.

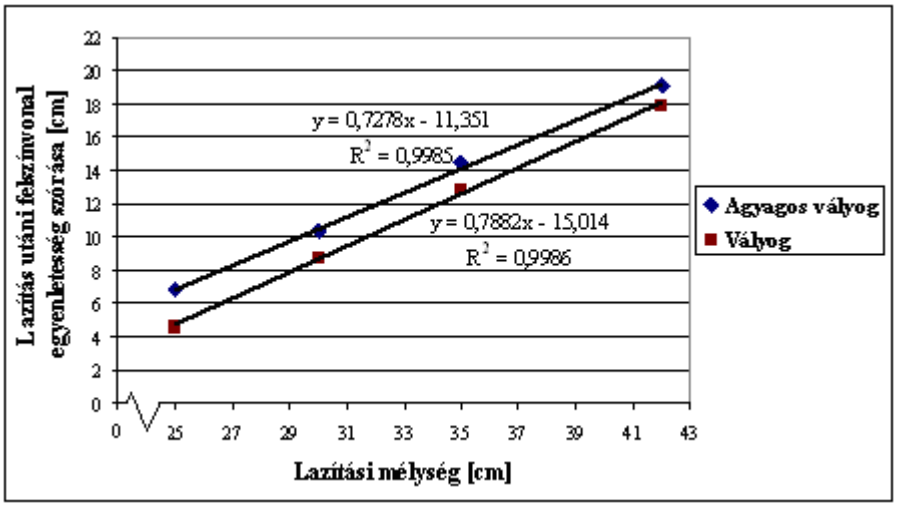


71. ábra. A lazítottság mértékének alakulása a munkamélység függvényében

A 71. ábra azt bizonyítja, hogy a munkamélység növelése a lazítottság mértékének intenzív, egyértelmű növekedéséhez vezet. Ennek fizikai magyarázata abban rejlik, hogy a nagyobb munkamélység hatására a szerszámok nagyobb mennyiségű talajt mozgatnak meg. Ezáltal mind a lazított felület nagysága, mind a felszínemelkedés felülete megnövekszik.

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.



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

A 72. ábráról látszik, hogy a lazítási mélység növelése alapvetően hozzájárul a felszínvonal intenzív durvulásához. A szerszámok a nagyobb mélységben több talajt mozgatnak meg, aminek hatására nagyobb felszínemelkedés jön létre és esetenként a felszínre nagyobb rögök is felkerülhetnek.
Megjegyzendő, hogy a munkamélységet csak addig célszerű növelni, amíg a szerszám el nem éri az úgynevezett kritikus lazítási mélységet, mert az ez alatti lazítás a munka minőségének romlásához vezet. A lazítás mélységét a termesztendő növény igénye és a gazdaságossági szempontok határozzák meg.

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

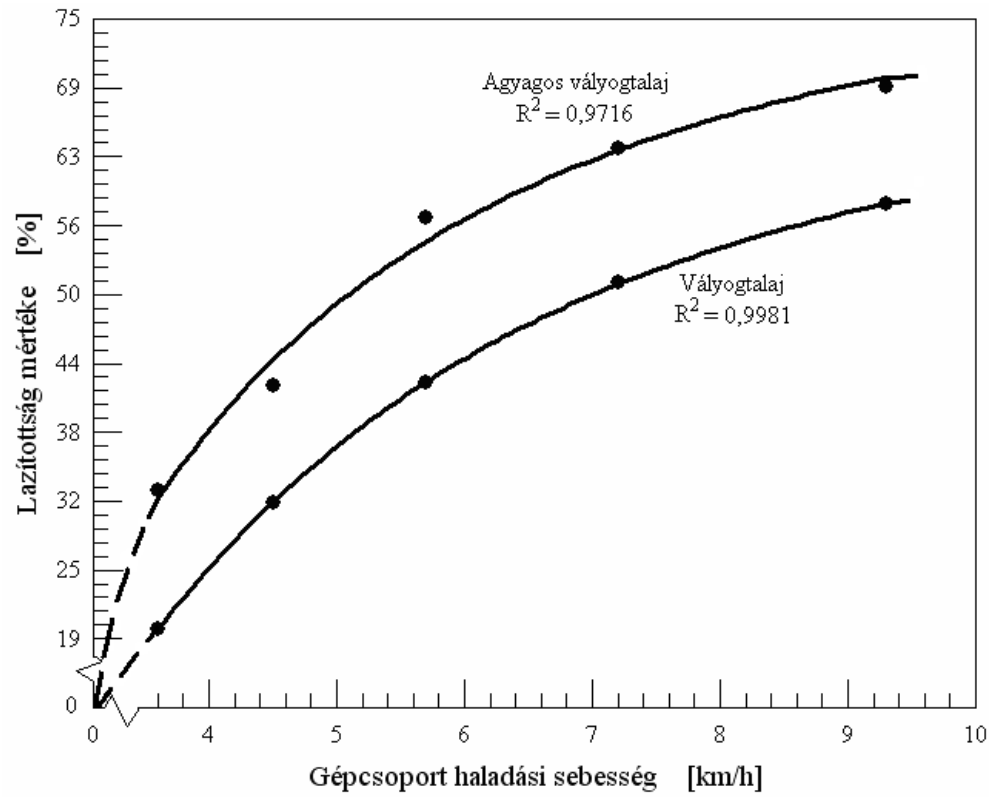
A kísérletet ebben az esetben is mindkét talajtípuson 100 m hosszú mérőszakaszokon végeztem. A munkamélységet állandó 35 cm-es értékre állítottam be. A gépcsoport haladási sebességek pedig: 3,6, 4,5, 5,8, 7,2, 9,2 km/h voltak. Tekintettel arra, hogy vályogtalajon az „*1*” – es, agyagos vályogtalajon a „*3*” - as lazító típusnak az „*1*” - es és „*3*” – as traktor típussal történő folyamatos vontatását, kis kerékcsúszás mellett ebben a haladási sebesség tartományban tudtam biztosítani (7 - 8. táblázat). Így az ötféle haladási sebességhez mindkét esetben öt különböző $L_{\chi'}$ érték tartozik (73. ábra). A mért értékekre történő függvényillesztés során az alábbi összefüggés bizonyult a legjobbnak [60]:

$$L_{\chi'} = L_{\chi'_{max}} \cdot \left(1 - e^{-r \cdot v_h}\right) \tag{79}$$

ahol:

- $L_{\chi'}$: lazítottság mértéke [%]
- r: a telítődés gyorsaságát jellemző állandó
- v_h: gépcsoport haladási sebesség [km/h].

Vályogtalajon az R^2 = 0,9981, a telítődés gyorsaságáért felelős „r” tényező értéke 3,87 lett, míg agyagos vályogtalajon R^2 = 0,9716, „r” értéke 4,71 értékre adódott.



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

Az $L_{\chi'}$ (79) függvény a

$$\frac{dL_{\chi'}}{dv_h} = r\left(L_{\chi'max} - L_{\chi'}\right),\ L_{\chi'}(0) = 0 \tag{80}$$

kezdetiértékfeladat megoldása [61]. Ez a differenciálegyenlet a lazítottság mértéke és a gépcsoport haladási sebesség közötti kapcsolatot pontosan feltáró törvényszerűségnek tekinthető. E szétválasztható változójú differenciálegyenletre vonatkozó kezdetiérték-feladat [61]:

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

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

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

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

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

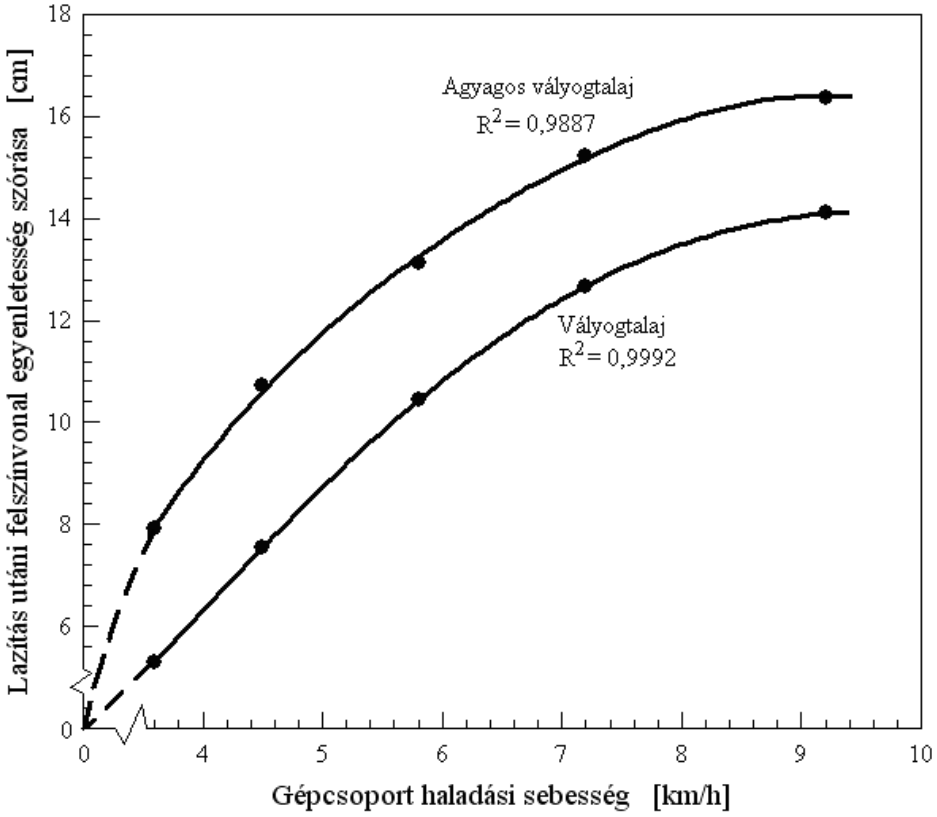
$$L_{\chi'max} - L_{\chi'}(v_h) = L_{\chi'max} \cdot e^{-r \cdot v_h}$$

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

$$L_{\chi'} = L_{\chi'max} \cdot \left(1 - e^{-r \cdot v_h}\right). \tag{81}$$

A kísérlet alapján úgy ítélem meg, hogy a jelenséget a (81) alatti exponenciális jellegű függvény a valóságnak megfelelő módon írja le. Ennek fizikai magyarázata az, hogy 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 lazítottság mértékének intenzív növekedése a gépcsoport haladási sebesség növelés hatására szintén együtt jár a felszínvonal egyenletesség szórásának

növekedésével. Ennek okozói ez esetben is részben a hatékony lazítás hatására bekövetkező talajszelvény megemelkedés, részben pedig a felszínre kerülő egyre nagyobb méretű rögök. Megjegyzendő, hogy a lazítás után kialakuló talaj felszínvonal egyenletességének szórása is aszerint az összefüggés szerint viselkedik a haladási sebesség függvényében, mint a lazítottság mértéke (74. ábra).



