



A MAGYAR KIRÁLYI FÖLDTANI INTÉZET KIADVÁNYAI.

A TALAJVIZSGÁLAT MECHANIKAI ÉS FIZIKAI MÓDSZEREI.

IRTA :

DR. 'SIGMOND ELEK

MŰEGYETEMI NY. R. TANÁR

1 TÁBLÁVAL ÉS 8 SZÖVEGKÖZTI ÁBRÁVAL.

FÜGGELÉK :

ÚJ MŰSZER A TALAJ TÉRFOGATÖSSZE- HUZÓDÁSÁNAK MEGHATÁROZÁSÁRA.

IRTA :

GLÖTZER JÓZSEF

ÖKL. VEGYÉSZMÉRNÖK.

8 SZÖVEGKÖZTI ÁBRÁVAL.

*A magyar királyi földmivelésügyi miniszter fennhatósága alatt álló
m. kir. Földtani Intézet kiadása.*

BUDAPEST

FRITZ ÁRMIN KÖNYVNYOMDÁJA.

1916.

1916. május hó.

A talaj mechanikai és fizikai vizsgálati módszereiről.¹⁾

Írta: Dr. 'SIGMOND ELEK.

I.

Ez alkalommal azokról a tapasztalatokról óhajtok beszámolni, melyeket a mechanikai és fizikai vizsgálati módszerekről, azok végrehajtása és jelentősége szempontjából eddig szerveztem.

A talaj mechanikai elemzése híven visszatükrözi azt, hogy a talajt milyen finom szemcsézettségű ásványi anyag alkotja, amiből a talaj képződése szempontjából becses következtetéseket vonhatunk. Azok a messze-menő feltevések azonban, melyek alapján a mechanikai elemzéseknek régebben oly nagy gyakorlati jelentőséget tulajdonítottak, nem bizonyultak helyeseknek. Kétségtelen, hogy a mechanikai elemzés adatai sokszor megvilágítják a talaj fizikai sajátságait, de igen sokszor tapasztalhatjuk az ellenkezőt is. Különösen az olyan talajok esetében, melyekben a durva és finom homokszemcsék mennyisége háttérbe szorul, a por, iszap és a kolloid „nyers agyag“ pedig az uralkodó, a fizikai különbségek okát a mechanikai elemzés fel nem deríti és az elemzés adatai alapján a különbségeket fel sem ismerhetjük. Mielőtt ez állításomat néhány gyakorlati tapasztalattal indokolnám, szükségesnek tartom ATTERBERG-nek exakt vizsgálataiból²⁾ a legfontosabbakat összefoglalni. Nevezett svéd tudós ugyanis előbb tisztán előállította a különböző finomságú talajszemcskéket és megvizsgálta, hogy a különböző finomságú frakciók hogyan viselkednek a víz mozgását illetőleg. Vizsgálatai közül a legfontosabbak a következők:

1. Meghatározta a különböző finomságú talajszemcsék *maximális kapillaritását*, vagyis azt a magasságot mm-ekben, amennyire az említett frakciókban a víz egyáltalán felemelkedik. A kísérletek egyes esetekben 72 napig tartottak.

¹⁾ Előadta a Magyarhoni Földtani Társulat 1913. december hó 3.-i szakülésén.

²⁾ Dr. ALBERT ATTERBERG, KALMAR: Studien auf dem Gebiete der Bodenkunde. Landw. Versuchsstat. LXIX. (1908.) 93. l.

2. A növények vízzel való ellátása szempontjából különösen az a lényeges, hogy 24 ill. 48 óra alatt mily magasan emelkedik fel a víz a mélyebb rétegekből. Ezért meghatározta azt is, hogy a különböző frakciók 24 óra alatt mily magasra emelik fel a vizet.

3. A növények szempontjából az is lényeges, hogy mérsékelt csapadék leesése nagy öntözés esetében a kapilláris magasságon felül hány mm-nyire tartja vissza a nedvességet.

4. Végre meghatározta, hogy a különböző frakciók száraz állapotban 50 ill. 100 mm vízoszlopnak megfelelő vizet mennyi idő alatt fogadtak be.

ATTERBERG idevonatkozó eredményeit az 1. sz. táblázat foglalja össze.

1. táblázat.

Szemcse-nagyság mm.	Kapillaritás mm.	24 órai víz-emelkedés mm.	Viztartó képesség a kap-határon felül mm.	50 cm'	100 cm'
				víz beszívargási ideje	
5—2	25	22	0	a z o n n a l	
2—1	65	54	5	"	"
1—0·5	131	115	9	"	"
0·5—0·2	246	214	30	"	"
0·2—0·1	428	376	100	1' 35"	4' 45"
0·1—0·05	1055	530	?	4' 5"	13' 30'
0·05—0·02	kb. 2 m.	1153	?	8' —	24' 30'
0·02—0·01	?	485	?	16' 30"	49' —
0·01—0·005	?	285	?	28' —	88' —
0·005—0·002	?	143	?	58' —	160' —
0·002—0·001	?	55	?	?	?

E tapasztalati adatok alapján a talaj mechanikai alkotásában szereplő durva és finomabb homokok közt megkülönböztet: *vizet áteresztő homokszemecskéket* 2·0—0·2 mm szemese átmérővel és *vizet tartó homokszemecskéket* 0·2—0·02 mm szemese átmérővel. ATTERBERG arra a végkövetkeztetésre jut, hogy azok a homoktalajok, melyek főképpen 0·2 mm-nél durvább szemecskékből állanak, szárazságra hajlanak, míg a finomabb szemcsézettségűek nem száradnak ki oly könnyen és így mezőgazdasági szempontból jobbak.

ATTERBERG azután közvetetlen mérések és számítások alapján megállapította, hogy a fűfélék hajszálgököreinek befogadására a 0·02 mm-nél finomabb szemecskék nem alkalmasak, a pillangós virágúak hajszálgökörei valamivel vastagabbak lévén ezeknél, ez a határ valamivel magasabb. Az olyan talaj, melybe a növények hajszálgökörei csak nagyobb munka árán hatolhatnak be, úgy a növény termelése, mint a talaj megművelése szempontjából más elbírálás alá esik, mint azok a talajok, melyekbe a hajszálgökök még a talaj tökéletes összeizapolódása esetén is könnyen behatolhatnak. Utóbbiakat ezért könnyű, előbbieket nehéz talajoknak nevezhetjük.

