

EKOLOŠKA OCJENA VRIJEDNOSTI  
RETENCIONOG KAPACITETA TLA ZA VODU

*Mit deutscher Zusammenfassung*

MIHOVIL GRAČANIN

(Iz Laboratorija za fiziologiju i ekologiju bilja Prirodno-matematskog fakulteta u Skopju)

Uvod

Nakon što je Kopecký početkom našeg stoljeća uveo pojam apsolutnog kapaciteta tla za vodu, kao izraz stanja zasićenosti kod kojega su sve kapilarne pore ispunjene vodom, a sve nekapilarne pore uzduhom, njegova metoda određivanja vrijednosti apsolutnog kapaciteta tla za vodu našla je široku primjenu u mnogim evropskim pedološkim institutima. Tokom vremena tehnika određivanja ove vrijednosti doživjela je izvjesne promjene (Novák, Gračanin). Modifikacije su se odnosile prvenstveno na način navlažavanja stupca tla, kao i na vrijeme i način odstranjivanja gravitacione vode iz ili sa stupca tla zasićenog vodom, a išle su uglavnom zatim da se dobije što pouzdanija predodžba o vododržnosti tla. Smatrali smo da metodika koju smo primjenjivali dugi niz godina u našoj pedološkoj praksi omogućava određivanje one vode koja se u tlu zadržava retencionim snagama, pa nam je to dalo povoda da govorimo o retencionom kapacitetu tla za vodu. Precizirali smo da pod retencionim kapacitetom tla za vodu razumijevamo maksimalnu sposobnost tla da u sebi zadrži vodu molekularnom adhezijom, hidratacionim i kapilarnim snagama, te površinskom napetošću. Pojam retencionog kapaciteta isključuje, dakle, gravitacionu vodu.

Iako je teoretsko preciziranje pojma retencionog kapaciteta dano, praktično određivanje znatno je teže. Primjenjivana tehnika rada omogućivala je određivanje retencionog kapaciteta (Kvr) u relativno tankom sloju tla (3—5 cm) u prirodnom stanju. S ekološkog gledišta važno je, međutim, poznavati retencioni kapacitet čitavog ekološki aktivnog profila tla. Odavno je poznato da vododržnost površinskih slojeva homogenog stupca tla nije ekvivalentna vododržnosti bazalnog dijela toga stupca (Mayer, 1874), te da se, dosljedno tome, vrijednost retencionog kapa-

čitava čitavog profila tla za vodu ne može izraziti kao suma vrijednosti retencionog kapaciteta pojedinih slojeva profila podijeljena brojem slojeva. U literaturi ima, međutim, malo podataka o kvantitativnim odnosima vrijednosti Kvr pojedinih slojeva i čitavog profila tla. Odrediti te odnose, barem kod profila tla homogene građe, bilo bi interesantno s ekološkog gledišta. Izučavanje tih odnosa na profilima nehomogene građe mnogo je teže, jer je npr. vododržnost gornjeg sloja lakog tla utjecana vododržnosti nižeg sloja težeg, manje propusnog tla.

Pažnju zaslužuje i poznavanje utjecaja promjene prirodne građe tla na veličinu vrijednosti retencionog kapaciteta. Obradom se mijenja veličina te fizikalne »konstante« (kako se pogrešno naziva), no nejednako kod različitih tipova tla.

U ovom radu donijet ćemo rezultate naših istraživanja o navedenim odnosima, kojih je poznavanje važno za ispravnu ekološku ocjenu vrijednosti kapaciteta tla za vodu. Za takvu ocjenu zainteresirana je i hidrotehnička praksa, jer je poznavanje retencionog kapaciteta rizosfere važno za normiranje doza vode prilikom navodnjavanja.

### Metodika i objekti istraživanja

U prvom nizu pokusa uspoređivan je retencioni kapacitet niskog stupca tla (35 mm) s vododržnosti kolone sastavljene od niskih stupaca tla, zasićenih prethodno do retencionog kapaciteta. Valjci s tlom povezani su u kolonu pomoću gumene vrpce i stavljeni na lijevak koji se nalazio povrh odmjernog valjka. Najgornji valjak pokriven je satnim stakalcem da se spriječi evaporacija vode. Visina kolona bila je različita u različitim pokusima.

Kao pokusna tla služili su: 1. pjeskulja rijeke Vardara, 2. vrtna crnica iz botaničke bašče, 3. cimetnosmeđe tlo Gazi-Babe i 4. umjereno podzolirano tlo zagrebačke diluvijalne terase.

Određivanje retencionog kapaciteta vršeno je na način koji sam opisao u »Priručniku za tipološko istraživanje i kartiranje vegetacije« (1950). Tlo je zasićeno tako da je cilindar s tlom, kojemu je ostavljena donja metalna mrežica, položen na vlažnu, četiri puta preloženu bugačicu, napajanu vodom samo kapilarnim putem. U momentu kada se gornja površina tla orosila, valjci su preneseni na četvorostruki sloj suhe bugačice da bi se oslobodili suvišne slobodne vode koja orošava metalnu mrežicu, a ev. i donju površinu tla, te pokriveni staklenim zvonom da se spriječi evaporacija s gornje površine tla. Tlo je tu ostavljeno 30 minuta, a teža tla i 2 sata. Valjci su nakon toga stavljeni na suhu bugačicu i odmah odvuđnuti. Dobivene vrijednosti služile su za određivanje retencionog kapaciteta tla za vodu. Zatim su valjci odmah povezani u visoku kolonu. Nakon 24 sata određivana je količina vode koja se ocijedila iz kolone u odmjerni valjak.

U drugom nizu pokusa retencioni kapacitet određivan je u staklenim valjcima visine do 60 cm, promjera 5,8 cm. Valjci su napunjeni sitnim tlom (prosijanim kroz sito s promjerom otvora od 2 mm). S donje strane stavljena je metalna mrežica, a retencioni kapacitet za vodu određivan na analogan način kao i u niskih stupaca, s tom razlikom što je u obzir uzet samo stupac tla zasićen vodom. Nakon zasićenja vodom do retencionog kapaciteta valjci s tlom stavljeni su na lijevak povrh odmjernog valjka, a 24 sata kasnije određivana je količina vode koja se ocijedila u valjak.

Tla su bila različite teksturne građe, što se vidi iz tabele I.

Tabela I

Mehanički sastav tla — Mechanische Zusammensetzung d. Bodens

Oznaka tla Bodenbezeichnung	< 0,002	< 0,01	0,01—0,05	0,05—2,0 mm	Klasifik. po teksturi Klassifik. n. Textur
			u — in <sup>0/10</sup>		
Pjeskulja Vardara Sandboden d. Vardar- Alluviums	2,0	3,4	2,7	93,9	Pjeskulja Sandboden
Vrtna crnica Gartenschwarzerde	16,7	50,4	29,8	29,8	Ilovasta glina Lehmiger Tonbo- den
Cimetnosmeđe tlo Zimtbrauner Boden	17,8	43,8	20,6	35,6	Glinasta ilovača Toniger Lehmboden
Umjereno podzoli- rano tlo Mässig podsolierter Boden	12,4	51,6	40,2	8,2	Ilovasta glina Lehmiger Tonboden

Iako je tekstura mineralnog dijela vrtna crnice i umjereno podzolinog tla slična, oba se tla bitno razlikuju u pogledu fizičkih svojstava i kemijske građe. Vrtna crnica je jako humozno tlo s visokim porozitetom, a umjereno podzolinano tlo je mineralno, siromašno humusom i relativno znatno manjeg poroziteta.