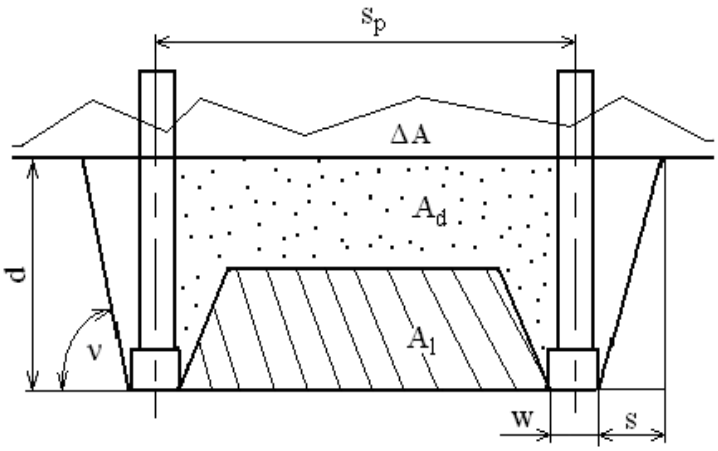
74. ábra A lazítás után kialakult felszínvonal egyenletességének szórása a gépcsoport haladási sebesség függvényében

A 79 – es egyenlet a 74. ábrán látható jelenséget is kellő pontossággal írja le. Itt az „*r*” értéke agyagos vályogtalajon 4,15 – re, vályogtalajon 3,67 – re adódott. A lazítottság mértéke és a felszínvonal egyenletességének szórása közötti alapvető kapcsolatnak ebben az esetben is a 80 – as differenciál egyenlet tekinthető.

6.6. A szerszámok közötti átlazítás mértékének vizsgálata

A vizsgálatot vályog-, és homokos vályogtalajokon, 40 cm – es munkamélység és 6 km/h gépcsoport haladási sebesség esetén végeztem (4. táblázat). A kísérlet célja az, hogy az alábbi formula kidolgozásával lehetőség nyíljék a lazítóékkel felszerelt szerszámok közötti átlazítás mértékének közelítő meghatározására. Ezek a gép típusok ezen a két talajtípuson álltak rendelkezésemre. Minden esetben azonos paraméterekkel rendelkező lazítóval dolgoztam és két kés közötti átlazítás mértékét vizsgáltam (8. táblázat, 75. – 76. ábra). Az általam alkalmazott jelölések azonosak a McKyes által bevezetettekkel [100].

75. ábra. A két késes lazító keresztszelvénye



76. ábra. A lazított és a lazítatlan területek aránya

Esetemben a lazítóékes szerszámokkal felszerelt gépeknél, a 60 cm-es szerszámosztásnál keletkezett átlazítatlan talajrész alakja nem írható le valósághűen háromszöggel, helyette a trapézzal történő közelítést alkalmazom. A trapéz magasságánál az 1/2*d*, valamint a felső oldalának hosszánál a 2/3s_p, továbbá a felszínemelkedés felületének (ΔA) nagysága a kísérleteimből származó tapasztalati értékek. A 76. ábra alapján a szerszámok között keletkező lazított keresztmetszet (A_d) területe:

$$A_d = d \cdot s_p - A_1 \tag{82}$$

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:

$$\Delta A = \frac{d \cdot s_p}{5} \qquad [\mathrm{m}^2]. \tag{83}$$

A fenti adatokból a keresztmetszet átlazítás mértékének százalékos meghatározása:

$$\varsigma = \frac{A_1}{d \cdot s_p + \Delta A} \cdot 100 = \frac{\left(\frac{5}{3} s_p - w\right) \cdot d}{4 \cdot \left(d \cdot s_p + \frac{d \cdot s_p}{5} \right)} \cdot 100 = \frac{\frac{5}{3} s_p - w}{\frac{24}{5} s_p} \cdot 100 \cong \frac{\frac{5}{3} s_p - w}{5 s_p} \cdot 100 \qquad [\%]. \tag{84}$$

Ahol:

- s_p: szerszámosztás [m]

- *d*: munkamélység [m]
- *w*: szerszámszélesség [m].

22. táblázat. A számítások eredményei

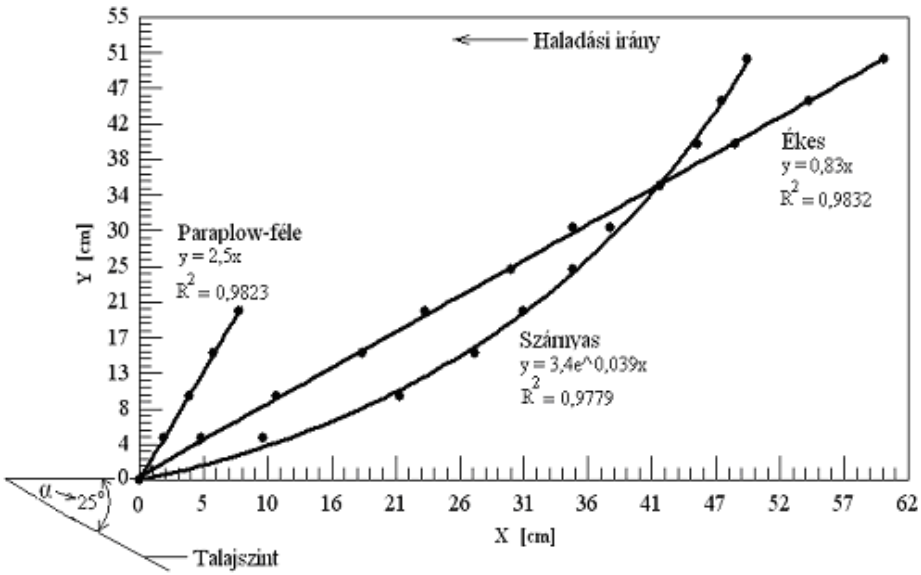
Talaj típus	Saját formula [%]	Számítógépes program [%]
vályog	32,64	38,73
homokos vályog	33,64	30,57

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.
A szerszámok közötti átlazítás mértéke nagyfokú pontossággal az általam alkalmazott számítógépes eljárással állapítható meg, melynek során az A_1, A_d és ΔA felületeket a 60. oldalon részletezett algoritmus alapján a tervezői rajzprogram területmérési opciójával határozom meg. Ebben az esetben is az egyes felületek arányának százalékos kifejezése adja meg a szerszámok közötti átlazítás mértékét. Viszont úgy ítélem meg, hogy a gyakorlati alkalmazás szempontjából a kidolgozott (84) összefüggés pontossága is kielégítő, a számítógépes adatokat ebben az esetben csak ellenőrző értékeknek tekintem.

7. A KÖZÉPMÉLY LAZÍTÓ SZERSZÁMOK ÖSSZEHASONLÍTÓ VIZSGÁLATA

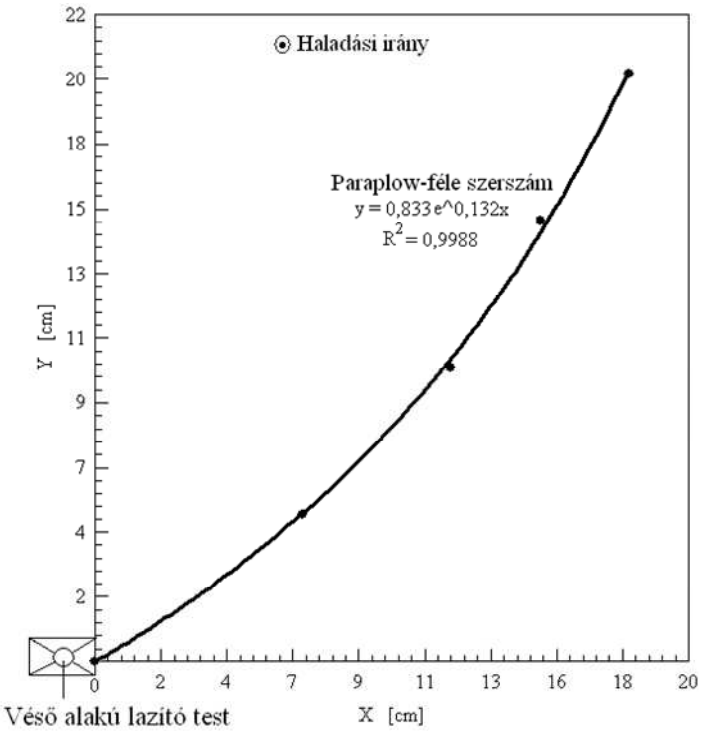
7.1. A vizsgált szerszámok vágóél profil egyenleteinek meghatározása

A vágóél profil kialakításának jelentős hatása van többek között az adott szerszám vontatási ellenállására. Ezért is tartom fontosnak a profilgörbék egyenleteinek pontos ismeretét.
Az ehhez szükséges adat felvételezést úgy végeztem el, hogy egy teljesen sík asztallapon egy cm beosztású „*x-y*” koordinátarendszert vettem fel. A vizsgált szerszámot pedig úgy helyeztem rá erre a sík lapra, hogy minden esetben a vágóél kezdőpontja legyen a koordinátarendszer origójában. Ezután a vágóél pontjait koordinátánként kaptam meg. Ezekre a pontokra történő függvényillesztéssel határoztam meg a kérdéses profil egyenletét.
A vizsgált szerszámok mindegyikén a lazítótest 25º-ot zár be a vízszintessel.



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

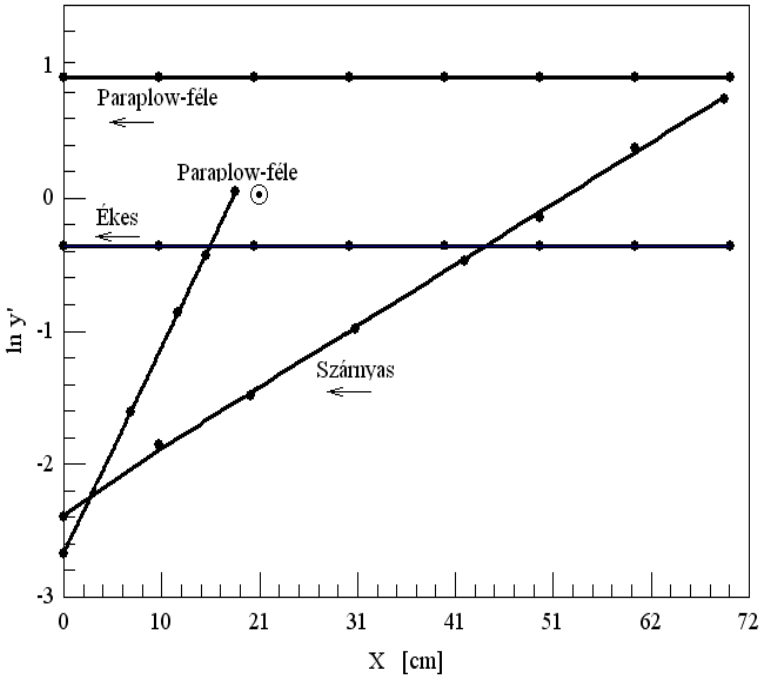
A 77. ábráról az derül ki, hogy a Paraplow-féle szerszám vágóéle a legmeredekebb, a szárnyas szerszámé pedig az íves kialakításból adódóan kevésbé meredek.



