



## A fizikai talajféleség befolyása egyes fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságokra a kislétföldi Duna-völgyi talajokban

### II. A hidraulikus vezetőképesség

SZŰCS MIHÁLY<sup>1</sup> – SZŰCS MIHÁLYNÉ<sup>1</sup> – VARGA ZOLTÁN<sup>2</sup>

Nyugat-magyarországi Egyetem  
Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar  
Mosonmagyaróvár

<sup>1</sup> Talajtani és Vízgazdálkodási Intézeti Tanszék

<sup>2</sup> Matematika–Fizika Tanszék  
Meteorológiai Csoport

### ÖSSZEFOGLALÁS

A Duna völgyében, a Rajkától Esztergomig terjedő 150 km hosszú és 5–10 km széles sávban található öntés-, réti és csernozjomtalajokban, szántóföldi művelésű táblákon 102, erdészeti területeken pedig 19 talajszelvényből 150 cm mélységig vett minták hidraulikus vezetőképességét mértük és vetettük össze a mért térfogattömeg értékükkel. Mivel a szelvényfeltárások több alkalomra osztva őszi és tavaszi időszakokban több hónapon át folytak, az eredmények az üzemi területek átlagos állapotát tükrözik.

Két művelési ág feltalaj és altalaj mintáinak mért adatai szerint a talaj hidraulikus vezetőképessége csak a feltalajban és csak szántó művelésű területeken mutatott szignifikáns, fordított előjelű összefüggést a térfogattömeggel. Ennek oka az lehet, hogy a feltalajban a térfogattömeg értéke a tömörítő és lazító hatások váltakozása következtében gyakran válik szélsőségesen nagygyá vagy kicsivé. Az altalajban a fizikai talajféleséget jellemző mutatók függenek össze szignifikánsan a hidraulikus vezetőképességgel. A szerkezetet stabilizáló humusz- és mésztartalom, valamint a mintavételkor mért nedvességtartalom összefüggése a K értékkel az altalajban csak látszólagos, a talaj fizikai féleségével való együttváltozásukon alapszik.

A megvizsgált 555 talajrétegben mért K értékeket a talajrétegek mechanikai összetétele, a mintavétel mélysége és a tábla művelési ága alapján csoportokba soroltuk. A csoportok mértani középértékeit hasonlítottuk össze, mert ez biztosította a jellemzően lognormális eloszlású tulajdonság csoportonkénti szórásainak normális eloszlását és azok statisztikai feldolgozhatóságát.

Megállapítottuk, hogy homok, különösen durva homok mechanikai összetétel esetén a K értékek kiemelkedően nagyok, más fizikai féleség kategóriák szerint viszont a különbségek mérsékeltek. A szélsőségesen durva homok- és az agygrétegek K értékei között is kisebbek a különbségek, mint azt egyes irodalmi források becsülni engedik.

A 30–60 cm-es rétegekben, több mechanikai összetétel kategóriában a 0–30 és 60–150 cm-es rétegekhez képest megállapítható nagyobb K érték nem vezethető vissza térfogat-tömeg-változásokra.

A közvetlenül a mintavételt megelőzően végzett szántás olyan értékre növelte a vályogtalajok hidraulikus vezetőképességét a feltalajban, ami egyébként csak a durva homoktalajra jellemző.

*Kulcsszavak:* talaj, hidraulikus vezetőképesség, szelvény, erdő, fizikai talajféleség.

## BEVEZETÉS ÉS IRODALMI ÁTTEKINTÉS

A telített talaj vízvezetésének és a vízzel telített állapotból a megfelelő levegőellátást is biztosítani tudó víztartalomra történő visszaállás ütemének jellemzéséhez is használjuk a hidraulikus vezetőképességet.

Korábbi vizsgálatokra visszautalva *Sillanpaa* (1959) megállapítja, hogy már az 1930-as években felmerült, hogy ennek a mutatónak kapcsolata lehet a talaj mechanikai összetételével, bár ezt a hatást csak a homok és homokos vályog esetében tudták bizonyítani. A mechanikai összetétel és a szerkezet szerepét a hidraulikus vezetőképesség alakulásában általánosan elfogadottnak tekinthetjük (*Brady* 1990). *Várallyay* (1987) összefoglaló értékelése szerint a hidraulikus vezetőképességre gyakorolt hatása tekintetében a mechanikai összetétel a szerkezeti és tömődöttségi tulajdonságokat követi a rangsorban. Ennek ellenére gyakran találunk olyan táblázatokat (*Várallyay* 1981, 2005), ahol a különböző mechanikai összetétel kategóriákhoz rendelt hidraulikus vezetőképesség értéktartományok azt a benyomást keltik, mintha ez a kapcsolat az Arany-féle kötöttségi számhoz hasonló szorosságú és egyetemes lenne.