ATTERBERG ezután több szárazságra hajló svédországi homoktalaj átlagos szemcsenagyságát meghatározta és valamennyinek átlagos szemcsenagysága 0·2 mm-nél nagyobbának bizonyult.

Kötöttebb természetű talajokban a vizet áteresztő homok mennyisége a talaj vizet áteresztő képességét befolyásolja ugyan, de itt már az iszap és agyag mennyisége a törvényszerűséget elhomályosítja. Így pl., ha a békéscsabai határban fekvő jó búzaföld talaját (Cservenák tanya 0—30 cm réteg) az ősi-pusztai szódát nem tartalmazó kötött szikkel összehasonlítjuk, azt tapasztaljuk, hogy míg a jó búzaföld a nedvességet gyorsan beissza, a sziken a víz megáll és csak vékony rétege nedvesedik át. Ha a két talaj mechanikai összetételét összehasonlítjuk, azt látjuk, hogy a két talaj összetételében az a lényeges különbség, hogy a békéscsabai jó búzaföldben a vizet áteresztő homok mennyisége számottevő, az ősi-pusztai szikben csaknem teljesen hiányzik, miként ezt alábbi adatok igazolják:

2. táblázat.

Szemcsenagyság mm.	Búzaföld (Csatornák)	Szódamentes kötött szikes (Ősi)
0—0·2 (vizet áteresztő)	25·2	1·31
0·2—0·02 (vizet tartó)	48·0	27·57
0·02—0·0025 (iszap)	21·8	52·05
0·0025-nél finomabb (kolloid agyag)	5·0	19·07

Önként érthető azonban, hogy a sziktalajnak iszap- és agyag-gazdagsága is lényegesen odahat, hogy a talaj a vizet ne eressze át. Még jobban kitűnik az agyagnak ez a hatása, ha a békéscsabai szikes alatt fekvő vizet áteresztő és vizet rekesztő talajrétegek mechanikai összetételét hasonlítjuk össze:

3. táblázat.

Réteg mélysége	19. tábla	27. tábla	16. tábla	33., 38., 39. t.	35. tábla	38. tábla
	180— 365 cm	180— 350 cm	180— 210 cm	210— 290 cm	180— 210 cm	190— 220 cm
0.5—0.01 mm						
(finom vázrész)	48.7 %	40.8 %	57.0 %	21.8 %	16.6 %	25.7 %
0.01—0.0025 mm						
(iszap)	45.4 „	51.7 „	36.6 „	41.7 „	45.6 „	34.8 „
0.0025 mm-nél fino- mabb (agyag)	5.9 „	7.5 „	6.4 „	36.5 „	37.8 „	39.5 „
	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

A három első a vizet jól vezető, a három utolsó vizet záró talaj-réteg. Utóbbiaknak nagy agyagtartalma és kevés homoktartalma (finom vázrész) egyaránt hozzájárul ahhoz, hogy utóbbi talajrétegek a vizet egyáltalán át ne eresszék. Ezt nemcsak a helyszínén szerzett tapasztalatok, de a laboratoriumi kísérletek is igazolják. Meghatároztam ugyanis, hogy 1 m hosszú, 15 mm átmérőjű üvegcsőbe helyezett talajba 100 mm magas vízoszlop mennyi idő alatt szívárgott be:

4. táblázat.

19. tábla.	
180—365 cm réteg	43 óra alatt
16. tábla.	
180—350 cm réteg	24 óra alatt
33., 38., 39. táblák.	6 nap alatt csak
180—290 cm. réteg keverve.	15 mm szívárgott be.

Hasonló eljárással a békéscsabai 19. tábla három egymás alatt fekvő rétegének vizetáteresztő képességét meghatároztam és alábbi értékeket kaptam:

5. táblázat.

0—30 cm réteg	24 óra alatt
60—90 „ „	54 „ „
180—210 „ „	8 „ „

A mechanikai elemzés következő eredményre vezetett:

6. táblázat.

	0—30 cm	60—90 cm	180—210 cm réteg
0.5—0.01 mm (finom vázrész)	44.62	34.68	46.27
0.01—0.0025 mm (iszap)	37.01	41.92	46.25
0.0025-nél finomabb (kolloid agyag)	18.34	23.40	7.48
	100.00	100.00	100.00

Ezeket egymásközt és az áteresztőképességgel (5. tábl.) összehasonlítva, ismét megtaláljuk a vizet áteresztő képesség és a mechanikai összetétel közt az összefüggést. De ha az eredményeket az előbbiekkal (3. és 4. tábl.) egybevetjük, érthetetlen ellentmondásokkal találkozunk. Nevezetesen a 3. táblázatban az első talaj mechanikai összetétele a 6. sz. táblázat utolsó talajával csaknem megegyezik, amiből azt látjuk, hogy a 19. tábla 180—365 cm mély rétege a 180—210 cm rétegtől mechanikai összetételét tekintve nem különbözik. Mégis a 4. táblázat értelmében a 100 mm folyadékoszlop csak 43 óra alatt szivárgott a talajba, holott az 5. sz. táblázat értelmében a hasonló mechanikai összetételű rétegben már 8 óra alatt a 100 mm vízoszlop eltűnt. Másik ellentétet állapíthatunk meg a békéscsabai 16. tábla 180—350 cm-es rétege és a 19. tábla 0—30 cm-es rétege között. A 4. és 5. táblázat adatai alapján mindkét talaj áteresztőképessége egyenlőnek bizonyult, a mechanikai összetétel azonban igen eltérő (3. és 6. táblázat). Tagadhatlan, hogy a vizet áteresztő képességnek ilyen módon való megállapítása nem tökéletes, de mivel mindenik talaj esetében egyenlő módon történt, azt várhatnók, hogy legalább is viszonylagosan egyező értékekre vezet.