U trećoj seriji pokusa uspoređivan je retencioni kapacitet tala u prirodnom i razmravljenom stanju da bi se istražile promjene vrijednosti retencionog kapaciteta utjecajem obrade odnosno rahljenja površinskog sloja tla. Tla su ponajčešće prosijavana kroz sito promjera od 2 mm, a valjci punjeni sitnicom i navlažavani kapilarnim usponom. Ukoliko se tlo sleglo, dodavana je nova količina tla do zapremnine 100 ccm.

## REZULTATI ISTRAŽIVANJA

### 1. Retencioni kapacitet niskog stupca tla i vododržnost visokih kolona

Prvim nizom pokusa istraživali smo kvantitativne odnose između vrijednosti retencionog kapaciteta tla za vodu stupca tla visokog oko 3,4 cm i vododržnosti većeg broja takvih stupaca zasićenih prethodno do retencionog kapaciteta i povezanih u visoku kolonu. Govorimo izričito o vododržnosti, a ne o retencionom kapacitetu kolone, jer je jasno da retencioni kapacitet (Kvr) niskog stupca tla nije ekvivalentan sumi vrijednosti retencionih kapaciteta pojedinih stupaca podijeljen njihovim brojem. Interes je usredotočen na odnose Kvr i vododržnosti različitih vrsta, odnosno tipova tla. Pretpostavili smo da će razlike između Kvr-vrijednosti i vododržnosti kolone biti različite kod tala različite teksture i kemijskih svojstava. Utvrditi te razlike bio je jedan od primarnih zadataka ove prve serije pokusa.

Za pokuse su upotrijebljena tla istog horizonta, prilično homogena u pogledu fizikalnih i kemijskih osobina.

Retencioni kapacitet za vodu bio je različit u različitim vrsta odnosno tipova tla, ali ni kod iste vrste odnosno tipa nije bio potpuno jednak u svim valjcima. Tako je unatoč relativnoj homogenosti Kvr kolebao u ovim granicama:

1. vardarska pjeskulja . . . . .	6,8— 8,4 ‰ vol.
2. vrtna crnica . . . . .	43,5—46,2
3. cimentnosmede tlo . . . . .	30,6—33,5
4. umjereno podzolirano tlo . . .	31,0—34,4

Visina kolona nije bila jednaka u svim pokusima; kretala se od 24 do 70 cm.

Rezultati istraživanja predočeni su u tabeli II, u kojoj je naveden broj valjaka i visina kolone, količina vode ocijeđena iz tla kolone nakon 24 sata, te postotak vlage u najgornjem i najdonjem valjku nakon toga vremena.

Kao što se vidi iz podataka u tab. II, najveći gubici vode konstatirani su u visokoj koloni sastavljenoj od stupaca pjeskulje koja je za 24 sata izgubila 18,8 ml, od ukupno 125, koliko je sadržala kolona na početku pokusa, dakle nešto preko 15‰.

Kod vrtno crnice gubitak vode iz kolone koja je sadržala ukupno 862 ml vode, iznosio je 6,2 ml za 24 sata, ili nešto preko 0,7‰. Kolona stupaca cimentnosmedeg tla, koja je sadržala ukupno 412 ml vode, izgubila je za 24 sata 8,4 ml ili nešto preko 2‰, a umjereno podzolirano tlo zagrebačke diluvijalne terase, koje je sadržalo 654 ml vode, izgubilo je 7,3 ml ili nešto više od 1‰.

Tabela II

Vododržnost kolona od niskih stupaca  
Wasserhaltigkeit d. Kolonnen aus niedrigen Bodensäulen

Oznaka tla Bodenbezeichnung	Broj valjaka Zahl d. Boden- zylinder	Visina kolone Höhe d. Kolonne	Ocijedeno vode u ml Menge d. Sickerwas- sers in ml	Postotak vode u Wasserprozent im najgornjem najdonjem obersten untersten valjku — Zylinder	
Pjeskulja Vardara Sandboden d. Vardar-Alluviums	7	23,8	7,5	6,8	8,6
Vrtna crnica Gartenschwarzerde	16	54,4	18,8	6,0	8,5
Cimentnosmeđe tlo Zimtbrauner Boden	18	61,2	6,2	43,0	46,1
Umjereno podzolirano tlo Mässig podsolierter Boden	16	54,4	8,4	30,0	33,7
	20	70	7,3	30,5	34,8

Iz ovih podataka jasno proizlazi da najmanju vododržnost pokazuju kolone stupaca izgrađenih od pjeskovitih čestica, a relativno visoku vododržnost pokazuju vrtna crnica, zatim umjereno podzolirano tlo i na kraju cimetnosmeđe tlo.

Nakon 48 sati može se konstatirati još slabo ocjeđivanje vode iz kolona težih tala, dok je ocjeđivanje iz pijeska uglavnom završeno.

Može se općenito reći da su razlike između vrijednosti retencionog kapaciteta niskih stupaca i vododržnosti visokih kolona stupaca tla zasićenih prethodno vodom do retencionog kapaciteta to veće što je tlo grublje disperzne građe. Što su tla teža, bogatija koloidnim česticama, a njihova struktura manje stabilna, to su spomenute razlike manje, pa se vrijednosti retencionog kapaciteta za vodu niskog stupca tla sve više približuju vododržnosti visokih kolona.

Očigledno je da nema stalnog koeficijenta kojim bi se mogle rektificirati vrijednosti retencionog kapaciteta niskih stupaca tla, a u svrhu izračunavanja vododržnosti čitavog profila tla. Teškoće se povećavaju s obzirom na nehomogenost građe profila tla. Pojedini genetski horizonti glavnih tipova tla razlikuju se vrlo često u pogledu teksturne građe, ali se redovito razlikuju po kemijskim svojstvima i strukturi. Sve kad bi tlo bilo homogene teksturne građe, razlike u vododržnosti mogu biti uzrokovane nejednakošću u pogledu stabilnosti strukture pojedinih horizonata. Dublji slojevi ilovastih i glinastih tala redovito su veće vododržnosti od površinskih slojeva, jer im je struktura nestabilna, a prema tome i provodljivost za vodu ograničena.