Valójában azonban a vízvezető képesség nagymértékű, fordított arányú összefüggése a közepes szemcseátmérővel csak megfelelően osztályozott rendszerekben volt bizonyítható (*Ungár* 1960). A homokszem nagyságú részhez keveredő finom szemcsék, különösen az iszap- és agyagszem nagyságúak a kísérleteknél már aránylag kis mennyiségben is az áteresztőképesség nagymértékű csökkenését idézték elő. A helyszíni vízvezető képesség mérése során is azt tapasztalták (*Mattyasovszky* 1953), hogy a különböző mechanikai összetételű talajok adatai nem különböztek lényegesen, kivéve a homokot, ahol a különbség szintén nem nagyságrend mértékű volt. A K tényező mérése során a folyásirány megfordítása (*Sillanpaa* 1956) az áramlást 10-szeresre növelte, majd az visszatért az eredeti stabilizálódott értékre. Ez a finom talajrészecskék szállítását és lerakását bizonyítja. *Campbell* (1985) a hidraulikus vezetőképesség–mechanikai összetétel kapcsolatot a víztartó képességnél tapasztalt összefüggésből gondolja levezethetőnek. A pF-görbékéből számított K értékek azonban nagy szórást mutatnak (*Messing* 1989).

A térfogattömeg-változás szerepére is többen (*Voznjuk et al.* 1979, *Dexter et al.* 2004) felhívták a figyelmet. A térfogattömeg-növekedés hatására bekövetkező nagymértékű K érték csökkenést leginkább a keréknyomokban történő mérésekkel (*Cifkáné et al.* 1982,

*Blanco-Canqui et al.* 2004) szokták bizonyítani, mert ilyenkor jól biztosítható a különböző térfogattömegű talajfoltok egyéb tulajdonságainak azonossága. Megfigyelték azt is, hogy a talajszelvény különböző mélységében nem azonos módon hat a térfogattömeg-változás a hidraulikus vezetőképességre (*Nakano és Miyazaki* 2005). Homoktalajok mélyebb rétegeiben valószínűleg azért nem csökkent a hidraulikus vezetőképesség (*Talsma és Flint* 1958), mert a térfogattömeg-növekedés nem jelentős.

Az abszolút értékek tekintetében fellépő bizonytalanság valószínűleg abból is ered, hogy viszonylag kevés mért adattal rendelkezünk (*Tóth et al.* 2006). Ezen túlmenően fontos lehet még, hogy a mérésekre jellemző igen nagy szórás (*McIntyre* 1979) és az ennek nem megfelelő, kicsi mintavételi ismétlésszám miatt a becült adatok gyakran távol esnek a valósgos értéktől. *Fodor et al.* (2009) homoktalajon végzett mérései szerint a kiugró értékek mennyiségét csökkenteni lehetne a falhatás mérséklésével, ami a mintavevő hengerek belső falának mintavétel előtti kiszívásával érhető el.

A hidraulikus vezetőképesség adatok lognormális eloszlása miatt például *Tietje és Hennings* (1996) is a mértani középértékek használatát javasolja.

Közleményünkben a Duna völgyében, elsősorban a Szigetközben, kisebb mértékben az Esztergomig terjedő szűk sávban, üzemi talajokon végzett méréseinket elemezzük.

## ANYAG ÉS MÓDSZER

1984 és 1989 között tavaszi és őszi időszakokban, szántó művelésű táblákon 102 db, ártéri erdő területeken pedig 19 db talajszelvényt tártunk fel és mintáztunk meg 150 cm mélyséig. A feltárt szelvények nagyobb részét a Szigetközben, egy kisebb hányadát pedig Győr – Esztergom között, a Dunától 5–10 km-es sávban jelöltük ki. A vizsgált terület 60–70%-át öntéstalajok, 20–25%-át réti talajok és kb. 5%-ot pedig öntés csernizomok foglalják el (*Szűcs és Szűcs* 2004). Az öntés folyamatok által létrehozott, osztályozott és rétegzett üledékben valamennyi mechanikai összetételű talajréteg előfordul.