Hasonló ellentmondással találkozunk, ha FROSTERUS-nak legújabb¹⁾ adatait átvizsgáljuk. A talaj vizet áteresztő képességét KORECKY eljárásával²⁾ határozta meg, melynek értelmében 24 óra alatt 10 cm magas, 10 cm² átmérőjű talajhengeren átszivárgó víznek cm³-ekben kifejezett mennyisége a viszonylagos vízáteresztőképesség mértéke. Az így talált értékek az alábbi három finnországi talajra következők voltak:

1) BENJ. FROSTERUS: Zur Frage nach der Einteilung der Böden in Nordwest-Europas Moränengebieten III. (Geotechnische Meddelanden, No. 12.)

2) I. KORECKÝ: Die phys. Eigenschaften des Bodens. Prag, 1904.

7. táblázat.

24 óra alatt áteresztett
víz cm³

12. sz. homokos vályog (Sand—Mo)	122
9. sz. vályog (Mo)	52
7. sz. agyagvályog (Ton—Mo)	240

A három talaj mechanikai összetételét ATTERBERG osztályozása szerint a 8. táblázatban állítottam össze:

8. táblázat.

Szemcse nagyság mm	12.	9.	7. sz. talaj
2·0—0·2	10·0	5·8	3·0
0·2—0·02	75·7	22·6	40·5
0·02—0·002	9·9	48·7	26·2
0·002	2·9	20·8	27·8

A 7. sz. talaj a legtöbb kolloidagyagot és legkevesebb vizet áteresztő homokot tartalmazza, mégis 24 óra alatt a legtöbb vizet bocsájtotta át. A 9. sz. talaj kevesebb agyagot és több vizet áteresztő homokot tartalmaz, mint a 7. sz. talaj, áteresztő képessége mégis jelentékenyen csekélyebb.

Az elmondottakat összegezve, azt mondhatjuk tehát, hogy a talaj vizet áteresztő képessége szempontjából csak a homok talajok szemcsefinomsága jöhet figyelembe. A vályogos és agyagos talajokban az iszap és agyag mennyisége ugyan durva különbségek esetében nyújthat némi tájékoztatást, de finomabb megkülönböztetésre nem alkalmas. Durva megközelítéssel csak annyit mondhatunk, hogy az iszap és agyag mennyiségével az áteresztőképesség csökken. Szorosabb összefüggés nem is várható, mert a talaj áteresztőképessége nemcsak a szemcse nagyságtól függ, hanem a szemecskék elhelyeződése, a talajkolloidok mennyisége és minősége, különféle sók (elektrolytok) előfordulása, a talaj rétegződése és a talaj víztartalma szintén érezhetően befolyásolja azt, hogy a víz milyen gyorsan és milyen mélyen halad a talajban lefelé.¹⁾

Hasonló ellentmondásokkal találkozunk a talaj egyéb fizikai sajátosságai és a mechanikai összetétel összehasonlításakor. E tekintetben itt csak FROSTERUS és PUCHNER vizsgálataira utalok, annál is inkább, mert ily irányú tapasztalatokkal még nem rendelkezem.²⁾

A mechanikai összetételnek sokan még ma is nagy jelentőséget tulajdonítanak a talajok osztályozása szempontjából. Különösen az amerikai *Bureau of Soils* ezrekre menő mechanikai elemzést végzett e cél-

1) Bővebben: RAMANN Bodenkunde 3. kiadás (1911.) 346. l.

2) FROSTERUS u. o. 19. l.

H. PUCHNER: Untersuchung über die „Wasserführung“ des Bodens. Int. Mitt. Bodenkunde I. köt. 99—137. l.

ból. G. N. COFFEY, a nevezett osztály egyik szakembere, az amerikai Egyesült-Államok talajairól írt tanulmányában¹⁾ a talajok osztályozása szempontjából a következő három fizikai sajáttságot emeli ki: mechanikai összetétel („texture“), talajszerkezet („structure“) és a talaj színe („color“).

E három közül legnagyobb jelentőséget a mechanikai összetételre helyezi, mert ez állandó és pontosan megállapítható. Korábbi közleményében²⁾ pedig következőket írja:

„A talaj szövete („texture“ = mechanikai összetétel) a talaj legfontosabb fizikai sajáttsága. Ez alkotja a növény környezetét a talajban . . . Miután a talaj szövete szabja meg a növénygyökerek környezetét és éppen ez okból azt is, hogy az adott talajtípuson miféle növényeket termelhetnek legelőnyösebben, ezért igen lényeges, hogy a talaj szövetének jelölése a lehető legnagyobb pontossággal meghatározassék és használtassék. A homok, homokos vályog, vályog és agyag elnevezéseket ugyan sokszor használják a talajok jellemzésére, de ezek a fogalmak koránt sincsenek kellőképpen meghatározva. Így pl., ha könnyű homokos vidéken homokos vályog agyagaltalajon fordul elő, ezt az illető vidéken agyagnak minősítik; de ha ugyanez a típus olyan vidéken fordul elő, hol nehéz kötött talajok az uralkodók, ott ezt a talajtípust mindjárt homoktalajnak minősítik.“

PFEIFFER is akként nyilatkozik,³⁾ hogy a talajok elnevezése nagyon individuális, mert gyakran előfordul, hogy ugyanazt a talajt egyik homoknak, másik vályognak minősíti. Sőt az is előfordulhat, hogy ugyanaz a szakember ugyanazt a talajt különbözőképpen minősíti, aszerint, hogy a mintát nedves vagy száraz állapotban szerezte be. A talaj elnevezése csak akkor lehet szabatos és a fenti szubjektív hatásoktól mentes, ha annak alapját pontos elemzés alkotja.

FROSTERIUS pedig már idézett⁴⁾ dolgozatában azt mondja, hogy az ásványi eredetű talajok osztályozása szempontjából a talaj fizikai sajátosságai elsőrangú jelentőségűek. Ezek közt pedig legfontosabb a talaj mechanikai összetétele.

Lássuk ezek után, hogy az eddigi tapasztalatok alapján, a mechanikai összetétel a talajok fizikai osztályozása szempontjából mennyire bizonyult helyesnek? Ha a régebbi talajismereti munkákat áttanulmányoz-

1) G. N. COFFEY: A Study of the Soils of the United States (1913.) U. S. Dep. Agric. Bur. of Soils — Bull. No. 85. 27. l.

2) G. N. COFFEY: Physical Principles of Soil Classification, Proc. Amer. Soc. Agron. 1. kötet. 181. l.