## 2. Utjecaj rahljenja tla na vrijednost retencionog kapaciteta

S gledišta ekološkog važno je poznavati promjene vrijednosti retencionog kapaciteta za vodu koje nastaju rahljenjem tla. Iako postoji opća tendencija snižavanja retencionog kapaciteta utjecajem rahljenja, jer se povećava volumen nekapilarnih pora na račun kapilarnih, ipak razlike u retencionom kapacitetu prirodnih i razrahljenih masa nisu jednake kod svih tipova tla, pa ni horizonata istog profila. Da bismo te razlike i kvantitativno izrazili, istražili smo kod niza profila reticioni kapacitet u prirodnom i razmravljenom stanju. U nekim pokusima upotrijebili smo samo agregate veće od 2 mm, a kod svih ostalih pokusa je pored tla u prirodnom stanju služila sitnica, tj. tlo prosijano kroz sito s promjerom otvora od 2 mm. Usitnjeno tlo nasuto je u metalne valjke, a zatim navlažavano kapilarnim usponom na uobičajeni način. Ukoliko se tlo u toku navlažavanja sleglo, nasuta je nova količina tla da zapremnina bude tačno 100 ml, a zatim je ponovno navlažavano.

U tabeli III predočeni su rezultati ovih mjerenja. Kod svakog tla označena je i njegova teksturna građa.

Istraživanja se odnose na nekoliko tipova tla, i to na:

1. umjereno podzolirano tlo iz Zagreba,
2. cimetrosmeđe tlo botaničkog vrta na Gazi-Babi,
3. črnzem iz Žablja (Vojvodina) i
4. crnu slatinu iz Vel. Rita (Vojvodina).

Razlike u veličini retencionog kapaciteta u mjereno podzoliranog tla u prirodnom i razmravljenom stanju prilično su niske: maksimalna razlika iznosila je 4,5%, resp. 6,7%, i to u površinskom horizontu, a minimalna 2,6% u B<sub>1</sub>. Tlo izgrađeno od agregata većih od 2 mm redovito je pokazivalo manji reticioni kapacitet od sitnice. Najmanja razlika konstatirana je u AB-horizontu (30—40 cm), što se bez sumnje ima pripisati nestabilnosti strukturnih agregata toga horizonta.

Cimetrosmeđe tlo Gazi-Babe odlikovalo se nešto većom razlikom u retencionom kapacitetu prirodnog i razmravljenog tla nego umjereno podzolirano tlo; osjetljiva razlika zapažena je naročito kod tla izgrađenog od agregata većih od 2 mm (10%), ali samo u površinskom sloju. U ostalim dijelovima profila razlike su bile malene, slično kao i u podzolastog tla, što jasno upućuje na potpunu nestabilnost strukturnih agregata ovoga tipa tla.

Črnzem iz Žablja pokazivao je prilično velike razlike u vrijednostima retencionog kapaciteta prirodnog tla i razmravljenih masa. Ako se usporede te razlike između prirodnog tla i usitnjenog na čestice manje od 2 mm, onda vidimo da razlike u Kvr iznose u cijelom A-horizontu od 6,2—6,6%, a u mineralnom C-horizontu iznose samo 1,8%. Kada je cilindar tla napunjen agregatima većim od 2 mm, onda su razlike porasle za 8,7—10,1%. Žabaljski črnzem ima stabilnu strukturnu građu, pa njegove mase prilikom navlažavanja ne smanjuju u većoj mjeri sadržinu nekapilarnih pora.

Tabela III

Razlike u retencionom kapacitetu prirodnog i razmrvljenog tla  
 Unterschiede in d. Retentionskapazität d. natürlichen und zerbröckelten Bodens

Tip tla Bodentyp	Teksturna oznaka Textur	Tlo iz dubine Boden- tiefe cm	Retencioni kapaciteti u vol.‰ Retentionskap. in vol.‰		
			prirodnog tla d. natür- lich. Bodens	razmrvljenog tla zerbröckelten Bodens	Ø < 2 mm
Umjereno podzo- lirano tlo Mässig podso- lierter Boden	glinasta ilovača toniger Lehmboden	3— 10	40,8	36,3	34,1
		30— 40	37,0	34,0	33,5
		60— 70	34,0	31,4	30,0
Cimetnosmede tlo Zimtbrauner Boden	glinasta ilovača toniger Lehmboden glin. pjesk. ilovača tonig-sandiger Lehmboden	0— 10	35,6	29,4	25,6
		30— 40	33,4	31,0	29,2
		90—100	30,2	28,4	27,0
Črnozem Tschernosem	ilovasta glina lehm. Tonboden " ilov.-glin. pjes- kulja — lehm.-ton. Sandboden	3— 7	40,0	33,4	31,3
		30— 34	38,7	31,5	28,6
		130—137	18,1	16,3	—
Crna slatina Schwarzer Alkali-Boden	ilovasta glina lehm. Tonboden glina-Tonboden glina-Tonboden ilovača — Lehmboden	5— 9	41,3	38,6	37,8
		28— 32	42,1	41,4	41,0
		63— 67	39,5	39,1	—
		118—122	37,2	38,9	—

Crna slatina iz Vel. Rita od svih pokusnih tala pokazuje najmanje razlike Kvr-vrijednosti prirodnog i razmrvljenog tla: u površinskom sloju razlike su iznosile 2,7, resp. 3,5‰, a u dubini od 28—32 cm samo 0,7, odnosno 1,1‰, a u dubini od 63—67 cm oko 0,4‰. Ovu osobujnost crne slatine nije teško razumjeti kada se zna da su njeni strukturni agregati potpuno nestabilni u vodi, te da se već nakon kraćeg navlažavanja pretvaraju u jednoličnu hladetinastu, koloidnu masu. Pri likom navlažavanja nekapilarne pore se gube.

Sva ova istraživanja jasno upućuju da retencioni kapacitet površinskih slojeva kultiviranih tala nije konstantan, već se mijenja tokom godine ovisno o tipu tla i njegovoj fizičkoj građi. Najmanje vrijednosti retencionog kapaciteta mogu se konstatirati neposredno nakon oranja.

Tokom vegetacijske periode dolazi u svim tlima do zbijanja tla i povećanja retencionog kapaciteta površinskog sloja. Taj je proces najsporiji kod tala sa stabilnom strukturom kao što je črnozem, a najbrži kod alkalijških tala izgrađenih od teške koloidne gline.

Rahljenje dubljih slojeva tipova tla s nestabilnom strukturnom građom nema vidnijeg utjecaja na vrijednosti retencionog kapaciteta za vodu.

### 3. Određivanje retencionog kapaciteta ekološkog profila tla

Činjenica da u nekih vrsta odnosno tipova tla postoje znatne razlike između vrijednosti retencionog kapaciteta niskih stupaca i kolona niskih stupaca zasićenih prethodno do retencionog kapaciteta, nameće pitanje da li vrijednosti retencionog kapaciteta možemo približiti vrijednostima vododržnosti čitavog ekološkog profila. Teškoće su očigledne: jedva je moguće i kod tala najpovoljnijih fizikalnih svojstava zasititi cijeli ekološki profil vodom kapilarnim putem; pored toga, kapilarni uspon obično je prespor da bi se cijeli profil mogao zasititi u kraćem vremenu; napokon, i samo uzimanje uzoraka čitavih profila tla prilično je teško.