78. 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 $y' = tg\alpha$.



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

A 79. 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.

7.2. 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. (8.táblázat) A mérővizsgálatokat minden szerszám esetén háromszoros ismétléssel hajtottam végre.

23. táblázat A munkaminőségi vizsgálat eredményei

Mért munkaminőségi jellemzők	**Paraplow szerszám**	**Lazítóékes szerszám**	**Szárnyas lazítószerszám**
Felszínemelkedés területe (ΔA) [cm^2]	557,5	340,5	975
Lazított szelvény területe (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

80. ábra. A Paraplow-féle szerszám munkája

A Paraplow-féle szerszám a lazított keresztmetszetben a talajszelvény alá bújva, azt megemelve, majd ugyanoda visszaejtve lazítja a talajt [58]. A lazítást a gerinclemez csúcsán lévő ék és a gerinclemezen elhelyezett - állítható szögű - lazítószárny végzi. 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. A talajszelet megemelkedésének mértéke a szárny szögállásától is függ, ez a vizsgálataim során a gerinclemez függőleges részéhez képest 15° volt.
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 (80. ábra).

81. 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 (81. ábra).

82. ábra. A lazítószárnyas szerszám munkája

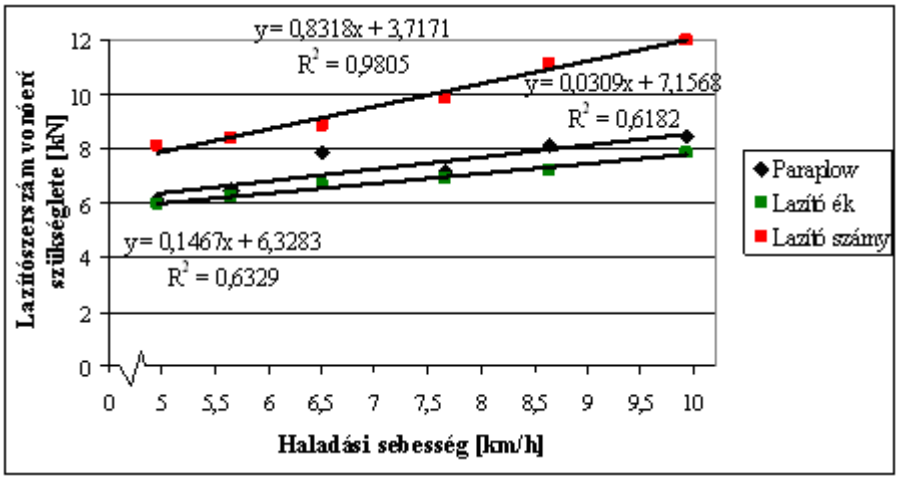
A szárnyas lazítószerszám is az ékes szerszámhoz hasonlóan lazít, azzal a lényeges különbséggel, hogy a lazítóéken lévő szárnyaknak köszönhetően a lazított sáv sokkal szélesebb. Továbbá a talajszelvény megemelő, aprózó hatás és ezáltal a lazítottság is ennél a konstrukciónál a leghatékonyabb a vizsgált 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 (82. ábra).

A lazítás kísérő jelensége a talaj felszínének rögösödése. (23. táblázat) 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.

7.3. 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. A 83. ábrán a háromszoros ismétléssel összegyűjtött adatok átlagai láthatóak, mindhárom szerszám esetén.



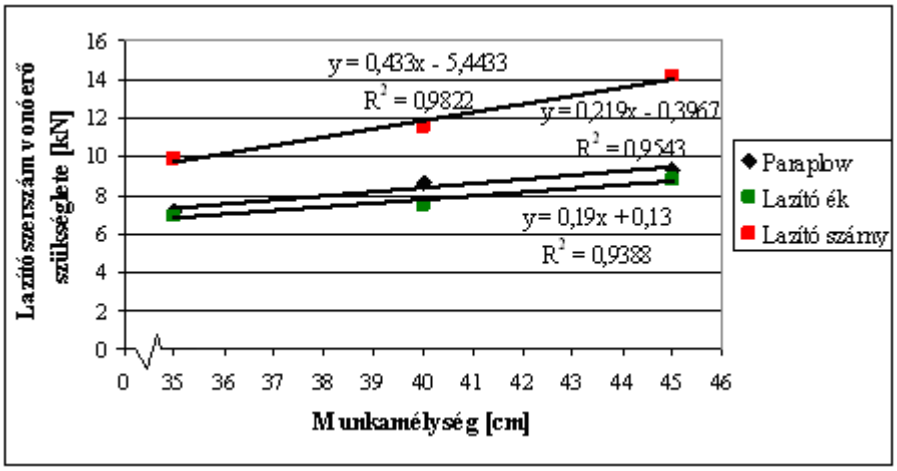
83. ábra. A különböző haladási sebességeken mért vonóerő adatok a sebesség függvényében [67]

A mérés alapján az a következtetés vonható le, hogy a haladási sebesség növelése a lazítóékes és a Paraplow-féle szerszámnál nem eredményez olyan lényeges vonóerő növekedést a nagyobb sebességtartományokban sem, mint a szárnyas szerszám esetében. Mert a szárnyas lazítószerszámnál a haladási sebesség növelésével drasztikusabb vonóerő növekedés tapasztalható, ami a legmagasabb sebesség fokozatban meghaladja a 2 kN-ot. 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.

7.4. 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. A 84. ábrán az ismétlés átlagok láthatóak a vizsgált szerszámokra vonatkozóan a munkamélység függvényében.



84. ábra. A különböző munkamélységekben mért vonóerő adatok átlaga a munkamélység függvényében [67]

A munkamélység növelése a lazítószerszám konstrukciótól függetlenül minden esetben a vonóerő jelentős megnövekedését eredményezi. 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. A 35 cm-es munkamélységben a lazítóékes és a Paraplow-féle szerszám vonóereje közel azonos. A vizsgálat szerint tehát a szárnyas kialakítás a legérzékenyebb a munkamélység változásra is.

A vizsgált két tényező közül a munkamélység az, amelynek hatására a lazítószerszámok vonóerő szükséglete jelentősen megnövekszik. Némileg kivételt képez a három vizsgált szerszám közül a lazítószárnyas konstrukció, mert itt a haladási sebesség hatására is egyértelmű vonóerő növekedés lépett fel.

7.5. A vizsgált szerszámok minősítése a bevezetett fajlagosteljesítmény-mutatóval

A lazítószerszámok munkájának értékelésére, minősítésére bevezettem az ún. lazítószerszámokra jellemző fajlagosteljesítmény-mutatót. Ennek segítségével szeretnék együttesen rámutatni az összehasonlított szerszámok közötti konstrukciós eltérőségből származó energetikai és munkaminőségi különbségekre.
Meghatározásánál a mért lazításhoz szükséges vonóerő és a gépcsoport haladási sebesség szorzatát – melyek a lazításhoz szükséges erőgép teljesítményt adják – vonatkoztattam a felszínemelkedés és a lazított szelvény felületének hányadosára. Ezzel az értékkel az egységnyi lazítottságra jutó teljesítmény igényt fejezem ki. Jele: k_{sz} [67]. Meghatározása:

$$k_{sz} = \frac{P_L}{L} = \frac{F_L \cdot v_h}{L} \quad \text{[kW]} , \qquad (85)$$

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 teljesítményráfordítás árán minél nagyobb lazítottságot ér el (24. táblázat).

24. táblázat A vizsgált három lazító szerszámra a (85) képlettel meghatározott tényezők (k_{sz}) értékei és azok átlaga

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.

Tehát a lazító szerszámokra jellemző k_{sz} tényező alkalmas a különböző szerszámtípusok összehasonlítására és energetikai jellegű rangsorolására.

Összesítve az eredményeket megállapítható, hogy a szerszámtényezővel történő energetikai jellegű minősítéssel is és a munkaminőség vizsgálat alapján is a szárnyas lazító került az első helyre, ez a konstrukció végzi a talajban a leghatékonyabb lazítómunkát, bár a vonóerőigénye is ennek a legnagyobb.

A Paraplow-féle szerszám esetében számolni kell azzal a ténnyel is, ha több késes gépen ezt a típust alkalmazzuk, akkor a két középső szerszám és a csatlakozó húzások között nagyméretű átlazítatlan kúpok keletkezhetnek, ami agrotechnikailag nem megengedhető. Természetesen a keletkező átlazítatlan kúpok nagysága nagymértékben függ a talaj típusától és nedvességtartalmától is. Ennek kiküszöbölésére lehet egy megoldás az ilyen szerszám típusok ekegerendelyre történő felszerelése [35].

8. A GYAKORLATI ALKALMAZÁS LEHETŐSÉGEI, A TÉMA TOVÁBBFEJLESZTÉSÉNEK LEHETSÉGES IRÁNYAI

A különböző állapotú talajfelületek számítógépes tervezői rajzprogrammal történő meghatározásának előnye az egyszerűsége és gyorsasága mellett az, hogy a korábbi planiméterrel történő terület meghatározás dm² pontossággal történt, míg ez az általam alkalmazott eljárás cm² pontossággal képes meghatározni az egyes keresztszelvény területek nagyságát. A pontosság fokozása az én kutatási feladatomban lényeges szempont, többek között a hagyományosnak a fajlagos villamos vezetőképesség értékekből képzett lazítottsággal ($L_{\chi'}$) történő minél pontosabb összehasonlítása miatt. Ez a fajta felhasználási mód is bizonyítja a tervezői rajzprogramoknak a műszaki tervezésen kívül más tudományterületeken való sikeres alkalmazhatóságát.

Az alapvető talajfizikai jellemzők vizsgálata során kapott eredmények várhatóan arra lesznek felhasználhatóak, hogy a lazítás előtt mért fajlagos villamos vezetőképesség-eloszlás alapján következtethetünk valamelyest a talajellenállás eloszlására is a felső 30 cm-es rétegben, ha az nagymértékben változik a mérőterületen.

A Veris 3100-as típusú szántóföldi mérőberendezéssel folytatott kísérleteim során a lazítottság mértéke és a fajlagos villamos vezetőképességek viszonyszáma ($L_{\chi'}$) között tapasztalt összefüggéssel sikerült rámutatnom arra a tényre, hogy a műveléssel előidézett fizikai állapotváltozás és a fajlagos vezetőképesség között egyértelmű kapcsolat van, amely az említett két talaj típuson az adott körülmények között alkalmazható a lazítottság mérésére.