3) Landw. Jahrbücher, 41. kötet. (1911.) 17. l.

4) U. o. 7. l.

zuk, azt tapasztaljuk, hogy habár a talaj mechanikai összetételének nagy jelentőséget tulajdonítanak, a talajtípusok jellemzése az összetétel alapján nagyon határozatlan.

Ezt csak egy példán akarom megvilágítani. CSERHÁTI SÁNDOR talajismereti munkájában¹⁾ az agyagtalaj jellemzése szempontjából azt mondja: „A legtöbb talajismereti munkában az agyagtalaj jellegző sajáttságául mondatik, hogy az legalább 50% agyagot tartalmaz. Ilyen agyagtalaj azonban a kultúrtalajok között aligha fordul elő. FESCA elemzése szerint igen kötött agyagtalaj csak 30% tiszta agyagot tartalmazott. Amit tehát rendesen agyagnak mondanak, az nem egyéb, mint iszap, vagyis agyag keverve különböző idegen alkotórészekkel. Az iszap mennyisége 90%-ig emelkedhetik, azonban a 80%-ot meghaladó már oly kötött, hogy szántóföldül csak kivételesen, rendesen csak mint rét vagy legelő használtatik.

Az iszap mennyisége azonban szerintem nem az egyedüli jellegző, mert vannak vályogtalajok is, amelyek 60% iszapot tartalmaznak és ennek dacára sem számíthatjuk azokat az agyagtalajok közé. Arra nézve, hogy valamely talajt agyagtalajnak mondjunk, a legalább 50% iszapon kívül szükséges, hogy a váz finomszemcséjű legyen, olyan, hogy a talajt az ujjak között morzsolva, a homokot ki ne érezzük.“

CSERHÁTI tudós és gyakorlati gazda volt egy személyben, aki egyrészt kora szakirodalmát és kutatási módjait, másrészt hazai talajainkat gyakorlati szempontból és közvetlen termelési kísérletekkel szerzett tapasztalatokból jól ismerte. Idézett leírásából beláthatjuk, hogy a talajnak a mechanikai összetétel alapján való jellemzése nagyon határozatlan volt, annál is inkább, mert a leiszapolható rész szemcsefinomsága sem volt határozott és a különböző kutatók eredményei nem voltak összehasonlíthatók.²⁾

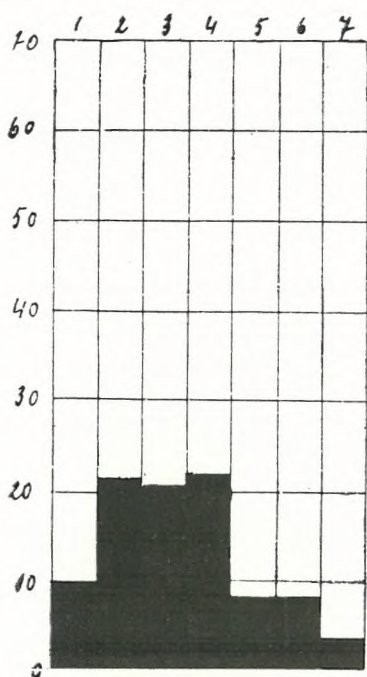
Pontosság szempontjából ennél sokkal tökéletesebb mechanikai elemzéseket végeztek a *M. kir. Földtani Intézetben*.³⁾ De ezekből a nagyszámú elemzésekből is bajos volna megvonni a helyes hatást a vályog- és agyagtalajok között. Legtöbb egyöntetűen végzett és a szemcsenagyságon alapuló mechanikai elemzést az amerikai *Bureau of Soils* végzett. WHITNEY a 15 év alatt megelemezett talajok számát 20,000-re becsüli. Ezért az amerikai mechanikai osztályozást alábbi vázlatos összeállításban ismertetem, majd COFFEY-nak ezzel csaknem teljesen megegyező osztályozását az alábbi grafikus összeállítás szemlélteti.

¹⁾ CSERHÁTI S.: Talajismeret. II. javított kiadás. (1902.) 142. l.

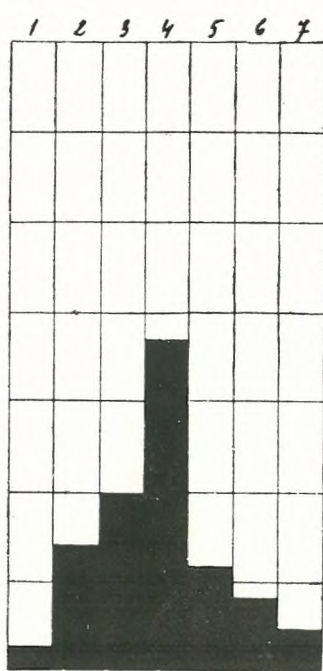
²⁾ KÜHN eljárásával az iszapolás 30 cm-es vízszloppal 5 percenként történt, ami ATTERBERG vizsgálatai alapján közelítőleg 0.05 mm. szemcseátmérőnek felel meg.

³⁾ Lásd az Intézet idevonatkozó közleményeit.

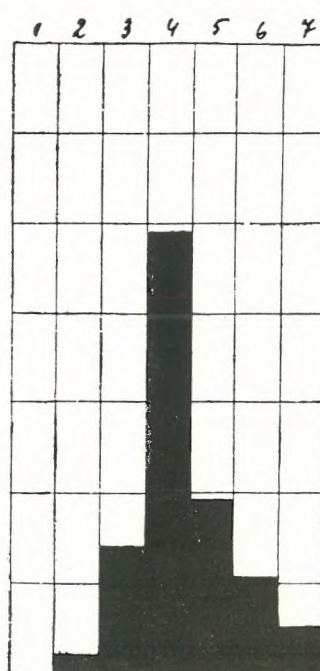
A főbb talajtípusok mechanikai összetételénél