A megvizsgált 555 talajrétegből rétegenként 3 db 100 cm<sup>3</sup>-es bolygatatlan mintát vettünk, amelyekből hidraulikus vezetőképességet mértünk. A K érték meghatározását az állandó víznyomás módszerével (*Hegedűs* 1980) végeztük, kivéve a nagyon kis vízmennyiséget átteresztő mintákat, amelyeket a vizsgálati sorból kiszedve a csökkenő víznyomás módszerével mértünk meg. A két módszer közel azonos értékű eredményeket adott. A talajminták mechanikai összetételének és térfogattömegének vizsgálatáról egy korábbi közleményünkben (*Szűcs et al.* 2012) számoltunk be.

Az adatokat a mintavétel mélysége (0–30, 30–60 és 60 cm alatt) és az adott réteg talajának mechanikai összetétele szerint csoportokra (durva homok, homok, homokos vályog, vályog, agyagos vályog, agyag) osztva dolgoztuk fel és értékeltük. A 60 cm alatti rétegek adatait további csoportokra nem bontottuk, mert fontosnak tartottuk, hogy a kialakított csoportokban a mérések száma lehetőleg ne legyen 30-nál kevesebb.

A szántó művelésű táblákon feltárt talajok rétegeinek többsége vályog, néhány kivétellel a többi fizikai talajféleségre is 30-nál több adat áll rendelkezésre (*Szűcs et al.* 2012). Az erdő

alatti területekről a kevesebb feltárt szelvény miatt az ismétlésszámok kisebbek. Mindkét művelési ág halmazra jellemző, hogy a durva homok és az agyag fizikai féleség a feltalajban nem fordul elő.

A kialakított halmazok középértékeit – a könnyebb áttekinthetőség kedvéért – grafikusán ábrázoltuk. A középértékek közötti különbség szignifikanciájának megítéléséhez, statisztikai szignifikancia hibásávokat (ssb) (Szűcs *et al.* 2012) számítottunk és illesztettünk. Bármely két középértéket akkor tekintünk 5% statisztikai hibával különbözőnek, ha hibásávjai nem kerülnek egymással átfedésbe. A középértékek közötti különbségek, és azok szignifikancia szintjeinek számításához az összehasonlítható halmazok mértani közép értékeiből és azok szórásaiból indultunk ki, figyelembe véve a hasonló adatbázisok feldolgozása során mások (Tietje és Hennings 1996) által is követett eljárást, mert így biztosítható volt a statisztikai számításoknál elvárt normalitás. A K mértani átlagszámítások kivitelezése során természetes alapú logaritmus transzformációt alkalmaztunk. A táblázatokban és ábrákon megadott (1., 2. és 3. táblázat; 1., 2. és 3. ábra) hidraulikus vezetőképesség mértani középérték és szórás adatok, valamint a hibásávok számításához használt standard hiba is visszaalakított (ex) értékek.

Az összegyűjtött hidraulikus vezetőképesség adatok talaj mechanikai összetétel és földhasználat szerinti statisztikai vizsgálata ugyanis azt mutatta, hogy az eloszlás nagymértékű csúcsossága és ferdesége mértani közép képzésével csökkenthető (1. táblázat). A transzformáció után számított eloszlási mutatók már megfelelnek a statisztikai számítások által támasztott követelményeknek (Sváb 1981). Ugyanakkor azt is meg kell jegyeznünk, hogy a számítás, – a kiugró értékek érvényesülését fékező hatása miatt – a képzett mértani közép értékek adatsorainkban  $70 \pm 20\%$ -kal kisebbek a megfelelő számtani közép értékénél. A számítási módból adódó következmény még, hogy a középértékekhez illeszthető statisztikai szignifikancia hibásávok (Szűcs *et al.* 2012) nem szimmetrikusak.

*1. táblázat* A szántó területek mintáiban mért hidraulikus vezetőképesség eloszlásának vizsgálata a 15 adathalmaz átlagában

*Table 1.* Investigation of statistical distribution data for hydraulic conductivity of 15 data sets of agricultural fields

(1) parameters, (2) for original data, arithmetic mean, (3) for logarithmic transformed data, geometric mean, (4) mean, cm/day, (5) mean, %, (6) kurtosis of distributions, (7) skewness of distributions

<b>Paraméterek</b> (1)	<b>Eredeti adatsorban</b> (2)	<b>Logaritmus-transzformált adatsorban</b> (3)
Középérték, cm/nap (4)	113,00	72,00
Középérték, % (5)	100,00	60,00
Az eloszlás csúcsossága (6)	2,78	0,54
Az eloszlás ferdesége (7)	1,48	-0,70