A célkitűzésekben szerepelt mérési eljárás alapjainak kidolgozásához ez a mérőberendezés alkalmazható volt. Kísérleteimnek ebben a részében a középmély lazítók munkaminőségének értékelésére egy az eddigiektől eltérő, más szempontból történő, újszerű megközelítési módot dolgoztam ki. Az új minősítő módszer alkalmazása lehetővé teszi a lazítottság mértékének a korábbi módszerhez képest gyorsabb, pontosabb meghatározását. Elmaradhat a hosszú időt igénylő keresztszelvény kiásás, ami tulajdonképpen csak egyetlen adatot eredményez. E módszer révén rövidebb idő alatt lényegesen több adathoz jutunk, amely a lazítottság mértékének megbízhatóbb minősítését eredményezi. Ha a jövőben beszerezhető lesz a Veris többféle mélységben is mérni képes változata, akkor a különböző lazítási mélységekben történő összefüggés vizsgálat a téma továbbfejlesztését jelentheti. Továbbá a többi - középmély lazítóhoz hasonló - lazításos elven

működő talajművelő gép munkaminőségének értékelésére is el lehet végezni a kísérleteket.

A három különböző konstrukciójú lazítószerszámmal elvégzett kísérlet alapján a gyakorlat számára a bevezetett fajlagosteljesítmény-tényező munkaminőségi és energetikai jellegű, számszerű eredményt nyújt az összehasonlított szerszámokra vonatkozóan.

A munkaminőség vizsgálata pontos képet ad az általuk végzett lazító munkáról. Ez a vizsgálat fontos információkat nyújthat a gép üzemeltetőknek a középmély lazító szerszámok helyes megválasztása során.

9. 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 telítődés gyorsaságát jellemző állandó
- 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 fajlagosteljesítmény-mutatót, 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.

ÖSSZEFOGLALÁS

Kutató munkám során azt feltételeztem, hogy léteznek olyan faktorok, amelyek a talaj fajlagos villamos vezetőképességét és a lazítottság mértékét egyaránt befolyásolják. A kísérleteket háromféle – vályog-, agyagos vályog- és homokos vályogtalaj – típuson végeztem.

Vizsgálataimmal igazoltam, hogy középmély lazítás hatására a talaj fajlagos villamos vezetőképessége jelentősen lecsökken, mivel a lazítás hatására a talajrészek elszakadnak egymástól, helyükre pedig levegő kerül. Vályogtalajon végzett kísérleteim kapcsán összefüggést mutattam ki a felső 30 cm-es rétegben mért fajlagos vezetőképesség értékek, valamint az ugyanott mért nedvességtartalom és penetrációs ellenállás értékek között.
Megállapítottam, hogy vályog – és agyagos vályogtalajon a felső 25 - 42 cm-es rétegű lazítás esetén a különböző talajállapotokban mért fajlagos vezetőképesség-értékekből meghatározott lazítottság érték ($L_{\chi'}$) és a hagyományos módszerrel mért lazítottság mértéke (L) jó közelítéssel ugyanazt az értéket adja. A kidolgozott viszonyszámot ebben a formában írtam fel:

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

Mindezek alapján a lazítottságnak szántóföldi körülmények között történő, a korábbi módszernél egyszerűbb, gyorsabb, számszerű meghatározása vált lehetővé a talaj fajlagos villamos vezetőképesség mérés alapján. A megállapítás a Veris mérőberendezés konstrukciós adottságaitól és a talaj típustól függően a fentiekben részletezett körülmények között érvényes.

A kísérletek alkalmával az eljárás működőképességének bizonyításán túl összefüggéseket tártam fel. Ennek révén összefüggéseket állítottam fel vályog- és agyagos vályogtalajokon a munkamélységnek és a haladási sebességnek a lazítottság mértékére gyakorolt hatása területén.

A dolgozat ezen részében továbbfejlesztettem a hagyományos módon történő lazítottság mérésnél az egyes szelvényfelületek planiméteres meghatározását a számítógépes tervezői rajzprogrammal történő területszámításra.

Vályog- és agyagos vályogtalajokon végzett vizsgálataim alapján összefüggést állítottam fel a lazítóékkel felszerelt szerszámok közötti átlazítás mértékére.

Elvégeztem három középmély lazító szerszám energetikai és munkaminőségi összehasonlítását. Ennek során az adott szántóföldi körülmények között vizsgáltam a parabola kialakítású gerinclemezt

lazítószárnnyal, a Paraplow-féle kialakítást véső alakú lazító szerszámmal és az egyenes szárú gerinclemezt lazítóékkel.

E kísérletek alkalmával a különböző kialakítású lazítószerszámok egyedi energetikai minősítésére felállítottam egy fajlagosteljesítmény-tényezőt. Ennek nagysága:

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

A formula alkalmas a különböző kialakítású szerszámok energetikai jellegű rangsorolására, minősítésére.

IRODALOM

1. Achilles, A.: Bodenbearbeitung durch Druckluft, Landtechnik, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt 1980, 25. o

2. Adamchuk, V.I., Hummel, J.W., Morgan, M.T., Upadhyaya, S.K.: On-the-go soil sensors for precision agriculture, Computers and Electronics in Agriculture 2004, 71-91. o

3. Al-Jahil, H.F., Khadir, A., Mukahal, W.: Design and performace of an adjustable three-pont hitch dynamometer, Soil and Tillage Research 62, 153-156. o

4. Andrási J. – Kapocsi I.: Idő- és energiatakarékosabb talajművelés, Agroinform, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest 1981, 35. o

5. Araya, K. – Gao, R.: A non-linear three-dimensional finite element analysis of subsoiler cutting with pressurized air injection. Journal of Agricultural Engineering Research, 1995, 115-128. o

6. Avar L.: Altalajlazítás a belvíz ellen, Magyar mezőgazdaság, Magyar Mezőgazdaság Kft., Budapest 2006, 22-23. o

7. Arwed, S.: Die Messung der Leitfahigkeit als Mass für die Dichte des Bodens, Landtechnik, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt 2005, 264-265. o

8. Balaton J.: A mélylazító gépek vonóerő-csökkentési lehetőségei, Járművek, Építőipari és Mezőgazdasági Gépek, Gépipari Tudományos Egyesület, Budapest 1988, 191. o

9. Balliy, J. – Söhne, W.: Der Bodenbruch Schwerer Abschlepper und Fahrzeuge, Landtechnik, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt 1982, 27-31. o

10. Barta L. – Fülöp G. – Jóri J. I.: A nagy teljesítményű traktorok talajművelő gépei, Mezőgazdasági Könyvkiadó, Budapest, 1980, 139-143. o

11. Bánházi J.: Kiegészítő „Talajművelőgépek vontatási ellenállása” FVM Műszaki Intézet, Gödöllő 2001, 104-105. o

12. Bánházi J.: Szántóföldi mérések, Méréstechnika, GATE Mezőgazdasági Gépészmérnöki Kar Egyetemi jegyzet, Gödöllő 1987, 78-83. o

13. Bánházi J. – JÓRI J. István – SOÓS Pál: Középmély lazító szerszámok összehasonlító vizsgálata, Akadémiai Kiadó, Budapest 1984, 13-19. o

14. Birkás M.: A talajtömörödés kialakulása Magyarországon; következményei, megelőzésének és enyhítésének lehetőségei, MTA doktori értekezés, Gödöllő 2001, 45-52. o

15. Birkás, M.: Földműveléstan és földhasználat, Mezőgazda Kiadó, Gödöllő, 2006, 146-214. o

16. Birkás, M.: Kételyek és meggondolandók a tarlóművelésben. 2.rész, Mezőgazdasági Technika, FVM Mezőgazdasági Gépesítési Intézet, Gödöllő 2004, XLV. évolyam augusztus 34. o

17. Birkás, M.: Környezetkímélő és energiatakarékos talajművelés, SZIE. MKK. Növénytermesztési Intézet, Gödöllő, 2004, 38-286. o

18. B. Boydell, A. McBratney, B. Whelan & Budiman: Preliminary results with the VERIS soil electrical conductivity instrument. Australian Centre of Precision Agriculture, University of Sydney, 2007. www.usyd.edu.au/veris

19. C. Bugge Henriksen, J. Rasmussen, C. Sogaard Kemink: Subsoiling before and after planting, Soil and Tillage Research, Volume 80, Issues 1-2, January 2005, 59-68. o

20. C. M. Sasaki, J. L. de M. Gonçalves, Á. P. da Silva: Ideal subsoiling moisture content of Latosols used in forest plantations, Computers and Electronics in Agriculture, 2001, 22. o

21. Csiba M. – Stépán Zs. – Milics G. – Neményi M.: Folyamatos talajellenállás mérés-új fejlesztések, *MTA-MÉM Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás Kiadványa* 32. Kötet, pp. 19, Gödöllő, 2008.

22. Csorba, L.: Bevezetés a kutatásba, Egyetemi jegyzet, Gödöllői Agrártudományi Egyetem Mezőgazdasági Gépészmérnöki Kar Tudományos Diákköri Tanács, Gödöllő 1998, 64-69. o

23. E. Mckyes: Soil Cutting and Tillage, Department of Agricultural Engineering, Mc Donald College of McGill University, Canada 1985, 92-103. o

24. Fenyvesi L. - Jóri J. I.: Experiments with active cultivation tools. ”New trends in Engineering Design” workshop, Mezőgazdasági Technika, FVM Mezőgazdasági Gépesítési Intézet, Gödöllő, 2003. No.6. 51-54. o.