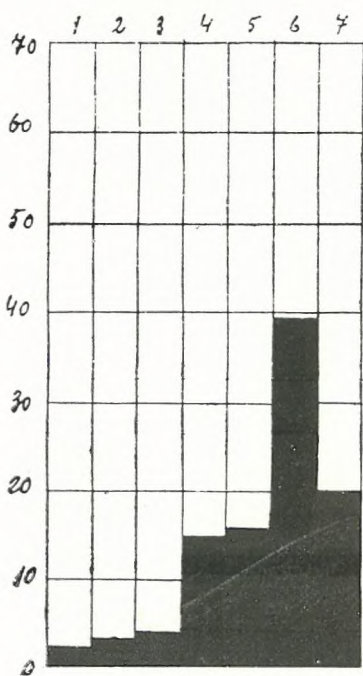
Durva homok



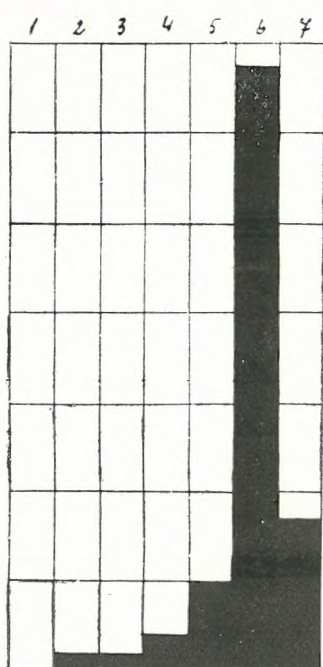
Közepes homok



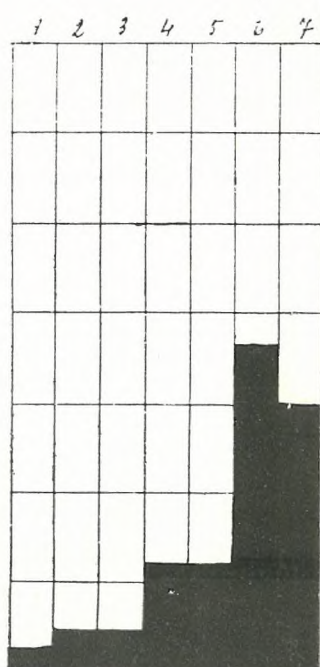
Finom homok



Vályog

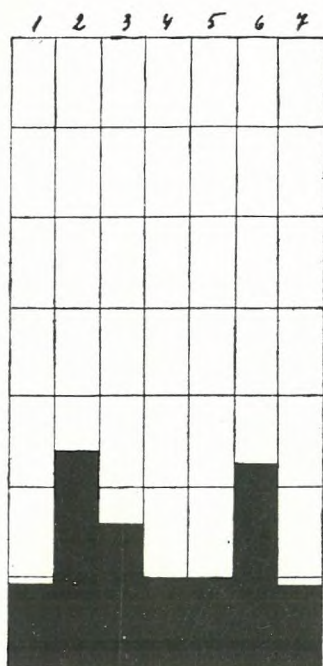


Iszapos vályog

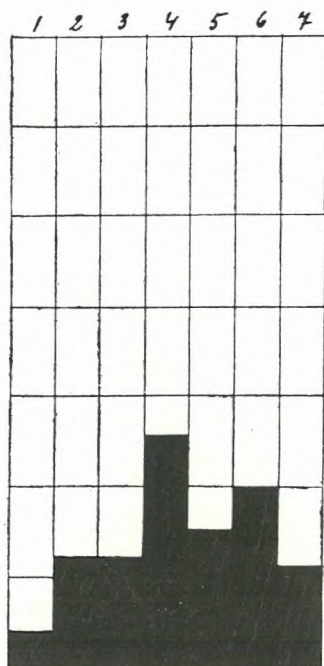


Agyagos vályog

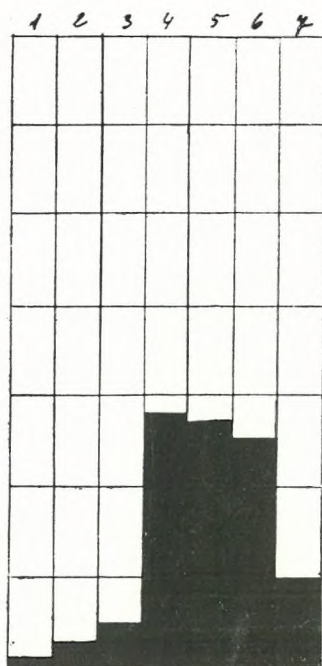
szemléltető diagrammjai (COFFEY szerint).¹⁾



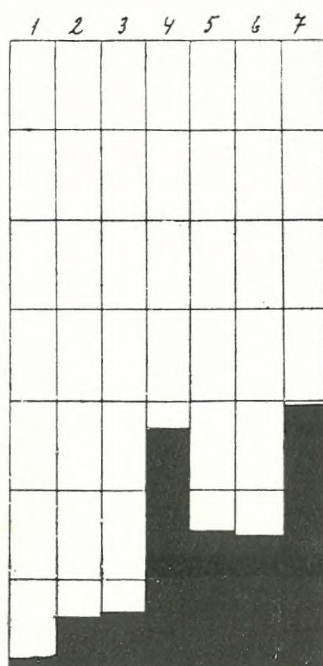
Durva homokos vályog



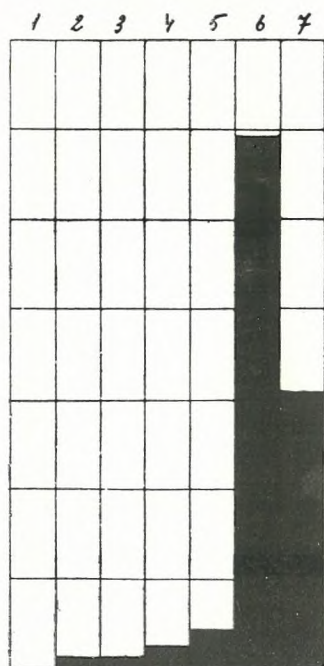
Közép homokos vályog



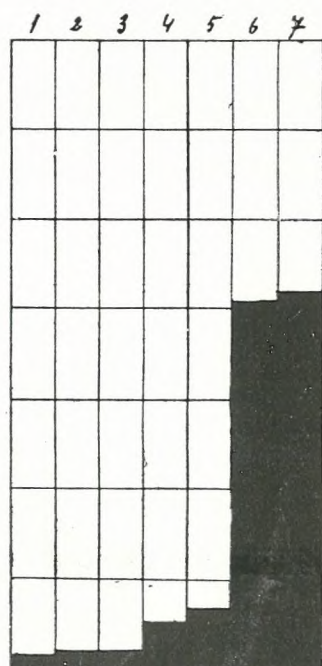
Finom homokos vályog



Homokos agyag



Iszapos agyag



Agyag

9. táblázat.