Kapilarni uspon vode u veoma teškim glinenim tlima toliko je spor da navlažavanje stupca tla visokog 3,5 cm traje često nekoliko dana. No ako pažnju obratimo kulturnim, dobro dreniranim tlima, povoljne teksture i strukturne građe, kao što su npr. črnozemi, onda se može pretpostaviti da se i deblji stupac tla može zasititi vodom kapilarnim putem za razmjerno kratko vrijeme. To vrijedi i za sva tla grublje disperzne građe. Visina do koje se voda kapilarno diže, dakle visina stupca koji možemo upotrijebiti za određivanja retencionog kapaciteta ovisi, naravno, o teksturi i strukturi tla. Kada bismo retencioni kapacitet dugih stupaca tla odredili na analogan način kao i kod niskih stupaca, a zatim ih povezali u visoku kolonu koja odgovara visini ekološkog profila, vododržnost ovakvih kolona znatno bi se približila vrijednostima retencionog kapaciteta za vodu, odnosno vrijednosti sume retencionih kapaciteta pojedinih visokih stupaca podijeljene brojem stupaca. Da bismo ovu pretpostavku provjerili, određivali smo najprije retencioni kapacitet visokih stupaca tla, a zatim i odnos tih vrijednosti naprama vododržnosti kolone visokih stupaca zasićenih prethodno do retencionog kapaciteta vodom.

Za prvi niz pokusa služili su nam: 1. vardarski pijesak prosijan kroz sito  $\emptyset$  od 1 mm, 2. vrtna crnica botaničke bašče i 3. cimetrosmede tlo prosijano kroz sito od 2 mm. Stakleni valjci promjera 5,8 cm napunjeni su tлом, a zatim je retencioni kapacitet određivan na uobičajeni način, s tom razlikom što je kapilarno zasićivanje tla vodom trajalo 5 dana. U obzir je uzet stupac tla zasićen vodom do retencionog kapaciteta. Nakon zasićenja do retencionog kapaciteta stupci su ostavljeni 1 sat na suhoj bugaćici, odvagnuti, a zatim stavljeni na lijevak povrh odmjernog valjka. Nakon 24 sata određena je količina ocijeđene vode. Rezultati su predočeni u tabeli IV.



Tabela IV

Retencioni kapacitet i vododržnost visokih stupaca tla  
 Retentionskapazität und Wasserhaltigkeit der hohen Bodensäulen

Oznaka tla Bodenbezeichnung	Visina stupca tla Höhe d. Bodensäule cm	Retencioni kapacitet Retentionskapazität u— in vol. %	Količina ocijedene vode — Menge d. Sickerwassers nakon — nach 24 <sup>h</sup>
Vardarska pjeskulja Sandboden d. Vardar- alluviums ( $\phi < 1\text{mm}$ )	31	7,0	0
Vrtna crnica Gartenschwarzerde	38	38,6	0
Cimetnosmede tlo Zimtbrauner Boden	30	31,9	0

Ovi su pokusi pokazali da je retencioni kapacitet visokih stupaca tla bio malo manji od Kvr niskih stupaca, kao i to da se iz visokih stupaca nije ocijedilo ništa vode u toku 24 sata. Može se pretpostaviti da se vrijednosti Kvr visokih stupaca još više približavaju vrijednostima vododržnosti ekološkog profila tla. Za određivanje Kvr-vrijednosti dobro dreniranih tala moguće je, dakle, upotrijebiti cilindre znatno dulje od Kopeckýjevih.

Drugim nizom pokusa ispitivali smo vododržnost visoke kolone, sastavljene od visokih stupaca tla. Za pokuse je upotrijebljen vrlo fini savski pijesak i s<sup>l</sup>tnica umjereno podzoliranog tla zagrebačke diluvijalne terase. Visina stupaca tla kretala se od 20 do 40 cm. Pošto su prethodno stupci tla zasićeni vodom do retencionog kapaciteta kapilarnim usponom, valjci su preneseni na debeli sloj bugačice i ostavljeni 30 minuta (pijesak) ili 1 sat (umjereno podzolirano tlo) uz povremeno premještanje valjka na suhu bugačicu. Zatim su valjci odvučeni i povezani u visoku kolonu. Visina kolone iznosila je od 60 do 120 cm. Valja istaći da je visina valjka kod umjereno podzoliranog tla odgovarala tačno visini do koje se voda kapilarno popne za 48 sati.

Kao što se vidi iz ovih podataka, tlo visoke kolone sastavljeno od visokih stupaca tla i zasićenih prethodno do retencionog kapaciteta nije izgubilo ništa od vode koju je tlo primilo kapilarnim usponom. Može se prema tome pretpostaviti da retencioni kapacitet čitavog stupca tla koji se može zasiti vodom kapilarnim putem u roku od 48 sati odgovara vododržnosti toga stupca tla.

Ako je tlo homogene teksturne građe, onda bi za određivanje vododržnosti ekološkog profila bilo dovoljno odrediti retencioni kapacitet onog stupca tla koji se može kapilarno zasiti vodom u toku 48 sati. Kod tala nehomogene mehaničke građe treba određivati retencioni kapacitet svakog sloja na analogan način, pa iz dobivenih vrijednosti izračunati retencioni kapacitet profila.

Tabela V

Retencioni kapacitet i vododržnost visoke kolone  
Retentionskapazität und Wasserhaltigkeit der hohen Kolonne

Oznaka tla Bodenbezeichnung	Visina kolone Höhe d. Bodenkolonne cm	Retencioni kapacitet Retentionskapa- cität ‰	Količina ocijenje- ne vode Menge d. Sicker- wassers nakon — nach 48 <sup>n</sup>
Savska pjeskulja Sandboden d. Sava—Flusses	60 120	20,3 20,3	0 0
Umjereno podzoli- rano tlo Mässig podsolierter Boden	120	31,6	0

#### 4. Primjedbe tehnicu određivanja retencionog kapaciteta

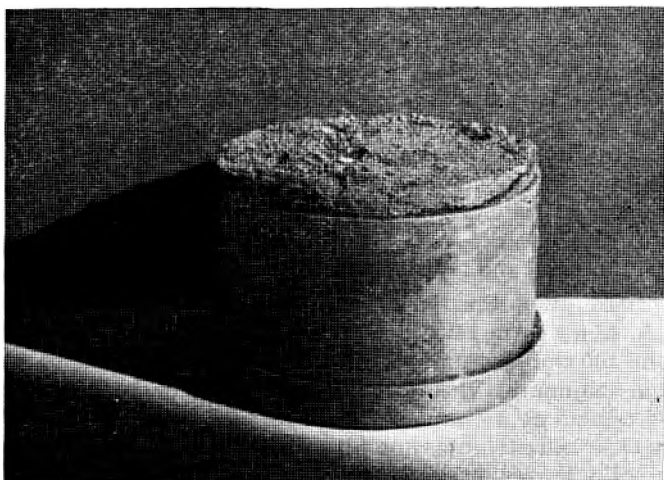
Određujući fizikalna svojstva teških koloidnih tala, opazili smo već prije 35 godina da se volumen tla u Kopeckyjevima valjcima prilikom zasićivanja vodom do retencionog kapaciteta često enormno povećava. To povećavanje volumena ovisno je o stepenu vlažnosti tla u vrijeme uzimanja uzorka za analizu, kao i o fizikalno-kemijskim svojstvima koloidnog kompleksa. Ako su uzorci tla uzimani u suhom stanju, onda se prilikom navlažavanja volumen može povećati i za preko 20%. Na sl. 1. vidimo takvo povećavanje volumena vojvođanskog soloneca, i to u početnoj fazi navlažavanja. Povećanje volumena još nije postiglo maksimum, jer se navlažio tek donji sloj tla, dok je gornji ostao još potpuno suh.