25. Forbriger, U.: Technische Lösungen zum Lockern von Krumen basis – bzw. Pfluglosen verdichtungen. Agrar Technik, Offizielles Organ der Hauptarbeitgemeinschaft des Landmaschienen - Handels und - Handwerks, Berlin 1983. 45-48. o

26. G.F. Botta, D. Jorajuria, R. Balbuena, M. Ressia, C. Ferrero, H. Rosatto and M. Tourn: Deep tillage and traffic effects on subsoil compaction and sunflower yields, Soil and Tillage Researche, 2006, 164-172. o

27. Gill, W.R.: Compaction of Agricultural Soils, ASAE, St. Joseph, Michigan 1971, 14. o

28. Grath, T.: Effects of agricultural machinery traffic on pea growth and penetration resistance in the subsoil. Swedish University of Agricultural Science, Uppsala 1996, 56. o

29. Gyárfás J.: A magyar dry – farming, Országos Magyar Gazdasági Egyesület Könyvkiadó vállalata, Budapest 1922, 38. o

30. Gyuricza, Cs.: A talajlazítás, Agronapló, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest 2005, 51-52. o

31. I. J. Jóri - S. Soós: Means and Methods to reduce soil compaction, Hungarian Agricultural Engineering, Hungarian Institute of Agricultural Engineering, Gödöllő 1990, 18-20. o

32. J., Jonak and J., Gajewski: Identification of ripping tool types with the use of characteristic statistical parameters of time graphs, Tunnelling and Underground Space Technology, In Press, Corrected Proof, Available online 2007, 63. o

33. Jóri J. I.: A geometriai paraméterek és a talajkötöttség közötti összefüggések középmély lazító szerszámoknál, Nemzetközi Tudományos Konferencia Környezetkímélő Mezőgazdasági Technika címmel, Pannon Agrártudományi Egyetem, Mosonmagyaróvár, 1993. 102. o

34. Jóri J. I.: Környezet - orientált talajművelési rendszerek agrotechnikai és műszaki összefüggései, MTA doktori értekezés, Budapest 2008, 35. o

35. Jóri J. I.: Középmély lazítók műszaki, munkaminőségi és energetikai összefüggései, Kandidátusi értekezés, Gödöllő 1990, 1-58. o

36. Jóri J. I.: A talajlazítás módszerei és eszközei, Gyakorlati AGROFÓRUM, 1999, 4. o

37. Jóri J. I – Salamon S. 1998: Soil compaction management by vary-with subsoiler. 13th International Congress on Agricultural Engineering. Rabat, 1998. Proc. 93-99. o

38. Jóri J. I. Soós S.: Forgatás nélküli talajelőkészítés középmély lazítókkal, MTA-MÉM Agrár - Műszaki Bizottság Kutatási Tanácskozása, MÉM Műszaki Intézet, Gödöllő, 1983. 4. kötet 21. o

39. Jóri J. I. - Soós S.: Káros talajtömörödés megszüntetése változtatható munkaszélességű középmély lazítóval, Járművek, Mezőgazdasági gépek, Gépipari Tudományos Egyesület, Budapest 1990, 214. o

40. Kaifás F.: Altalajlazító és lazítás technológia tervezése tömörödött csernozjom talajok lazítására Magyarországon, MTA Doktori értekezés tézisei, Gödöllő 1998, 7-21. o

41. Kaifás F.: A talajlazítás munkafolyamatát jellemző paraméterek fogalma és meghatározási módszerei, Kézirat, Gödöllő 1998, 1-20. o

42. Kaifás, F., Kazakov, V., Szabó, Gy.: A talajlazítás energiaigényének mechanikai analízise, Járművek, Építőipari és Mezőgazdasági gépek, Gépipari Tudományos Egyesület, Budapest 1995, 248. o

43. K. A. Sudduth, N. R. Kitchen, G. A. Bollero, D. G. Bullock, and W. J. Wiebold: Comparison of Electromagnetic Induction and Direct Sensing of Soil Electrical Conductivity, Agronomy Journal Sudduth 95 (3), 472-482. o

44. Karai János - Dr. Mészáros Ferenc: Általános és kertészeti géptan II., Interagent Kiadó, Budapest, 1996, 56. o

45. Kindler J. – Papp F.: Komplex rendszerek vizsgálata, Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1982, 54. o

46. Kósa A.: Közönséges differenciálegyenletek, Szent István Egyetem, Gödöllő, 2007, 1-257. o

47. Maciej, M.: A torque evaluation for a rotary subsoiler Soil and Tillage Research, 2005, 175-183. o

48. M., Birkás: Enviroment – Focused analysis of the soil loosening. Hungarien Agricultural Engineering, Gödöllő 2002, 65. o

49. M.N., Letosnyev: Mezőgazdasági gépek elmélete, Akadémiai Kiadó Budapest, 1951, 161-176. o

50. Mouazen, A.M.: Development of on-line measurement system of bulk density based on-line measured draught, depth and soil moisture content, Soil and Tillage Research, 2006, 218-229. o

51. M. Pagliai, A. Marsili, P. Servadio, N. Vignozzi and S. Pellegrini Istituto: Changes in some physical properties of a clay soil in Central Italy following the passage of rubber tracked and wheeled tractors of medium power, Soil and Tillage Research, 2003, 119-129. o

52. Neményi M., Mesterházi P.Á., Milics G.: An Application of Tillge Force Mapping as a Cropping Management Tool, Biosystems Engineering, 2006, 351-357. o

53. N.R. Kitchen, K.A. Sudduth, D.B. Myers, S.T. Drummond and S.Y.: Delineating productivity zones on claypan soil fields using apparent soil electrical conductivity Computers and Electronics in Agriculture, Volume 46,Issues 1- 3, March 2005, 285-308. o

54. P. S. Lammers, Y. Sun, D. Ma: Einsatz eines Kombinationssensors zur Kartierung des Bodenwiderstands und Bodenwassergehaltes, Landtechnik, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt 2007, 330 – 331. o

55. Rácz P. – Dr. Szüle Zs.: A középmély lazítók alkalmazásának fontossága, a legfontosabb művelőszerszám kialakítások bemutatása, XXX. Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás, Gödöllő, Szent István Egyetem 2006

56. Rácz P.: A középmély lazító, mint a forgatás nélküli talajművelés alapgépe, Tavaszi szél, Doktoranduszok Országos Szövetségének Kiadványa, 2006

57. Rácz P. - Dr. Szüle Zs.: A középmély lazítók alkalmazása a mezőgazdaságban, XXXI. Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás, Gödöllő, Szent István Egyetem 2007

58. Rácz, P. - Dr. Szüle, Zs.: Az egyenes és a ferde késsel dolgozó középmély lazítók összehasonlítása, XXXI. Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás, Gödöllő, Szent István Egyetem 2007

59. Rácz P. - Dr. Szüle Zs.: Általános vonóerő modell meghatározása középmély lazító szerszámokra, XXXII. Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás, Gödöllő, Szent István Egyetem, 2008.

60. Rácz P. – Dr. Varga Z., Dr. Szüle Zs.: Összefüggésvizsgálat a talaj lazítottságának mértéke és a munkavégző gépcsoport haladási sebessége között, GÉP, LVIII. évf., 2008, 54-57. o

61. Rácz, P.: Relationship between the looseness L of soil and the travel speed of the tractor-implement combination, In: *Acta technologica agriculturae*, univerzita v Nitre 2008. → Megjelenés alatt.

62. Rácz P. – Dr. Szüle Zs.: Test of subsoil chisel tools, 5th YOUTH SYMPOSIUM, on Experimental Solid Mechanics, Púchov, Slovakia, 2006

63. Rácz, P. – Dr. Szüle, Zs.: Work quality test with Veris 3100, *6th* YOUTH SYMPOSIUM, on Experimental Solid Mechanics, Vrnjacka Banja, Serbia, 2007

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

65. Rácz, P. – Szüle, Zs.: Talajművelési módszerek műszaki, ökonómiai értékelése, Gazdálkodás, 50. évf., 2006

66. Rácz, P. – Szüle, Zs.: Mérési módszer a talajlazítás mértékének kimutatására az elektromos vezetőképesség segítségével, GÉP, LVIII. évf., 2007, 54-57. o

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

68. Rácz P. – Dr. Szüle Zs.: Forgatás nélküli alapművelés középmély lazítóval, Agroinform, 15. évf., 2006

69. 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). *Hungarian Agricultural Engineering*, 20/2007 32-34. o

70. Rádics J. – Jóri J. I. – Szabó I. – Deákvári J. – Kovács L.: Intelligens munkagépek tervezési – üzemeltetési feltételei. (Designing and operating conditions of intelligent implements) XXX. MTA-AMB Kutatási és Fejlesztési Tanácskozás. Gödöllő, 2006. 13. o

71. Rázsó I.: Talajművelő gépek I. kézirat, Műszaki Egyetem Gépészmérnöki Kar, Budapest 1952, 3-40. o

72. Sembery P.: Elektrotechnika, Szent István Egyetem, Gépészmérnöki Kar, Gödöllő 2000, 15. o

73. Stefanovits P. – Filep Gy. – Füleky Gy.: Talajtan, Mezőgazda Kiadó, Budapest, 1999, 71-220. o

74. Simonyi K.: Villamosságtan, Akadémiai Kiadó, Budapest 1983, 398-414. o

75. Sitkei Gy.: A mezőgazdasági gépek talajmechanikai problémái, Akadémiai Kiadó, Budapest 1967, 23-82. o

76. Sitkei Gy.: A mezőgazdasági anyagok mechanikája, Akadémiai Kiadó, Budapest 1981, 18-22. o

77. Soós P.: Műszaki Számítások, Agrártudományi Egyetem Mezőgazdasági Gépészmérnöki Kar, Gödöllő 1989, 229-231. o

78. Soós S.: Középpontban a középmély lazítás, Agrárunió, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest 2004, 34-37. o

79. Soós S.: Mezőgazdasági Gépvizsgálati Értesítő, FVM –MGI, Gödöllő 2004, 3-8. o

80. Soós S.: Talajművelés gépesítési aktualitások, Őstermelő, Gazdálkodók lapja, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest 2006, 62-64. o

81. Söhne, W.: Some Principles of soil Mechanics as Applied to Agriculture Engineering, Grundlagen der Landtechnik, Kuratorium für Technik und Bauwesen in der Landwirtschaft, Darmstadt 1956, 42. o

82. Sváb J.: Biometriai módszerek a kutatásban, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, 1981, 548. o, XV. táblázat

83. Szendrő P.: Mezőgazdasági géptan, Mezőgazda Kiadó, Budapest 1993, 185. o

84. Szüle Zs.: Mezőgazdasági géptan, Talajművelés gépei, Mezőgazda Kiadó, Budapest 1993, 185. o

85. Tálas Gy.: Még egyszer a talajművelésben rejlő lehetőségekről, kötött talajokon hagyományos és korszerű altalajműveléssel, Őstermelő, Gazdálkodók lapja, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest 2006, 69-71. o

86. Tálas Gy.: Középkötött és kötött talajok eredményes középmély művelése, Agrárunió, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest 2005, 38. o

87. Tóth L.: Elektronika és automatika a mezőgazdaságban, Szaktudás Kiadó Ház, Budapest 2002, 15-17. o

88. Várallyay Gy.: A talaj vízgazdálkodásának szabályozása, mint a környezetkímélő növénytermesztés egyik kulcskérdése, Növénytermesztés és környezetvédelem, (Regulation of the water balance of the soil – on of the key-question of the environment saving plant production – Plant production and environment protection), MTA Agrártudományi Osztály, Budapest, 1999. 162. o

89. W.J. Busscher, P.J. Bauer and J.R. Frederick: Deep tillage management for high strength southeastern USA Coastal Plain soils, Soil and Tillage Research, 2006, 178-185. o