## EREDMÉNYEK ÉS KÖVETKEZTETÉSEK

A talajvizsgálati adatokat először csak a vizsgált két fő művelési ág és feltalaj vagy altalaj szerinti elhelyezkedésük szerint csoportosítva vizsgáltuk a jellemző középértékeket, szórásokat (a hidraulikus vezetőképesség esetében mértani közép és szórása) és azt, hogy a logaritmus transzformált hidraulikus vezetőképesség mely más talajvizsgálati adatokkal mutat szignifikáns lineáris összefüggést (2. táblázat). Megállapítható volt, hogy a hidraulikus vezetőképesség csak a feltalajban és csak szántó művelésű területeken mutatott szignifikáns, fordított előjelű összefüggést a térfogattömeggel. Ennek oka az, hogy a feltalajban a térfogattömeg értéke a mesterséges tömörítő és lazító hatások váltakozása következtében gyakrabban vesz fel szélsőséges értéket. Az altalajban a fizikai talajféleséget jellemző mutatókkal, valamint a humusztartalommal és mésztartalommal mutatott szignifikáns összefüggések a jellemzőek. Az ötórás kapilláris vízemeléssel mutatott pozitív előjelű összefüggés azzal magyarázható, hogy ennek a paraméternek a növekedése a talajrészecske finomfrakció csökkenésével jár együtt. Az Arany-féle kötöttség és a leiszapolható rész vizsgálat esetén az értékek a finomfrakció mennyiségével együtt nőnek, ezért a K értékkel való kapcsolatuk negatív előjelű. A humusz- és a mésztartalom a talaj szerkezetének alakításában játszik fontos szerepet, mennyiségük és a K érték közötti elvárt kapcsolat ezért pozitív irányú lenne. A talaj fizikai féleségét jellemző leiszapolható rész állandóvá tételével számított parciális korrelációk (3. táblázat) azt mutatják, hogy az altalajban valószínűleg semmilyen szignifikáns összefüggés nem bizonyítható ezekkel a paraméterekkel. A 2. táblázatban található szignifikáns összefüggések tehát azzal magyarázhatók, hogy a vizsgált területen az altalajban a humusz- és mésztartalom átlagosnál nagyobb értékei a nagyobb agyagtartalmú, tömörödtebb réti talajrétegekben fordulnak elő. Ugyanez vonatkozik a mintavételkor mért nedvességtartalommal számított összefüggésre is, ahol a réti talajok mélyebb fekvése, felszínhez közelebb megjelenő talajvíz szintje is okozza az átlagoshoz képest nagyobb nedvességtartalmat.

Ezek a számítások megerősítik annak jogosságát, hogy az adott területen a talaj fizikai félesége és a legutolsó talajművelés óta eltelt idő szerint kialakított halmazokban további vizsgálatokat végezzünk.

A 2. táblázat alapján az is látható, hogy a hidraulikus vezetőképesség-értékek esetében a mértani középhez számított szórások nem nagyok. Utalva az 1. táblázatban található adatokra is, a megbízható statisztikai elemzés, a kialakított halmazok összehasonlítása a mértani középértékekkel eredményesebben végezhető.

A hidraulikus vezetőképességek a feltalajban, erdő alatt általában nagyobbak, mint szántó művelésben (1. és 2. ábra). Erdő alatt a feltalaj hidraulikus vezetőképessége általában lényegesen nagyobb, mint a mélyebben fekvő rétegeké. Ez a szántó területekre nem jellemző. Ezeket a különbségeket a szántó területek művelés hatására bekövetkező tömörödésével magyarázzuk, ami a térfogattömegek különbségében is megjelent (Szűcs et al. 2012).

2. táblázat A vizsgált paraméterek néhány matematikai statisztikai jellemzője

Table 2. Some statistical data of investigated parameters

- (1) parameters, (2) mean, (3) standard deviation, (4) correlation with the logarithmic transformed hydraulic conductivity, (5) upper soil, (6) agricultural fields, (7) under forests, (8) hydraulic conductivity, cm/day (geometric mean and its standard deviation), (9) bulk density, (10) subsoil, all layers between 30 and 150 cm depths, (11) sum of silt and clay, (12) boundness (SP), (13) 5 hour capillary rise, (14) soil moisture, vol.%, (15) O.M., (16) CaCO<sub>3</sub>