Prirodno je da kod takvih koloidnih tala valja po završetku zasićivanja vodom odrezati višak tla tako da njegov volumen odgovara volumenu valjka, tj. tačno 100 ccm. U protivnom slučaju dobili bismo sasvim pogrešne vrijednosti Kvr.

Greške se mogu lako potkrasti ako povećanje volumena nije veliko, pa mu analitičar ne poklanja dovoljno pažnje. Ako se vrijednosti Kvr jednog kulturnog tla, bogatog koloidima, znatno približe vrijednostima poroziteta, onda je to obično znak da analitičar nije obraćao pažnju promjeni volumena tla uvjetovanoj navlažavanjem.

Prenošenje valjaka tla zasićenih do retencionog kapaciteta na suhu bugačicu veoma je važno, jer se na taj način uklanja slobodna voda koja se zadržava na metalnoj mrežici i donjoj površini tla.

Napajanje kapilarnom vlagom treba da traje toliko dok se gornja površina tla ne orosi. Kod vrlo teških tala vrijeme navlažavanja traje



Sl. 1 — Abb. 1

Povećanje volumena tla solonca nakon 6-dnevnog kapilarnog zasićenja vodom. — Die Volumzunahme eines Solonetzbodens nach 6-tägiger Sättigung mit Wasser auf kapilarem Wege

veoma dugo; primjer je tlo na sl. 1: ni nakon 6 dana voda u sodnom soloncu Malog Rita (Vojvodina) nije se uzdigla ni 3 cm. Zato je najbolje da se prilikom terenskih istraživanja ljeti suha koloidna tla navlaže kišnicom ili destiliranom vodom, prije nego se uzmu uzorci tla za analizu.

#### OSVRT NA REZULTATE ISTRAŽIVANJA

Rezultati istraživanja o kvantitativnim odnosima Kvr-vrijednosti niskih i visokih stupaca tla i vododržnosti visokih kolona sastavljenih od takvih stupaca, zasićenih do retencionog kapaciteta, jasno su ukazala na značenje Kvr-vrijednosti u ekološkoj praksi. Vrijednosti Kvr odnose se uvijek na onaj sloj tla koji je istraživani, i one su ekvivalentne vododržnosti toga sloja. Vododržnost niskih stupaca zasićenih do retencionog kapaciteta i povezanih u visoku kolonu, naravno, ne odgovara sumi retencionih kapaciteta pojedinih stupaca podijeljenoj njihovim brojem. Razlike između ovih vrijednosti, tj. između retencionog kapaciteta i vododržnosti, utoliko su veće što je tlo grublje disperzne građe. U teških koloidnih tala te su razlike vrlo malene. Razlike se smanjuju ako se visoke kolone sastoje od visokih stupaca tla zasićenih do retencionog kapaciteta. Ako visina stupaca tla odgovara visini do koje se tlo može navlažiti do retencionog kapaciteta u toku 3 dana, onda vododržnost visoke kolone odgovara približno vrijednosti Kvr. Na taj način Kvr visokih stupaca može poslužiti kao indikator vododržnosti homogenog sloja pa i profila tla.

Istražujući vodni kapacitet bačkih črnozema, Neugebauer (1962) je zaključio: 1. da apsolutni (retencioni) vodni kapacitet nije upotrebljiv za karakterizaciju vodnog kapaciteta črnozema, a niti kod svih boljih poljoprivrednih tala, i 2. da »apsolutni (retencioni) vodni kapacitet daje sasvim pogrešan pojam o sadržini vazduha u zemljištu pod prirodnim uvjetima« (str. 70). Ove svoje zaključke bazira na »otkriću« da dio vode apsolutnog (retencionog) kapaciteta predstavlja gravitacionu vodu. Doslovno veli: »U toku naših istraživanja izvršili smo eksperimente iz kojih se vidi da jedan dio vode apsolutnog (retencionog) kapaciteta predstavlja gravitacionu vodu« (str. 54).

Valja nam, međutim, primijetiti da ovo nije bilo potrebno tek otkrivati. A Mayeru bilo je već prije 90 godina poznato da u stupcu tla visokom 100 cm postotak vlage nije jednak u svim zonama stupca, pa je stoga »najmanju vlažnost« (koju je označio kao apsolutnu vodozadržnost) određivao ne u čitavom stupcu tla, već u gornjem sloju od 25 cm. Autoru metode određivanja apsolutnog kapaciteta tla za vodu J. Kopeckom bilo je već prije 60 godina jasno da dio vlage koji dospije u stupac tla prilikom njegove metode određivanja  $K_v$  predstavlja gravitacionu vodu. Stoga je i predložio da se valjci s tlom zasićeni do apsolutnog kapaciteta ostavljaju 24 sata na drugom suhom valjku s tlom, kako bi se gravitaciona voda ocijedila (Kopecký je, naime, stavljao donji tanki sloj valjka u vodu). Učenik Kopeckog, poznati češki pedolog V. Novák objavio je 1943. godine rad »Studie o vododržnosti pudy« u kojem je pokazao da vrijednost apsolutnog kapaciteta tla za vodu ovisi o debljini stupca tla. Novák piše: »Ve vodě půdou zadržene je také kapilární voda podlehající tíži zemské a je tudíž vodní kapacita funkci času« (str. 46). Novák je također istraživao utjecaj promjena vodozadržnosti različitih tala ovisno o tome da li se pod valjak zasićen vodom do apsolutnog kapaciteta stavlja tlo jednake ili različite teksturne građe.

Da se vododržnost tla mijenja s porastom stupca tla, bilo je poznato i ruskom pedologu Kossoviču (1904) na osnovu analize rasporeda vode u visokim kolonama pijeska, odnosno tla. A Dolgov S. predlaže 1948. »vvesti ponjatie ob izmjenjajučeisja kapiljarnoi vlagoemkosti počvy ili otčelnyh počvenyh horizontov s izmeneniem vysoti ih zaleganija nad urovnem svobodnoi vody« (str. 11).