A Bureau of Soils talajosztályozása a mechanikai összetétel alapján:¹⁾

Osztály	1. 2—1	2. 1—5	3. 5—25	4. 25—1	5. 1—05	6. 05—005	7. 005—0
Durva homok		20%-nál több			10%-nál kevesebb	0—15	0—10
		50%-nál több				20%-nál	kevesebb
Közepes homok	10%-nál kevesebb	50%-nál több			10%-nál kevesebb	0—15	0—10
						20%-nál	kevesebb
Finom homok	10%-nál kevesebb			50%-nál több		0—15	0—10
						20%-nál	kevesebb
Homokos vályog	20%-nál több					10—35	5—15
						20%—50%	
Finom homokos vályog				40%-nál több		10—35	5—15
						20%—50%	
Vályog							5—15
						55%-nál	
						50%-nál több	
Iszapos vályog						55%-nál több	25%-nál kevesebb
Agyagos vályog						25 55	25 35
						60%-nál több	
Homokos agyag		30%-nál több				25%-nál kevesebb	20%-nál több
						60%-nál kevesebb	
Iszapos agyag						55%-nál több	25—25
Agyag							35%-nál több
						66%-nál több	

¹⁾ „Instructions to field parties and description of Soil types.“ U. S. Dep. of Agric. Bur. Soils. (1904.) 20. l.

Megengedem, hogy az előforduló esetek többsége a fenti osztályozásnak felelt meg és hogy így bizonyos megközelítéssel a mechanikai elemzés alapján a talaj fizikai jellegét megállapíthatjuk. Ámde ezt maga a *Bureau of Soils* sem tartja be. Így pl. a homokos vályogon a 9. táblázat következő határértékeket állapít meg: 20%-nál több durva homok (szemcsefinomság = 2—0.25 mm., frakció száma: 1., 2., 3.), 20%-nál több és 50%-nál kevesebb iszap (szemcsefinomság = 1.05—0.005 mm, frakció száma: 6.) és agyag (szemcsefinomság = 0.005—0 mm-nél kisebb, frakció száma: 7.), ebből az iszap 35%-nál, az agyag 15%-nál kevesebb. A 11. táblázatban összeírtam néhány talajtypust, amelyeket a *Bureau of Soils* vizsgált meg és határozott meg és homokos vályognak jelölt.¹⁾

11. táblázat.

Homokos vályogtalaj	Durva	Finom	Iszap	Agyag	Összesen
	homok				
	s z á z a l é k				
Volusia	12	18	47	16	93
Oakland	16	40	31	13	100
Manchester	33	50	11	6	100
Winnebago	26	36	25	15	103
Wheatland	9	44	26	22	101

A fenti táblázatban összefoglalt homokos vályogok közül e követelményeknek csak a felülről számított 4-ik, azaz a winnebagoi homokos vályog felel meg.

Más esetben külön jelzővel jelölnek mechanikai összetételre nézve sokkal hasonlóbb talajokat. Pl.:

12. táblázat.

	Durva	Finom	Iszap	Agyag
	h o m o k			
	s z á z a l é k			
Volusia homokos vályog	15	18	47	16
Volusia vályog	5	20	46	27

¹⁾ Instructions to Field parties stb. c. kiadvány adataiból állítottam össze.

Néha vályognak, sőt agyagtalajnak jelölnek olyan talajt, mely több homokot és kevesebb agyagot tartalmaz, mint más homokos vályog.

13. táblázat.

	Durva	Finom	Iszap	Agyag
	h o m o k			
	s z á z a l é k			
Volusia homokos vályog	12	18	47	16
Bernardston vályog . .	18	34	34	14
Griffin agyagtalaj . . .	33	17	25	25
Shelby agyagtalaj . . .	14	32	40	13

E néhány példából is láthatjuk, hogy az amerikai *Bureau of Soils* maga sem tulajdonít valami nagy jelentőséget a talajok mechanikai összetételének a talajosztályozás szempontjából, mert a talaj minőségének megállapításakor a helyszíni felvételek alkalmával tapasztalt gyakorlati ismertetőjelek alapján jelöli a talajokat. Maga WHITNEY pedig, az osztály vezetője, 1911. február hó 11.-iki ATTERBERG-nek írt levelében a mechanikai elemzésről következőképpen nyilatkozott:¹⁾

„A mechanikai elemzésnek csak akkor van haszna, ha a talaj mechanikai összetétele és fizikai és biológiai sajátosságai között valaminő közelebbi összefüggést tudunk megállapítani.

Tudjuk, hogy van ilyen összefüggés, de ennek szabatos módját eddig még nem sikerült felismernünk. A talaj sajátosságai a mechanikai összetétellel nagyon bonyolult összefüggésben állanak . . .“

HILGARD ugyanekkor²⁾ akként nyilatkozik, hogy még eddig nem sikerült megoldani azt a bonyolult egyenletet, melynek hivatása lenne, hogy a szemcsenagyságok ismerete alapján a talaj megművelhetőségét meghatározzuk.

Mindezeket mérlegelve, a talajok gyakorlati osztályozása szempontjából a mechanikai összetételnek legalább ez idő szerint csak másodrangú szerepet tulajdonítunk és ennek megfelelőleg nincs célja a talajszemcsék oly messzemenő osztályozásának, minőt különösen az amerikaiak alkalmaznak.

Ezért a *II. agrogeológiai konferenciának a talajszemcsék osztá-*

1) ATTERBERG: Über die Klassifikation der Bodenkörner a talajszemcsék osztályozására kiküldött nemzetközi bizottság tagjainak szétküldött III. közlemény 2. l.

2) I. u. o. 2. l.

Iyozására kiküldött nemzetközi bizottsága 1913 október 31.-én Berlinben tartott értekezletén ATTERBERG javaslatára a talajszemcskék osztályozására következő csoportokat fogadta el:

14. táblázat.