Paraméterek (1)	Közéérték (2)	Szórás (3)	Korreláció a hidraulikus vezetőképesség logaritmus transzformált értékeivel, r (4)	Közéérték (2)	Szórás (3)	Korreláció a hidraulikus vezető- képességgel, r (4)
Feltalaj (5)						
	Szántó, n = 120 (6)			Erdő, n = 19 (7)		
Hidraulikus vezetőképesség (K), cm/nap (mértani közép és szórása) (8)	75,40	4,52	1	110,80	2,79	1
Térfogattömeg, Mg m-3 (9)	1,28	0,18	-0,51***	1,11	0,16	0,03 n. s.
Altalaj, 30–150 cm között minden vizsgált réteg (10)						
	Szántó, n = 432 (6)			Erdő, n = 67 (7)		
Hidraulikus vezetőképesség (K), cm/nap (mértani közép és szórása) (8)	62,34	3,72	1	71,58	2,70	1
Leiszapolható rész, % (11)	34,02	22,54	-0,45 ***	36,45	22,36	-0,56 ***
Arany-féle kötöttségi szám (12)	41,40	10,36	-0,34 ***	44,90	13,03	-0,36 **
Ötórás kapilláris vízemelés cm (13)	30,17	13,95	0,39 ***	28,18	12,05	0,54 ***
Nedvességtartalom, tf% (14)	21,99	11,40	-0,39 ***	33,46	13,11	-0,44 ***
Humusz, % (15)	0,94	0,73	-0,13 n.s.	1,07	0,72	-0,29 *
CaCO <sub>3</sub> , % (16)	20,37	9,24	-0,34 ***	21,64	5,96	-0,35 **

Megjegyzések: n.s. nem szignifikáns; \* 5% hibaszinten szignifikáns; \*\* 1% hibaszinten szignifikáns; \*\*\* 0,1% hibaszinten szignifikáns

Notes: n.s. not significant, \* significant at 5% error level, \*\* significant at 1% error level, \*\*\* significant at 0.1% error level

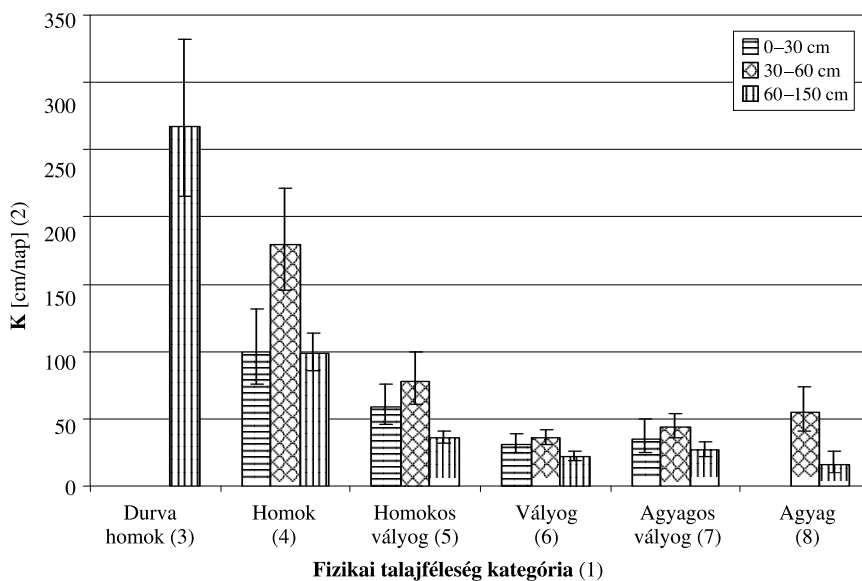
3. táblázat Parciális korreláció értékek a logaritmus transzformált hidraulikus vezetőképesség és a néhány más talajvizsgálat között az altalajban a leiszapolható rész% állandóvá tétele esetén

Table 3. Partial correlation between logarithmic transformed hydraulic conductivity and other soil parameter in the subsoil whilst taking away the effects of the sum of silt and clay (1) subsoil parameters, (2) correlation with the logarithmic transformed hydraulic conductivity, (3) agricultural fields, (4) under forests (5) soil moisture, vol.%, (6) O.M., (7) CaCO<sub>3</sub>

Paraméterek az altalajban (1)	Korreláció a hidraulikus vezetőképesség logaritmus transzformált értékeivel, r (2)	
	Szántó, n = 432 (3)	Erdő, n = 67 (4)
Nedvességtartalom, tf% (5)	-0,21 *	-0,23 n.s.
Humusz, % (6)	0,10 n.s.	0,05 n.s.
CaCO <sub>3</sub> , % (7)	-0,19 n.s.	0,05 n.s.