Ako se promotre vrijednosti apsolutnog, odnosno retencionog kapaciteta tla za vodu što ih donosi Neugebauer (str. 57), onda odmah upada u oči da su iste dosta visoke, jednako kao što je i visok kvantum vode (252,6 ml) koji se ocijedio iz visoke kolone od 40 valjaka tla.

Objašnjenje se nalazi u pogrešnoj metodi određivanja apsolutnog, odnosno retencionog kapaciteta. Neugebauer je određivao: 1. apsolutni kapacitet za vodu na način koji Kopecký nije primjenjivao i 2. retencioni kapacitet metodom koja se razlikuje bitno od metode koju smo opisali i primjenjivali u praksi. Ove činjenice jasno proizlaze iz opisa metodike rada što ga autor donosi na str. 54. Tamo doslovno veli: »Za određivanje apsolutnog kapaciteta za vodu po Kopeckom, cilindri Kopeckog stavljani su u vodu 18 sati, voda ih je odozgo pokrivala za

nekoliko santimetara. Zatim su smešteni u prostor zasićen vodenom parom, gde su na metalnoj rešeci ostavljeni 24 časa za oticanje gravitacione vode.« Očigledno je da ovaj postupak nije identičan s metodom Kopeckog, jer Kopecký nije zasićivao tlo zaronjavanjem čitavog valjka u vodu. Prema tome, vrijednosti koje je dobio Neugebauer ne odgovaraju vrijednostima apsolutnog kapaciteta po Kopeckom.

Slično se može reći i za određivanje retencionog kapaciteta tla za vodu. Neugebauer piše: »Retencioni kapacitet za vodu odredivan je po M. Gračaninu s tom razlikom što cilindri zasićeni vodom kapilarnim putem odozdo nisu stavljeni na suhu hartiju za filtriranje, već smešteni, kao i u prethodnom slučaju, na rešetku u prostor zasićen vodenom parom na vreme od 24 sata.« Jasno je da Neugebauer za svojih istraživanja nije dobio vrijednosti retencionog kapaciteta po Gračaninu, već po sebi. Dugo nas je iskustvo poučilo da je stavljanje cilindra tla na bugačicu ispod staklenog zvona veoma važno, jer se na taj način cilindar (mrežica i tlo) oslobađaju tankog sloja kontaktne, slobodne vode, koja se prilikom navlažavanja sakuplja na mrežici i donjoj površini tla.

Zaključak Neugebauerov »da apsolutni (retencioni) kapacitet nije upotrebljiv za karakterizaciju vodnog kapaciteta črnözema«, očito ne bazira na stvarnom poznavanju tih vrijednosti, jer ih autor nije ni odredivao. Vrijednosti predočene u tabelama 1, 3. i 4, te slikama 1. i 2. autor prema tome pogrešno označuje kao apsolutni kapacitet po Kopeckom, odnosno retencioni kapacitet po Gračaninu.

U istom radu Neugebauer pokušava dokazati prednosti određivanja »poljskog kapaciteta za vodu« pred određivanjem apsolutnog odnosno retencionog kapaciteta, no na kraju veli: »Pošto je određivanje poljskog vodnog kapaciteta na terenu glomazno i skupo, autor ukazuje na mogućnost korišćenja vrednosti apsolutnog (retencionog) vodnog kapaciteta, iz kojih se množenjem odgovarajućim koeficijentima dobija približna vrednost poljskog (minimalnog) vodnog kapaciteta« (str. 70). Da koeficijenti koje predlaže Neugebauer nisu realni, proizlazi iz činjenice da apsolutni, odnosno retencioni kapacitet odnosnih tala nisu ispravno određeni.

S gledišta ekološkog pažnju zaslužuje poređivanje metoda određivanja vododržnosti tla na osnovu vrijednosti retencionog kapaciteta, odnosno poljskog kapaciteta (field capacity). Poljski kapacitet odgovara onom stanju vlažnosti koje nastaje u tlu neposredno nakon kiše, prije nego otpočne evaporacija i transpiracija. Izražava se postotkom vode u tlu koji se u takvom stanju vlažnosti zateče. Odgovarao bi, dakle, sadržini vode u dobro dreniranom, propusnom tlu iz kojega se ocijedila sva gravitaciona voda. Međutim, vlažnost tla koja bi odgovarala odsutnosti samo gravitacione vode mora se odrediti relativno brzo poslije kiše. To je moguće samo kod lakih i dobro dreniranih tala, jer kod ostalih proces infiltracije kišnice kroz ekološki profil traje dugo, često i po više dana. U međuvremenu, nakon kiše, površinski slojevi gube vodu evaporacijom i transpiracijom, pa vrijednosti poljskog kapaciteta koje se dobivaju nakon više dana ne odgovaraju stvarnoj vododržnosti tla.

Treba, dalje, istaći da bi poljski kapacitet valjalo određivati samo u vrijeme humidnih perioda, kada je cijeli profil tla zasićen vodom. Kod tala nehomogene teksturne građe određivanje poljskog kapaciteta znatno je otežano, jer je npr. ocjeđivanje gravitacione vode pjeskovitog sloja usporeno slabije propusnim ili čak nepropusnim slojem niže ležećeg ilovastog ili glinastog tla.

Laboratorijsko istraživanje poljskog kapaciteta tla pretpostavlja uzimanje kontinuiranog sloja čitavog ekološki aktivnog profila i prenošenje u laboratorij. Ne treba posebno isticati da takva manipulacija enormno otežava određivanje vododržnosti tla. Ona bi jedva bila opravdana kada se zna da u prirodi postoje često znatna kolebanja vododržnosti već na malim odstojanjima.

Čini nam se stoga da je određivanje vododržnosti aktivnog profila na osnovu vrijednosti retencionog kapaciteta visokih stupaca, kako smo opisali na prednjim stranicama, jednostavnije i pouzdanije nego određivanje na osnovu tzv. poljskog kapaciteta.

Ne upuštajući se na ovom mjestu u šira teoretska i praktična pitanja o određivanju vododržnosti tla, upućujem na vrlo iscrpne prikaze u radovima Dolgova, Gössla, Kramera, Veihmeyera i Hendricksona, a navlastito na mnogobrojne radove A. Rodea.

Osvrćući se na »vodne fizičke konstante tla«, Rode ih u jednom od novijih radova uspoređuje s konstantama fizike, pa s pravom podvlači da »eti veličiny po samoi svoei prirode ne mogu byt istinnymi konstantami, t. e. postojannymi veličinami« (1961). To zato što je tlo tijelo koje svejednako mijenja svoj sastav i svojstva: ono se navlažava i suši, bubri i kontrahira, a korijenova mreža i edafon raznoliko rahle njegov ekološki profil. Sve se to odražava u nepostojanosti tzv. fizikalnih konstanti tla, pa i u njegovoj vododržnosti. Stoga male razlike koje se dobivaju prilikom određivanja vododržnosti tla ne mogu imati neko veće praktičko značenje.