A nemzetközi bizottság által elfogadott szemcsenagyságok határszámai:

	Szemecske átmérő
Kő, szikladarab, görgeteg	20 mm-nél nagyobb
Kavics	2—2 mm
Durva homok (áteresztő)	2—0.2 „
Finom homok (vizetartó)	0.2—0.02 „
Iszap, por	0.02—0.002 „
Nyers agyag (kolloidok)	0.002-nél finomabb rész

Itt még csak azt jegyzem meg, hogy a nemzetközi bizottság az egyes frakciók elnevezését illetőleg nem hozott határozatot. Hasonlóképpen egyelőre nyitva maradt a fenti főcsoportokon belül való további osztályozás. Ezt tehát a kutatók továbbra is saját belátásuk szerint választják és a jövő fogja megmutatni, hogy még minő alcsoportok beiktatása kívánatos. A fenti nemzetközi megállapodás csak azt célozza, hogy a főcsoportok határszámait általánosan elfogadjuk és így a különböző munkálatok eredményeit összehasonlíthassuk.

Az amerikai *Bureau of Soils* eddig követett eljárásának adatait ATTERBERG szerint könnyen átszámíthatjuk. Egyszerűen a „Fine gravel“, „Coarse sand“, „Medium sand“ összegéhez a „Fine sand“ egyötödét hozzáadva, a kapott érték közelítőleg a 2—0.2 mm-es csoportnak felel meg; a „Fine sand“ négyötödét a „Very fine sand“-hez adva és hozzászámítva a „Silt“ egyharmadát, megkapjuk közelítőleg a 0.2—0.02 mm-es csoportot; a „Silt“ kétharmadát és a „Clay“ egynegyedét összeadva, ez megfelel a 0.02—0.002 mm-es csoportnak; végre a „Clay“ fennmaradt háromnegyed része a 0.002 mm-nél finomabb résznek felel meg.

Sokkal egyszerűbb ennél a *M. kir. Földtani Intézetben* alkalmazott eljárás adatait ATTERBERG fent elfogadott határértékeire átszámítani, mert ebben az osztályozásban a kettős számok minden fokozatban szerepelnek, úgy, hogy mindössze több frakció összegezéséről van csak szó. Látszólag a kolloidanyag finomsági értékszáma valamivel nagyobb, mint ATTERBERG-nél. De éppen ATTERBERG vizsgálataiból tudjuk, hogy ennek a szemcsenagyságnak nincs éles határa. Tekintettel arra, hogy miként az előzőkből kitűnik, az agyagos rész mennyiségéből legfennebb csak durva következtetéseket vonhatunk a talaj fizikai sajátságaira, megállapíthatjuk,

hogy a Földtani Intézet eljárásával nyert eredmények minden akadály nélkül és egyszerűen átszámíthatók a nemzetközi mechanikai bizottságtól elfogadott ATTERBERG-féle határértékekre.

A nemzetközi bizottság még megegyezett abban, hogy a különböző mechanikai elemzési módszerek közül ATTERBERG eljárását ajánlja normális eljárás gyanánt, ha pedig más eljárást alkalmazunk, kívánatos a szemcse nagyságát ATTERBERG eljárásával összeegyeztetni. ATTERBERG mechanikai elemzési eljárását ez alkalommal nem ismertetem. Ez a szakirodalomból amúgy is ismeretes,¹⁾ saját megfigyeléseimről pedig csak akkor fogok beszámolni, ha e módszer tanulmányozását befejeztem.

II.

INKEY BÉLA, első hazai agrogeologusunk, a II. nemzetközi agrogeológiai konferencián a talajszemecskék osztályozása szempontjából a következő alapelveket szögezte le:²⁾

„Miként csaknem minden téren, úgy itt is megelőzte a gyakorlati élet a tudományos kutatásokat. A gazdasági gyakorlat különböző talajtípusokat állapított meg, ezeket névvel jelölte és egymástól megkülönböztette. A tudomány hivatása, hogy e téren a gyakorlatot kövesse, a közönségesen használt elnevezéseket mélyebb tudományos alapokra fektesse, kibővítse és rendszerbe foglalja. Mindenekelőtt azt kell kutatnia, hogy melyek a talajnemek lényeges ismertetőjelei és hogy a talajok különböző sajátosságai minő alapelvekre vezethetők vissza. Ez az út vezethet a talajok természetes rendszertanához. . . .“

ATTERBERG a svédországi ásványi eredetű talajok osztályozásának tanulmányozásakor ezekből az alapelvekből indult ki. A gazda a talajt a megműveléssel járó munkához mérten nehéz- (agyag), kötött- (vályog) és laza- vagy könnyű- (homok) talajokra osztja. A vályogtalajok közt a talajszemecskék finomságához mérten agyagos ill. homokos vályogot különböztet meg. A homoktalajokat alkatrészeinek finomságához mérten szintén vályogos-, finom-, ill. durva homoktalajokra osztja. A gazda továbbá a talaj minősítésekor a talaj humusztartalmát is figyelemre méltatja és a talajok színe alapján erősen televényes, kevésbé televényes és televényszegény talajokat különböztet meg. A homoktalajokat pedig különösen a vízzel szemben tanúsított magaviseletük alapján jó, ill. száraz homoktalajokra szokták osztani.

1) ATTERBERG: Die mechanische Bodenanalyse und die Klassifikation der Mineralböden Schwedens. Int. Mitt. f. Bodenkunde, Bd. II. (1912.) Heft 4. S. 312.

2) Verhandl. d. zw. intern. Agrogeologenkonferenz. Stockholm, 1911.; 257. l.

ATTERBERG mindezek mérlegelése alapján a talajok agronomiai osztályozására a következő javaslatot terjesztette elő:¹⁾

A) Agyagtalajok vagyis képlékeny talajok.

I. *Ragadós képlékeny agyagok* (erősen képlékeny agyagok), azok, melyek a képlékenységi határok között még ragadósak.²⁾ Ezek a legnehezebben művelhetők. Szilárdsági értékszáruk rendszeren 40-nél nagyobb és a mechanikai összetételben a nyersagyag (kolloidok) uralkodik.