Megjegyzések: n.s. nem szignifikáns; \* 5% hibaszinten szignifikáns

Notes: n.s. not significant, \* significant at 5% error level



*I. ábra* A hidraulikus vezetőképesség mértani középértékének alakulása a szántóföldi művelésű táblák különböző fizikai féleségű talajrétegeiben  
A hibásávok a statisztikai szignifikancia hibásávok (ssb)

*Figure 1.* Geometric mean for saturated hydraulic conductivity at different depths of agricultural field profiles with different texture characteristics

(1) texture classes, (2) saturated hydraulic conductivity, cm/day, (3) coarse sand, (4) sand, (5) sandy loam, (6) loam, (7) clay loam, (8) clay

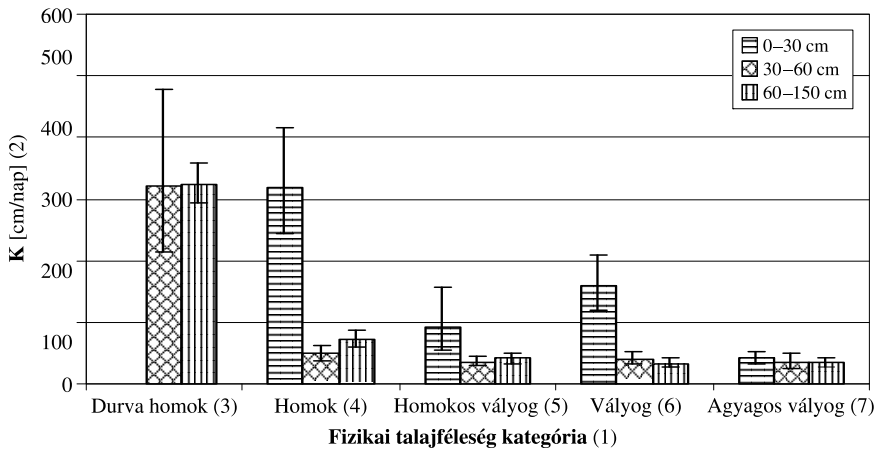
Legend box: sampling depth

Error bars: statistical significance bars (ssb)

Mindkét földhasználatban megfigyelhető, hogy a durva homok és a homok fizikai féleségű talajrétegek a többi fizikai féleségeknél nagyobb vezetőképességűek. A többi fizikai féleség kategóriában nagy különbségek nincsenek. Szabadföldi viszonyok között még a durva homok- és az agyagrétegek vezetőképessége között sincs akkora különbség, mint azt feltételezik (Várallyay 1981, 2005). A durva homok talajrétegek vízvezető képesség értékei különböző mélységben és használatban állandó értékűek, valószínűleg azért, mert nincs bennük aggregátum szerkezet, amely a víz hatására megváltozna.

A frissen szántott vályog fizikai féleségű táblák feltalajában mért kis térfogattömeg első sorban a nagy pórusok mennyiségének gyarapodását mutatja, ami olyan hidraulikus vezetőképességet eredményez (3. ábra), mintha a réteg fizikai félesége durva homok lenne. Ez arra enged következtetni, hogy a művelő eszközök lazító, vagy tömörítő hatása a nagy pórusok mennyiségét változtatja meg, amit a K érték változása mutat.

Összességében azt a következtetést vonhatjuk le, hogy a lazítás és a tömörítés hatása a hidraulikus vezetőképességre hasonló nagyságú, esetenként nagyobb, mint a fizikai talajféleségé.



2. ábra A hidraulikus vezetőképesség mértani középértékének alakulása az erdő művelésű táblák különböző fizikai féleségű talajrétegeiben.

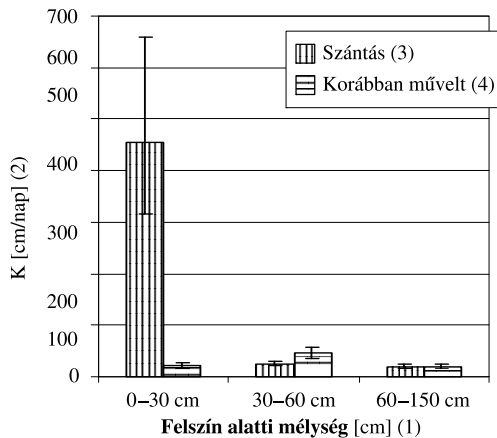
A hibásávok a statisztikai szignifikancia hibásávok (ssb)

Figure 2. Geometric mean for saturated hydraulic conductivity at different depths of forest field profiles with different texture characteristics