## ZAKLJUČCI

Ekološka i hidrotehnička praksa interesirane su na vrijednostima retencionog kapaciteta tla za vodu, ukoliko te vrijednosti mogu poslužiti kao indikatori vododržnosti tla i za izračunavanje kapaciteta tla za ekološki aktivnu vodu. Pretpostavlja se da vrijednost kapaciteta tla za ekološki aktivnu vodu (Kve) rezultira iz diferencije retencionog kapaciteta (Kvr) minus vrijednosti inertne vlage (Iv):

$$Kve = Kvr - Iv.$$

Da bi se utvrdilo da li vrijednosti retencionog kapaciteta mogu biti pouzdani indikatori vododržnosti tla, kako njegovih pojedinih horizontala tako i čitavog ekološki aktivnog sloja, izvršen je niz istraživanja o promjenama veličine retencionog kapaciteta u ovisnosti o visini stupca tla, teksturi i stepenu rahlosti tla. Vrijednosti retencionog kapaciteta uspoređivane su s vododržnosti. Istraživanja su dovela uglavnom do ovih rezultata:

1. Vrijednosti retencionog kapaciteta tla za vodu odnose se samo na onaj sloj tla koji je pokusom obuhvaćen. Ako se retencioni kapacitet određuje pomoću Kopeckýjevog valjka, onda se Kvr-vrijednosti odnose na tanak sloj od cca 3,5 cm, a ako se određuje pomoću stupca visokog 10 cm, onda se Kvr odnosi na taj sloj itd.

2. Visina kapilarnog uspona vode određuje i visinu stupca tla u kojemu se može odrediti vrijednost Kvr.

3. Razlike između retencionog kapaciteta niskih stupaca tla i retencionog kapaciteta čitavog ekološkog sloja tla najveće su kod pijesaka i dobro dreniranih tala, a najmanje kod teških koloidnih ilovača i glina (tab. II).

4. Izračunavanje retencionog kapaciteta čitavog profila iz sume vrijednosti retencionog kapaciteta niskih stupaca povezanih u visoku kolonu, podijeljene brojem stupaca, dovodi do pogrešnih rezultata, koji ne mogu poslužiti za određivanje vododržnosti ekološkog profila.

5. Retencioni kapacitet visokih stupaca tla, čija je visina određena visinom kapilarnog uspona vode u toku 3 dana, pruža najrealniju sliku vododržnosti čitavog ekološkog sloja ako je isti homogena građe (tab. IV/V). Kod tala nehomogene građe valja određivati retencioni kapacitet svakog sloja tla na analogan način.

6. Retencioni kapacitet površinskog sloja kulturnih tala nije konstantan, već se osjetljivo mijenja utjecajem mehaničke obrade tla: najmanji je u vrijeme obrade, a zatim se povećava u toku vegetacije da bi se približio vrijednostima Kvr prirodnih tala potkraj vegetacijske periode. Najveće promjene retencionog kapaciteta utjecajem rahljenja zabilježene su u A-horizontu črnozema, zatim u A<sub>1</sub> cimetnosmedeg tla, još manje kod A<sub>1</sub> umjereno podzoliranog tla, a najmanje kod crne slatine. Razlike su između Kvr-vrijednosti prirodnog i razrahljenog tla to veće što je veća stabilnost strukturnih agregata. Dublji mineralni horizonti koji su izgrađeni pretežno od nestabilnih strukturnih agregata pokazuju najmanje razlike između Kvr-vrijednosti prirodnih i obrađenih masa (tab. III).

7. Zaključci Neugebauera o neprimjenljivosti vrijednosti apsolutnog odnosno retencionog kapaciteta tla za vodu u metodici određivanja vododržnosti debljih slojeva tla (Arhiv za poljoprivredne nauke, 50, 1962) baziraju na pogrešno izmijenjenoj metodici određivanja ovih vrijednosti; vrijednosti koje je on dobio nisu ni po metodi Kopeckog ni Gračanina.

8. Koeficijenti koje predlaže Neugebauer u svrhu rektifikacije vrijednosti apsolutnog, odnosno retencionog kapaciteta i određivanja poljskog kapaciteta tla za vodu, jednako kao i njegovi zaključci o neuporabivosti vrijednosti Kv pri izračunavanju kapaciteta tla za uzduh, lišeni su realne osnove zahvaljujući pogrešno primijenjenoj odnosno izmijenjenoj metodici određivanja apsolutnog i retencionog kapaciteta.

9. Diskutirano je o metodama određivanja vododržnosti tla, te su istaknute prednosti određivanja vododržnosti na osnovu retencionog kapaciteta visokih stupaca prema metodi određivanja poljskog kapaciteta.

10. Autor upozorava na potrebu kontrole promjena volumena tla u toku kapilarnog navlažavanja. U jako koloidnih tala promjene volumena mogu iznositi i preko 20% (sl. 1). Kod nekih tala promjene volumena su manje, pa često i slabije uočljive. One ipak mogu imati znatan utjecaj na rezultate analize ako se nakon navlažavanja volumen tla ne svede na volumen cilindra. Nerespektiranje promjena volumena tla dolazi jasno do izražaja prilikom izračunavanja kapaciteta tla za uzduh; dobivaju se često vrijednosti  $K_{vr}$  koje su malne jednake porozitetu ( $P$ ), a vrijednosti kapaciteta tla za uzduh ( $K_u$ ) tada se približuju nuli, i onda ako su tla dobro drenirana.

#### Literatura

1. Долгов С. И.: Исследования подвижности почвенной влаги и ее доступности для растений. Москва 1948.
2. Gössl V., 1940: Půda jako zásobitelka rostlin vodou. Zprávy výzkum. ustavu zemědělských, č. 78, Praha.
3. Gračanin M., 1947: Pedologija II, Fiziografija tala. Zagreb.
4. Gračanin M., 1950: Metodika ekoloških istraživanja tla. Priručnik za tipološko istraživanje i kartiranje vegetacije. Zagreb.
5. Klíka J. — Novák V., 1941: Praktikum rostlinné sociologie, pedologie, klimatologie a ekologie. Praha.
6. Kopecký J., 1902: Fyzikální vlastnosti půd. Praha.
7. Kopecký J., 1929: Půdoznalství. č. Agrofyzikalni. Praha.
8. Коссович П. С. 1904: Водные свойства почвы. Журнал опит. агрономии, 3. Cit. kod Долгов, стр. 11 и 13.
9. Kramer P., 1948: Plant and Soil Water Relationships. New York—London.
10. Mayer A., 1880: Über die Bestimmung der Wasserkapazität der Bodenarten. Forschungen auf dem Gebiete der Agrikultur-Physik, III.
11. Mayer A., 1874: Über das Verhalten erdartiger Gemische gegen das Wasser. Landwirtschaftliche Jahrbücher.
12. Neugebauer V., 1962: Vodni kapacitet bačkih černozeza i vodne konstante koje ih karakterišu. Arhiv za poljoprivredne nauke, 50, 53—73
13. Novák V., 1943: Studie o vododržnosti pudni. Sborník České Akademie Zemědělské, XVIII/1, 46—51, Praha.
14. Роде А., 1955: Водные свойства почв и грунтов. Издательство Академии Наук СССР, Москва.
15. Роде А., 1960: Методы изучения водного режима почв. Издательство Академии Наук СССР, Москва.
16. Роде А., 1961: К вопросу о «водно-физических константах» почв. Почвоведение, 26—38.
17. Veihmeyer F. J. and A. H. Henderickson: Waterholding capacity of soils and its effect on irrigation practices. Agricultural Engineering, 19, 1938.
18. Veihmeyer F. and Henderickson: Essential of irrigation and cultivation of orchards. Cit. kod Kramer P.: Plant and Soil Water etc.
19. Veihmeyer F. J., 1956: Soil moisture. Handbuch für Pflanzenphysiologie, III, 64—123.