90. www.vogel&noot.com

91. www.veristech.com

MELLÉKLETEK

1. MELLÉKLET

1. táblázat. A talajba hatolási ellenállás és a nedvességtartalom adatai a két jellemző közötti összefüggés vizsgálathoz

Nedvességtartalom [m/m %]	**Talajba hatolási ellenállás [MPa]**
50,3	1,1
43,6	1,3
32,2	2,4
18,3	3,6
15,1	4,1
13,7	4,9
9,3	5,3

2. táblázat. A bolygatatlan talaj vezetőképességének értékei a sekély rétegben, a talajba hatolási ellenállás és a nedvességtartalom-értékek az összefüggés vizsgálathoz

Mérőszakasz hossz [m]	**Nedvességtartalom [w/w %]**	**Talajba hatolási ellenállás [MPa]**	**χ_{1e} (bolygatatlan) [mS/m]**
2	24,3	4,6	34,7
4	23,6	4,8	27,4
6	25,2	4,1	35,2
8	23,3	3,8	28,4
10	24,1	4,3	32
12	23,7	4	31,3
14	22,3	4	26,9
16	24,2	4,8	31,3
18	25,7	4,7	37,4
20	23,8	4	25,7
22	24,3	3,8	28,3
24	23,2	4,6	26,8
26	22,1	3,9	25,2
28	21,4	4,1	26,5
30	21,3	4,2	25,2
32	22,5	4,2	26,2

34	20,4	4	27
36	21,7	5,6	28,9
38	22,3	6,1	27,5
40	24,5	6,3	25,5
42	20,3	5,8	26,8
44	21,1	6,3	24,3
46	23,6	5	26,3
48	23,4	7,1	27,3
50	20,1	6,8	25,6
52	23,2	7,3	24,6
54	22,5	7,6	26,3
56	23,7	6,1	25,2
58	22,3	7,2	26,3
60	21,5	6,5	27,5
62	22,5	6,1	26,9

3. táblázat. A fajlagos vezetőképesség adatok átlagértékei vályogtalajon, 30 cm-ben, az oszlopdiagramokhoz

30 - 40 cm [mS/m]	**30 - 40 cm [mS/m]**
Lazítás előtt (χ_{1e})	**Lazítás után (χ_{1u})**
22,79	15,34

4. táblázat. A fajlagos vezetőképesség adatok átlagértékei agyagos vályogtalajon, 30 cm-ben, az oszlopdiagramokhoz

30 - 40 cm [mS/m]	**30 - 40 cm [mS/m]**
Lazítás előtt (χ_{1e})	**Lazítás után (χ_{1u})**
16,202	12,1

5. táblázat A fajlagos vezetőképesség adatok átlagértékei homokos vályogtalajon, 30 cm-ben, az oszlopdiagramokhoz

30 - 40 cm [mS/m]	**30 - 40 cm [mS/m]**
Lazítás előtt (χ_{1e})	**Lazítás után (χ_{1u})**
17,936	12,376

6. táblázat. Az „*L*” értékek és az „$L_{\chi'}$” értékek összehasonlítása vályogtalajon

Lazítottság mértéke a hagyományos módszerrel (*L*) [%]	**Lazítottság mértéke az újszerű módszerrel ($L_{\chi'}$) [%]**
40,83	43,69
42,52	38,35
46,88	42,74
44,14	40,29

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

Lazítottság mértéke a hagyományos módszerrel (*L*) [%]	**Lazítottság mértéke az újszerű módszerrel ($L_{\chi'}$) [%]**
45,72	48,6
44,04	49,4
46,44	50,94
50,78	53,53

8. táblázat. Az „*L*” értékek és az „$L_{\chi'}$” értékek összehasonlítása homokos vályogtalajon

Lazítottság mértéke a hagyományos módszerrel (*L*) [%]	**Lazítottság mértéke az újszerű módszerrel ($L_{\chi'}$) [%]**
31,81	44,07
31,56	42,22
34,14	47,39
29,32	43,74

9. táblázat. A fajlagos villamos vezetőképesség adatok vályogtalajon, 30 cm-ben, az eloszlás vizsgálathoz, minta adatsor

30 - 40 cm [mS/m]	**30 - 40 cm [mS/m]**
Lazítás előtt (χ_{1e})	**Lazítás után (χ_{1u})**
21,8	18
23,1	17,3
24,4	17,1
26,3	19,2

24,9	17,1
20,9	16,7
24,1	15,4
24,8	15,1
23,6	14,7
23,6	16,2
22,4	12,5
18,1	12,7
17,9	13,4
16,8	11,1
19,4	12,6
19,5	13,8
25,8	16,2
23,1	13,9
24,4	12,4
25,2	14,3
27,9	17,5
28,3	18,2
23,5	17,1
17,7	14
19,8	14,8
18,6	12,9
22,9	16,9
24,4	16,5
21,5	16,3
23	17
22,5	16,8
19,6	13,5
18,4	11,1
22,2	15
22,8	15,5
28,4	17,6
25,1	13,8
27,4	14,1
26,2	18,5
24,9	15,4
20,2	14,5
18,8	17,4

21,5	15,6
24,8	16,2
20,9	15,4
21,8	14,1
25	17
24,9	15,7
22,8	16,4
23,7	12,5

10. táblázat. A fajlagos villamos vezetőképesség adatok agyagos vályogtalajon, 30 cm-ben, az eloszlás vizsgálathoz, minta adatsor

30 - 40 cm [mS/m]	**30 - 40 cm [mS/m]**
Lazítás előtt (χ_{1e})	**Lazítás után (χ_{1u})**
16,8	13,7
17,5	15,1
18,1	9,4
19,3	14,8
18,6	9,6
18,7	15,5
17,3	13
18,5	10,9
18,3	15,3
15,3	13,1
14,3	11,7
14,4	12,9
12,7	6,9
12,2	10,8
13,7	8,5
14,3	10,9
14,5	11
13,4	12,3
14,2	7,8
14,4	10,5
15	13,1
14,8	13,8
15,3	9,2

15,5	12,6
15,3	11,4
14,3	12,1
13,5	7,7
13,6	11,4
14,5	13,6
16,3	13,9
16,2	12,8
17,9	14,7
17	9,6
18,4	15,8
20,5	12,8
18,5	11,4
16	12,8
16,6	10,1
14,2	13,1
16,2	12,6
15,8	11,8
16,1	10
16,9	16,1
17,4	15,1
18,4	14,2
18,4	14,5
18,4	16,2
18,2	9,1
17,5	10,6
16,9	9,2

11. táblázat. A fajlagos villamos vezetőképesség adatok homokos vályogtalajon, 30 cm-ben, az eloszlás vizsgálathoz, minta adatsor

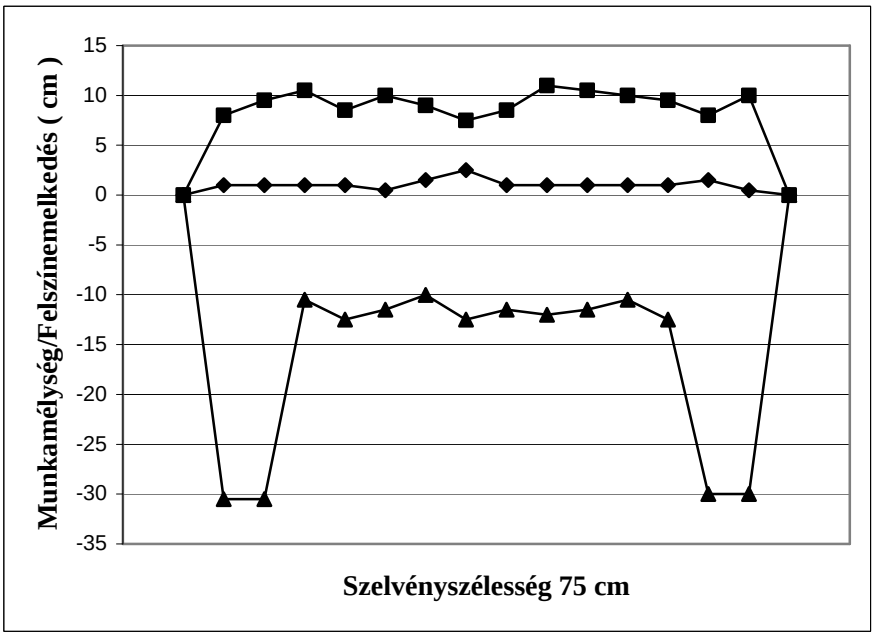
30 - 40 cm [mS/m]	**30 - 40 cm [mS/m]**
Lazítás előtt (χ_{1e})	**Lazítás után (χ_{1u})**
19,1	12,7
15,8	11,7
17,6	14,4
15,1	9,8

16,5	10,7
19,9	13,1
14,8	9,6
17,4	11,3
14,1	9,2
14,8	8,6
15,4	10,9
18,4	12,4
16	8,3
18	13,3
18,5	12,8
16,6	14,4
17,7	11,7
19,6	13,9
17	11,7
15,7	10,1
16,1	12,2
18,4	9,4
18,4	13,3
18,5	12,8
20,7	14,2
19,3	13,1
18,8	15,8
20,2	12,5
20,4	11,9
22,1	16,9
19,3	12,8
20,8	13,6
19,8	14,2
16,1	10,7
19,3	13,8
18,1	15,1
17,4	11,4
15	9,9
17,8	12,1
18,9	14,6
16,4	11,5
15,6	10,1

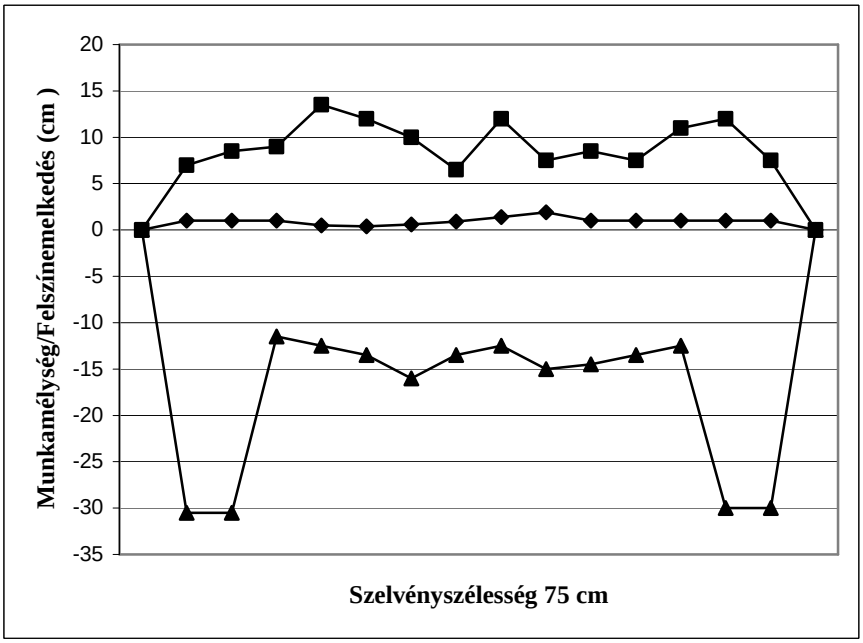
20,5	14,6
19,2	13,8
19,2	14,5
17,7	10,1
18,2	16,8
19	14,1
18,1	12,5
19,5	9,9