(1) texture classes, (2) saturated hydraulic conductivity, cm/day, (3) coarse sand,

(4) sand, (5) sandy loam, (6) loam, (7) clay loam

Legend box: sampling depth; error bars: statistical significance bars (ssb)



3. ábra A szántóföldi művelésű vályog fizikai féleségű talajok hidraulikus vezetőképessége a művelés ideje és a mintavétel mélysége szerint (mértani középértékek)

A hibásávok a statisztikai szignifikancia hibásávok (ssb)

Figure 3. Saturated hydraulic conductivity of loamy soil layers, depending on their sampling depths and the time of soil ploughing before sampling

(1) sampling depth, (2) saturated hydraulic conductivity, cm/day, (3) time of ploughing – freshly ploughed, (4) time of ploughing – fields ploughed a vegetation season before

Error bars: statistical significance bars (ssb)



**Texture dependence of some hydro-physical properties of soils  
in the Danube valley of the Kisalföld region of Hungary  
II. The saturated hydraulic conductivity**

MIHÁLY SZŰCS<sup>1</sup> – LJUDMILA SZŰCS<sup>1</sup> – ZOLTÁN VARGA<sup>2</sup>

University of West Hungary

Faculty of Agricultural and Food Sciences

<sup>1</sup> Department of Soil Science and Water Management

<sup>2</sup> Department of Mathematics and Physics, Meteorological Group  
Mosonmagyaróvár

**SUMMARY**

Saturated hydraulic conductivity and bulk density determination were carried out on samples of 102 soil profiles from arable fields and 19 profiles from forest territories on alluvial, meadow and chernozem soils until the depth of 150 cm, along a 150 km length and 5–10 km wide zone of the Danube valley from village Rajka to Esztergom city. As field samplings lasted several months in Spring and also in Autumn, the results characterise the average conditions of farm fields in the region.

Investigation of data grouped according to their land use classes and sampling depths showed that linear correlation of hydraulic conductivity with bulk density could be proved only for the topsoil of arable fields owing to the occurrence of extreme bulk densities caused by the soil cultivation. For the subsoil layers correlation only with the soil texture parameters were found to be significant. Linear correlations of hydraulic conductivity with soil organic matter, carbonate content and water content at sampling are not real for the subsoil layers, they appear only as a result of their parallel changes with soil texture. Hydraulic conductivity values of the investigated 555 soil layers were grouped according to their texture classes, land use types and sampling depths. Geometric mean values were used for comparing of the formed groups, to provide the expected normal distribution of data in the groups, coming from a typically lognormal distributed parameter of  $K_s$  data. Considerably big mean  $K$  values were found for sandy and especially for coarse sandy soil layers but differences of means among other texture group means were almost negligible. It was found that differences of  $K$  values of extreme groups like coarse sand and clay texture soils are smaller than they can be expected from literature data.

Larger saturated hydraulic conductivity values of soil layers with sampling depth 30–60 cm, compared to mean values for 0–30 and 60–150 cm depths, cannot be explained by changes of the bulk density of these layers.

Increased bulk density of layers in different sampling depths of ploughed soils in comparison to similar layers of forest fields were observed, but parallel decrease of  $K$  values happened only in the upper layers of soils.

The decrease of bulk density of topsoils in loamy texture category caused by recent ploughing, resulted in high  $K$  values, typical only for coarse sand texture soils, and at the same time the compaction of deeper layers decreased their  $K$  value.

The results show that the abrupt changes in bulk density caused by loosening of the ploughing or compaction under the pressure of wheels are followed by adverse changes in K values because these mechanical interferences alter dominantly the large pores. In case of slow changes governed by natural processes connection between changes of bulk density and saturated hydraulic conductivity cannot be found.