## ZUSAMMENFASSUNG

### ZUR ÖKOLOGISCHEN BEWERTUNG DES RETENTIONS-KAPAZITÄT-WERTES DES BODENS

*Dr Mihovil Gračanin, Professor  
der Naturwissenschaftlich-mathematischen Fakultät in Skopje*

Die ökologische und hydrotechnische Praxis können für die Retentionskapazitätswerte des Bodens besonderes Interesse zeigen, falls diese als Hinweiser der Wasserhaltigkeit des Bodens und Basis für die Berechnung der Kapazität für ökologisch wirksames Wasser dienen könnten. Es wird angenommen dass der Kapazitätswert für das ökologisch aktive Wasser ( $K_{ve}$ ) sich aus der Differenz zwischen Retentionskapazität ( $K_{vr}$ ) und dem Wert des inerten Wassers ( $I_v$ ) berechnen kann:

$$K_{ve} = K_{vr} - I_v.$$

Um die Anwendbarkeit des Retentionskapazitätswertes in der Bestimmungspraxis der Wasserhaltigkeit einzelner Horizonte und auch des ganzen ökologisch aktiven Bodenprofils zu prüfen, wurde eine Reihe von Untersuchungen über die Änderung des Retentionskapazitätswertes in Abhängigkeit von der Säulenhöhe, Bodentextur und Bodenbearbeitung vorgenommen. Sie führten zu folgenden Ergebnissen:

1. Retentionskapazitätswerte des Bodens für Wasser beziehen sich immer nur auf diejenige Bodenschicht, die eben untersucht wird. Wenn die Retentionskapazität mit einem Zylinder nach Kopecký bestimmt wird, dann beziehen sich die  $K_{vr}$ -Werte auf eine etwa 3,5 cm dicke Bodenschicht; wenn  $K_{vr}$  vermittels eines 10 cm hohen Zylinder ermittelt wird, dann entsprechen die  $K_{vr}$ -Werte dieser Bodenschicht u. s. w.

2. Die Höhe des kapillaren Wasseraufstieges bestimmt die Höhe jener Bodensäule, in welcher der Retentionskapazitätswert noch ermittelt werden kann.

3. Die Unterschiede in den Retentionskapazitätswerten der niedrigen Bodensäulen und des ganzen ökologisch aktiven Bodenprofils sind die grössten bei Sandböden und die kleinsten bei schweren, kolloidalen Ton- und Lehmböden (Tab. II).

4. Die Berechnung des Retentionskapazitätswertes des ganzen Bodenprofils auf Grund der Summe von Kvr-Werten einzelner niedrigen Bodensäulen, gebunden in eine hohe Kolonne (dividiert durch die Zahl der Bodensäule) führt zu fehlerhaften Ergebnissen.

5. Retentionskapazität der hohen Bodensäulen, deren Höhe durch die Höhe des binnen drei Tage erreichten kapillaren Wasseraufstieges bestimmt wird, gibt uns ein ziemlich reales Bild über die Wasserhaltigkeit der ganzen ökologisch aktiven Bodenschicht, falls diese einen homogenen mechanischen Bau aufweist. Bei den Böden ungleichmässiger Textur ist es notwendig die Retentionskapazität einer jeden Bodenschicht zu ermitteln (Tab. IV u. V).

6. Retentionskapazität der obersten Schicht von Kulturböden (Ackerkrumme) ist nicht konstant; sie wird durch die Bodenbearbeitung mehr oder minder beeinflusst. Die niedrigsten Kvr-Werte zeigen diese unmittelbar nach der Bodenbearbeitung, dann steigen sie und erreichen gewöhnlich die höchsten Zahlen am Ende der Vegetationsperiode. Die grösste Kvr-Änderungen wurden bei Tschernosem, dann bei zimtbraunen Böden, kleinere bei mässig podsolierten und die geringste bei einem schwarzen Alkaliboden (black alcali soil) festgestellt. Die Unterschiede in den Kvr-Werten eines natürlichen und eines kultivierten Bodens sind um so grösser je grösser die Stabilität ihrer Aggregate. Tiefere mineralische Bodenhorizonte, die sich durch geringe Stabilität ihrer Aggregate auszeichnen, zeigen auch die kleinsten Unterschiede in Kvr-Werten ihrer natürlichen und bearbeiteten Bodenmassen (Tab. III).

7. Die Schlussfolgerungen von V. Neugebauer über die Unanwendbarkeit des Apsolutkapazitätswertes nach Kopecký bzw. des Retentionskapazitätswertes nach Gračanin bei der Bestimmung der Wasserhaltigkeit mächtiger Bodenschichten, basieren auf fehlerhaft angewandter Methodik. Die vom Neugebauer erhaltenen Werte dürfen weder als nach Kopecký noch nach Gračanin bezeichnet werden.

8. Die vom Neugebauer zum Zwecke der Rektifikation der Retentionskapazitätswerte (bzw. der absoluten Kapazitätswerte) und Berechnung der Feldkapazität des Bodens vorgeschlagenen Koeffizienten, enthalten eine exakte Grundlage, da die Kvr-Werte unrichtig bestimmt wurden.

9. Die Auffassung des Verfassers über die Vorteile der Methode der Retentionskapazitätbestimmung vor der Methode der Feldkapazität wurde in der Diskussion klargelegt.

10. Es wurde auf die Notwendigkeit hingewiesen bei der Bestimmung der Kvr-Werte die ev. Änderungen des Bodenvolumens zu berücksichtigen. Bei stark kolloidalen Böden können diese Änderungen im Laufe der Bodenbefeuchtung bis über 20% betragen (Abb. 1). Manchmal sind diese wenig bemerkbar, können aber einen ziemlich grossen Einfluss auf die Kvr-Werte ausüben. Wenn ein Analytiker bei den gut drenierten Böden mit stabiler Struktur den Nullwerten nahe Luftkapazitätswerte bekommt, so ist sehr wahrscheinlich, dass bei der Berechnung der Retentionskapazität auf die Änderungen des Bodenvolumens infolge der Anfeuchtung, keine Rücksicht genommen wurde.