2. MELLÉKLET

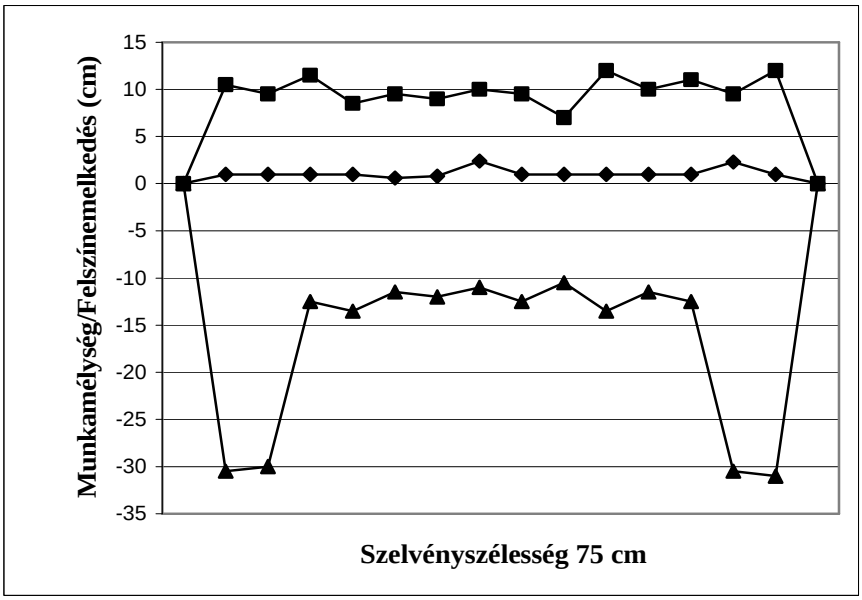
I. A négy talajprofil-vizsgálat eredménye vályogtalajon



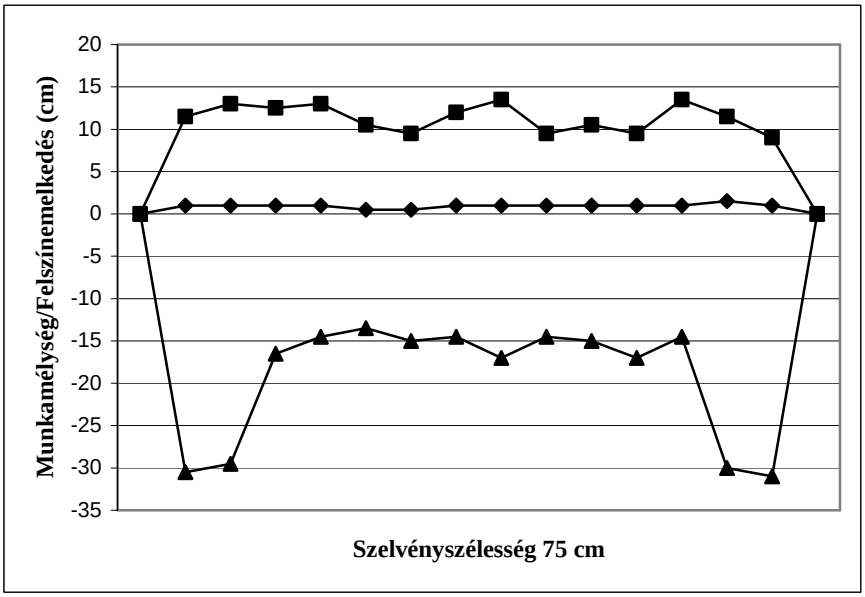
L = 40,83% (ΔA = 515,47 cm^2, A_0 = 1262,5 cm^2)



L = 42,52% (ΔA = 630,35 cm^2, A_0 = 1482,5 cm^2)

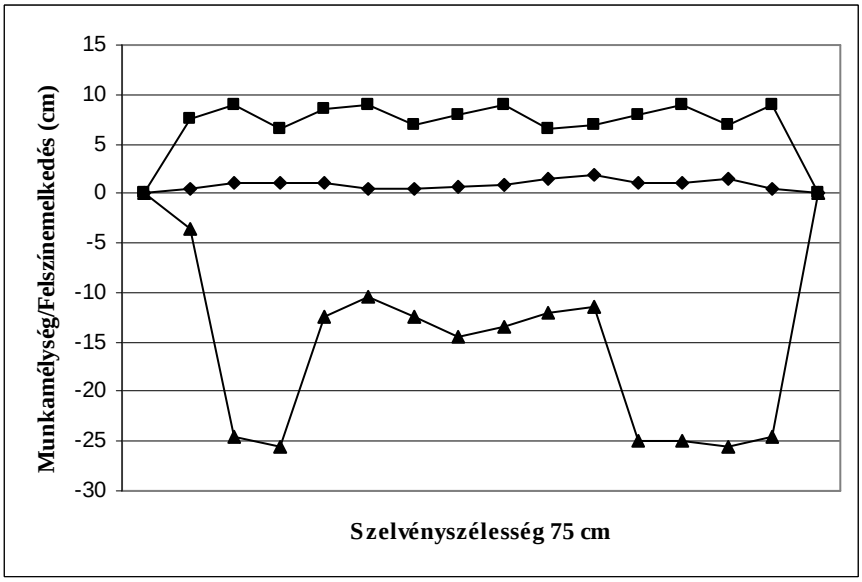


L = 46,88% (ΔA = 811,02 cm^2, A_0 = 1730 cm^2)

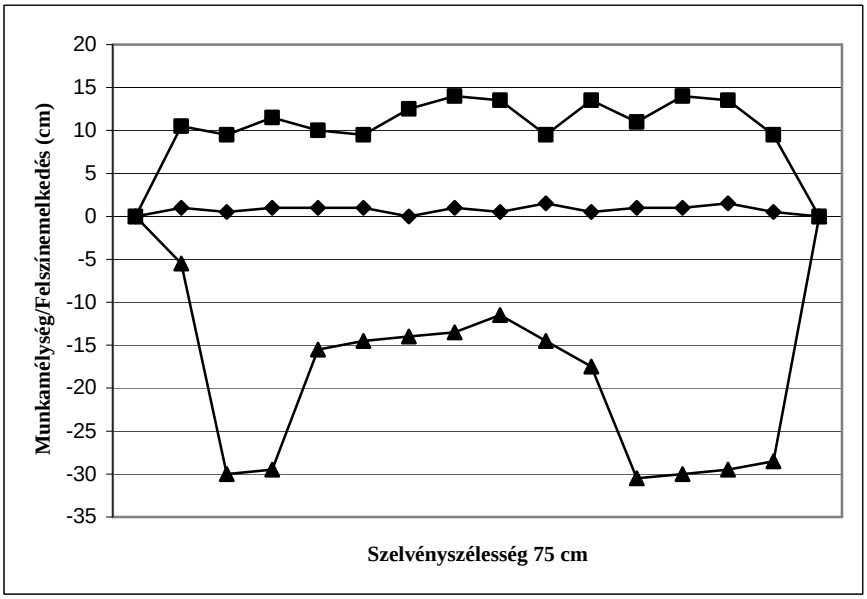


L = 44,14% (ΔA = 904,2 cm^2, A_0 = 2048,5 cm^2)

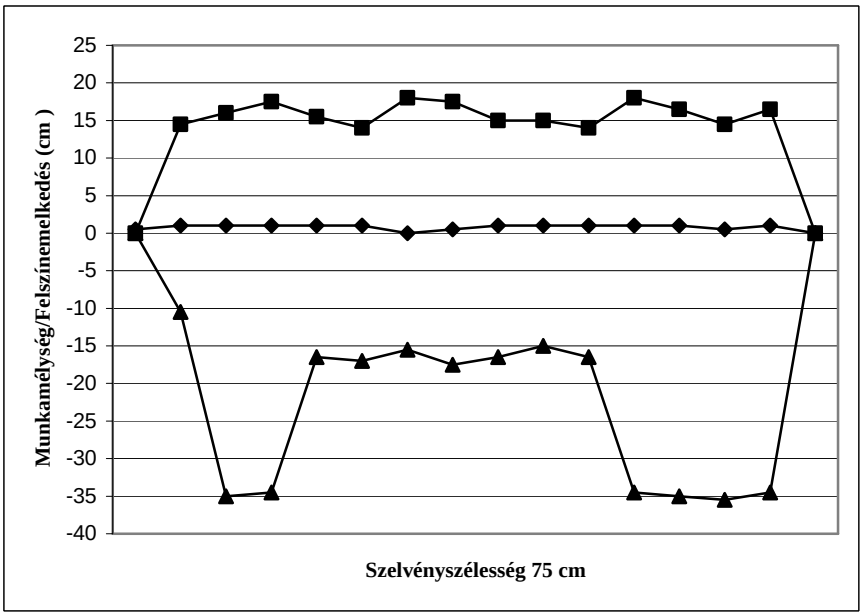
II. A négy talajprofil-vizsgálat eredménye agyagos vályogtalajon



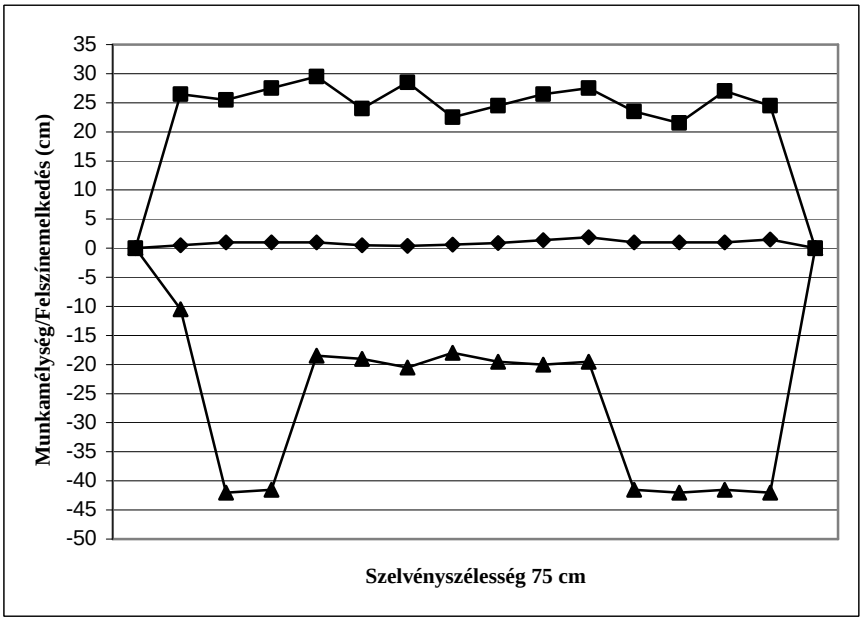
L = 45,72% (ΔA = 575 cm^2, A_0 = 1257,5 cm^2)