**Keywords:** soil, saturated hydraulic conductivity, profile, forest, soil texture.

## IRODALOM

- Blanco-Canqui, H. – Gantzer, C. J. – Anderson, S. H. – Alberts, E. E.* (2004): Tillage and Crop Influences on Physical Properties for an Epiaqualf. *Soil Science Society of America Journal*. **68**, (2) 567–576.
- Brady, N. C.* (1990): *The Nature and Properties of Soils*. Tenth Edition. Macmillan Publishing Company, New York.
- Campbell, G. S.* (1985): *Soil Physics with BASIC*. Elsevier, Amsterdam.
- Cifkáné Huszai K. – Lévai K. – Zsoldos L.* (1982): A mezőgazdasági gépek járószerkezetének hatására fellépő talajtömörítés mértékének vizsgálata. Melioráció és tápanyaggazdálkodás. (3) 3–6.
- Dexter, A. R. – Czyz, E. A. – Gat, O. P.* (2004): Soil structure and the saturated hydraulic conductivity of subsoils. *Soil & Tillage Research*. **79**, 185–189.
- Fodor N. – Blaskó L. – Éri L. – Rajkai K.* (2009): Hidraulikus vezetőképesség mérési és becslési eredmények összehasonlítása homoktalajra. *Agrokémia és talajtan*. **58**, (2) 369–380.
- Hegedüs L.* (1980): *Talajtani Laboratóriumok Módszertkönyve*. Budapest.
- Mattyasovszky J.* (1953): Talajok vízvezető képességének vizsgálata és az eredmények alkalmazása a talajvédelemben. *Agrokémia és talajtan*. **2**, (2) 161–172.
- McIntyre, D. S. – Cunningham, R. B. – Vatanakul, V. I. – Stewart, G. A.* (1979): Measuring hydraulic conductivity in clay soils: methods, techniques, and errors. *Soil Science*. **128**, (3) 171–183.
- Messing, I.* (1989): Estimation of the Saturated Hydraulic Conductivity in Clay Soils from Soil Moisture Retention Data. *Soil Sci Soc. Am. J.* **53**, 665–668.
- Nakano, K. – Miyazaki, T.* (2005): Predicting the saturated hydraulic conductivity of compacted subsoils using the non-similar media concept. *Soil & Tillage Research*. **84**, 145–153.
- Sillanpaa, M.* (1956): *Studies on the hydraulic conductivity of soils and its measurement*. Hameenlinna, Helsinki.
- Sillanpaa, M.* (1959): Hydraulic conductivity of finnish subsoils as related to some other soil physical properties. *Agrogeologia Julkaisuja*. **73**, 7–26.
- Szűcs M. – Szűcs L.* (2004): Buried humus layers in the Szigetköz region of Hungary. XXII<sup>nd</sup> Conference of the Danubian Countries on the Hydrological Forecasting and Hydrological Bases of Water Management. 30 August – 2 September 2004 Brno. CD. 1–8 p.
- Szűcs M. – Szűcs M-né – Varga Z.* (2012): A fizikai talajfésülés befolyása egyes fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságokra a kisalföldi Duna-völgyi talajokban. I. A térfogattömeg. *Acta Agronomica Óváriensis*. **54**, (1) 13–22.
- Sváb J.* (1981): *Biometriai módszerek a kutatásban*. Mezőgazdasági kiadó, Budapest.
- Talsma, T. – Flint, S. E.* (1958): Some factors determining the hydraulic conductivity of subsoils with special reference to tile drainage problems. *Soil Science*. **85**, (4) 198–206.
- Tietje, O. – Hennings, V.* (1996): Accuracy of the saturated hydraulic conductivity prediction by pedo-transfer functions compared to the variability within FAO textural classes. *Geoderma*. **69**, 71–84.
- Tóth B. – Makó A. – Rajkai K. – Kele G. – Hermann T. – Marth P.* (2006): Use of Soil Water Retention Capacity and Hydraulic Conductivity Estimation in the Preparation of Soil Water Management Maps. *Agrokémia és Talajtan*. **55**, (1) 49–58.
- Ungár T.* (1960): Homokszemcse-csoportok vízáteresztő képességéről. *Agrokémia és talajtan*. **9**, (2) 189–200.

- Várallyay Gy. (1981): Kedvezőtlen vízgazdálkodás – korlátozott talajtermékenység. *Agrokémia és Talajtan*. **30**, (1–2) 151–161.
- Várallyai Gy. (1987): A talaj vízgazdálkodása. Doktori értekezés tézisei. Budapest.
- Várallyay Gy. (2005): Magyarország talajainak vízraktározó képessége. *Agrokémia és Talajtan*. **54**, (1–2) 5–24.
- Voznjuk, Sz. T. – Kuz'mics, P. K. – Volkova, L. A. (1979): Funkcional'nije szvjazi gidravlicseszkoj provodimoszti sz fizicseszкими szvojsztvami pocsv. *Pocsvovedenie*. (2) 82–87.

*A szerzők levélcíme – Address of the authors:*

SZŰCS Mihály  
Nyugat-magyarországi Egyetem  
Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar  
Talajtani és Vízgazdálkodási Intézeti Tanszék  
H-9200 Mosonmagyaróvár, Pozsonyi út 4.  
E-mail: szucsm@mtk.nyme.hu