L = 44,04 % (ΔA = 594 cm^2, A_0 = 1348,5 cm^2)

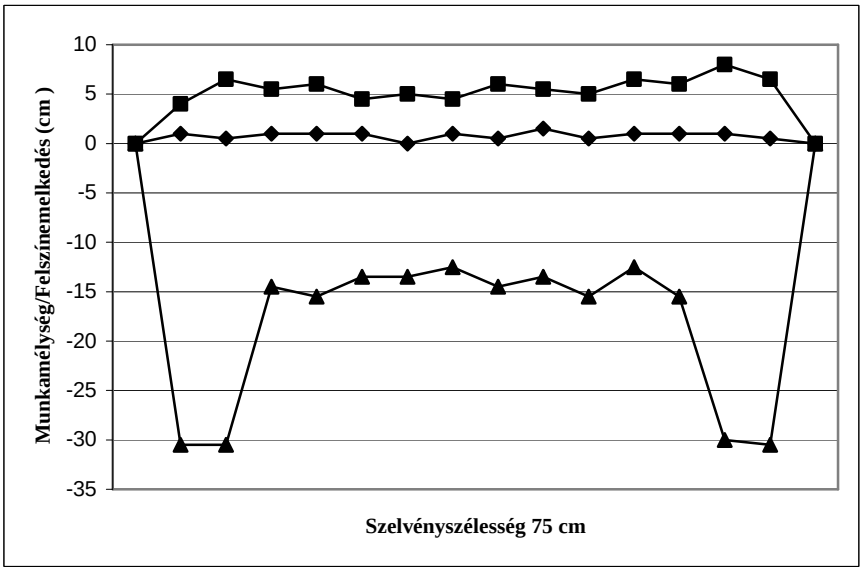


L = 46,44% (ΔA = 601,63 cm^2, A_0 = 1295,5 cm^2)

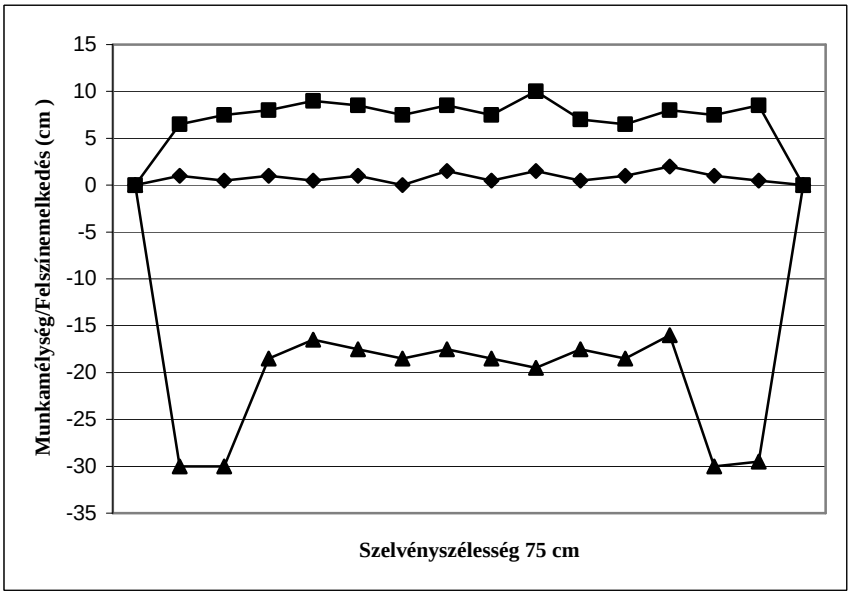


L = 50,78% (ΔA = 727,5 cm^2, A_0 = 1432,5 cm^2)

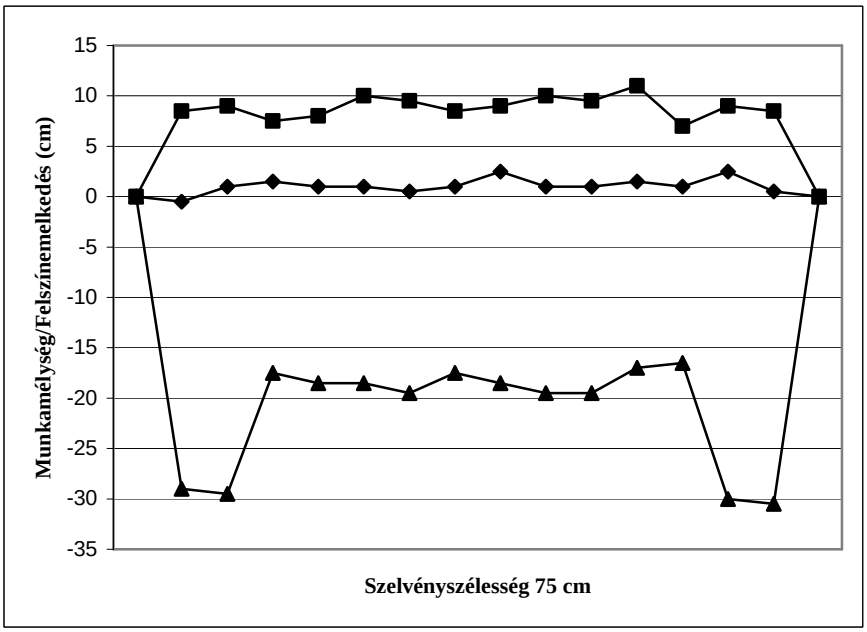
III. A négy talajprofil-vizsgálat eredménye homokos vályogtalajon



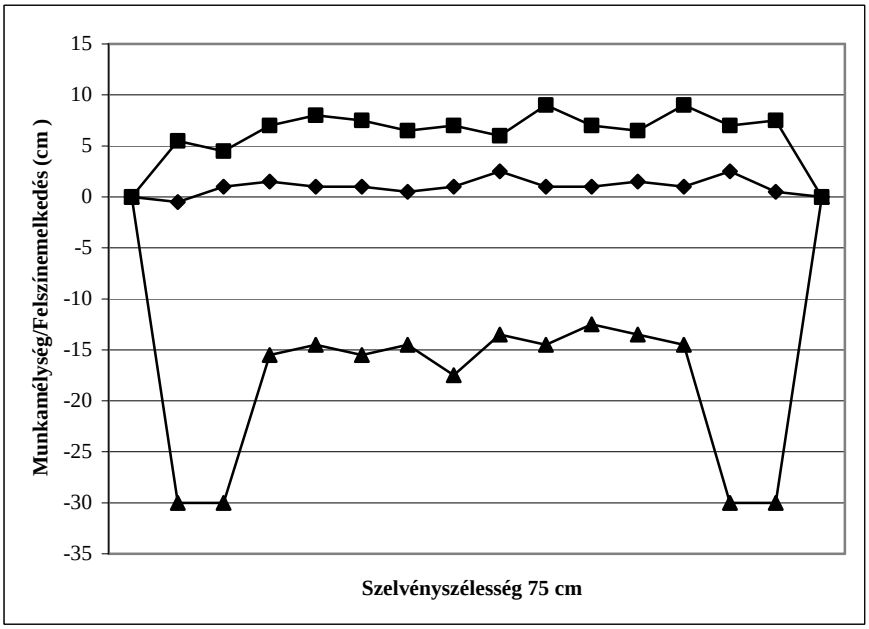
L = 31,81% (ΔA = 435,79 cm^2, A_0 = 1370 cm^2)



L = 31,56% (ΔA = 490 cm^2, A_0 = 1552,5 cm^2)



L = 34,14% (ΔA = 541,11 cm^2, A_0 = 1585 cm^2)



L = 29,32% (ΔA = 464,72 cm^2, A_0 = 1585 cm^2)

3. MELLÉKLET

1. táblázat. Vonóerő adatok a különböző haladási sebességek esetén, 35 cm munkamélységben, háromszoros ismétlés átlagaként

Lazító ékes [kN]	5,94	6,24	6,66	6,92	7,21	7,81
Paraplow-féle [kN]	6,13	6,47	7,84	7,13	8,11	8,44
Szárnyas [kN]	8,10	8,37	8,85	9,88	11,13	12,00
Sebességek [km/h]	4,96	5,65	6,51	7,66	8,64	9,93

2. táblázat. Vonóerő adatok a különböző munkamélységek esetén, 7,66 km/h haladási sebesség esetén, háromszoros ismétlés átlagaként

Munkamélység [cm]	**Paraplow-féle [kN]**	**Lazítóék [kN]**	**Lazítószárny [kN]**
35	7,13	6,92	9,88
40	8,64	7,45	11,54
45	9,32	8,82	14,21

3. táblázat. A lazító szerszám vizsgálata során a szerszámtényező számításához mért adatok, 40 cm munkamélységben, háromszoros ismétléssel

Szerszám típus	$\Delta A/A_0$	v **[m/s]**	F **[kN]**
Paraplow-féle szerszám	0,1171	2,15	7,65
	0,1114	2,15	8,23
	0,1097	2,15	7,97
Lazítóékes szerszám	0,0959	2,15	7,4
	0,0968	2,15	7,22
	0,0863	2,15	7,03
Szárnyas lazítószerszám	0,1687	2,15	11,1
	0,169	2,15	10,84
	0,1615	2,15	11,32

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetet mondok Dr. Szüle Zsolt és Dr. Varga Zoltán témavezetőimnek, hogy lehetőséget biztosítottak munkám sikeres elvégzéséhez és dolgozatom megírásához. Köszönöm mindvégig segítőkész támogatásukat, dolgozatom alapos és kritikus átnézését.

Köszönetem fejezem ki az FVM – MGI, a József - majori és a marcali családi gazdaság eszköz és terület biztosításáért, valamint a mérő vizsgálatoknál közreműködő kollégák segítőkész munkájáért.

Köszönetet mondok bírálóimnak a dolgozatom alapos és kritikus bírálatáért valamint a javítások elvégzésénél nyújtott segítségükért.

Köszönetem fejezem ki a Szent István Egyetem Gépészmérnöki Karának, valamint a Műszaki Tudományi Doktori Iskolának és vezetőinek, akik segítségükkel szintén nagymértékben támogatták e dolgozat létrejöttét.

Köszönetem fejezem ki munkahelyemnek és munkatáraimnak a dolgozat elkészülésénél általuk nyújtott segítségekért.

Köszönetet mondok szüleimnek, akik biztos hátteret adtak minden tekintetben a munkámra való teljes összpontosításhoz.