II. *Nem ragadós agyagok* (vályogos agyagok).

IIa) Közepesen nehéz művelésű agyagok: Szilárdsági értékszáruk 40—31. A mechanikai összetételben a finom homok uralkodik.

IIb) Mérsékeltén nehéz művelésű agyagok. Szilárdsági értékszáruk 30—16. A mechanikai összetételben hol a finom homok, hol pedig az iszap uralkodik.

B) Vályogtalajok.

Ezek nem képlékeny, többé-kevésbé kötött talajok. A mechanikai összetételben majd a finom homok, majd az iszap a túlnyomó.

I. *Mérsékeltén nehéz művelésű vályogok* (agyagos vályog). Szilárdsági értékszáruk: 30—16.

II. *Könnyű vályogok* (homokos vályog és lösztalajok). Szilárdsági értékszáruk: 15—8.

C) Homok és iszaptalajok.

Lazák, szilárdsági értékszáruk: 7—0.

I. Kapillaritás 34 cm-nél nagyobb (finom homoktalajok), melyek a mechanikai összetétel alapján tovább feloszthatók.

II. Kapillaritás 34 cm-nél kisebb (durva homoktalajok).

Ezen főosztályokon belül alosztályokat különböztet meg a talajok humusz- ill. mésztartalmához képest.

Nem célok ez alkalommal, hogy a talajok osztályozásáról véleményemet bővebben kifejtsem. ATTERBERG osztályozását itt csak azért említettem meg, hogy a *fizikai sajátságoknak a talaj gyakorlati minősítése szempontjából való fontosságát kidomborítsam*. Különben FROSTERUS- és

¹⁾ A nemzetközi bizottság tagjainak szóló 5. közleményben 3. l

²⁾ ATTERBERG: Über die physikalische Bodenuntersuchung. Intern. Mitt. f. Bodenkunde. I. kötet. (1911.) 1. füzet, 28. l.

COFFEY-nak is már idézett idézett közleményeiből azt látjuk, hogy a talajok osztályozása szempontjából a fizikai sajátságoknak nagy jelentőséget tulajdonítunk.

A fizikai vizsgálatoknak azonban nemcsak a talaj osztályozása, de a talajok gyakorlati szempontból való megismerése terén is nagy jelentősége lehet. És különösen utóbbi szempont vezetett arra, hogy a fizikai vizsgálati módszereket behatóbban tanulmányozzam.

A talaj fizikai sajátságait két főcsoportba oszthatjuk. Az egyikbe sorolom mindazokat, melyeknek közös jellemvonásuk, hogy legalább bizonyos határok közt *állandóak* és *laboratoriumi vizsgálatra alkalmasak*. Ezek olyanok, melyek a talajok *osztályozására és rendszeres minősítésére alkalmasak* lehetnek. A másik főcsoportba sorolom mindazokat a sajátságokat, melyeknek közös jellemvonása, hogy *nagy mértékben változók* és nem annyira a talaj jellemzésére, mint inkább a talaj fizikai állapotának időnként való megismerésére alkalmasak. *Ezek a talaj osztályozása szempontjából figyelembe alig vehetők ugyan, de sok gyakorlati feladat megoldása szempontjából nélkülözhetetlenek*. Ezek rendszerint olyanok, melyeket helyesen csak *a helyszínén alkalmazható eljárásokkal határozhatunk meg*.

A talajok gyakorlati minősítése szempontjából a megműveléssel járó munka elbírálása elsőrangú fontosságú. Azt a gyakorlati gazda is megállapíthatja, hogy talaja nehezen művelhető, szívós, nagyon kötött, mérsékelten kötött vagy laza. De ezeket a sajátságokat közelebbről meghatározni, számértékekkel kifejezni nem tudja. Már pedig ennek nemcsak a talajok gyakorlati minősítése (osztályozása) szempontjából van jelentősége, miként ezt ATTERBERG a svéd talajokon megállapította, hanem erre sok gyakorlati eset elbírálásakor is szükségünk lehet. Így pl., ha új művelő eszközök jóságát, munkateljesítő képességét, erőfelhasználását akarjuk kipróbálni. Mindezek a kísérletek, még ha gondos és szakavatott mechanikai ellenőrzéssel hajttnak is végre, abban a hibában szenvednek, hogy a talaj fizikai sajátságát és állapotát nem ismerjük. Már pedig könnyű belátni, hogy ugyanaz a művelő eszköz, pl. eke, laza homokban, vagy mérsékelten kötött vályogtalajban könnyebb munkát végez, mint kötött, vagy éppen szívós agyagtalajban. Hazánkban újabb időkben a bérszántás gőzekével egyre nagyobb tért hódít, ami helyes mértékben alkalmazva, örvendetes jelenség, mert a mély szántás előnyeiben nemcsak a nagy uradalmak, de kisebb birtokok is részesülhetnek, melyek évi szántóterülete a gőzeke beszerzésével járó tőkebefektetést meg sem bírná.

A talaj elbírálása a szántással járó munka szempontjából a bérszántáskor a gazdának és a bérszántó vállalkozónak egyaránt érdeke.

Jó talajon a szántás könnyű, kevesebb tüzelő anyagot és időt követel, mint nehezebb vagy rossz fizikai állapotban lévő talajon. A bérszántási szerződés megkötésekor az áregység szempontjából az volna az okszerű és igazságos alap, ha a talaj minősége alapján előre megbírálnánk a végzendő munka mértékét. Ehhez azonban nem elég a mai gyakorlati ismeretek alapján a talajokat, nehéz, kötött, mérsékelten kötött és könnyű vagy laza talajokra osztani. A talaj kötöttségének igen sok változata fordulhat elő, melyeket még a talaj sajátos fizikai állapota, ú. m. nedvességtartalma, laza, morzsalékos, ill. tömődött szerkezete lényegesen befolyásolhat.

A talaj kötöttsége igen bonyolult fogalom. A kötött agyagtalajok nehéz művelésűek azért, mert bizonyos nedvességi állapotban ragadósak, más nedvességi állapotban szívósak, szárazabb állapotban pedig kemények. Általában tehát azt mondhatjuk, hogy kötött agyagtalajok esetében a talaj megművelése annál több erőt igényel, minél szárazabb a talaj. Homokos vagy televényes vályogtalajok esetében már nem érvényes ez a szabály. PUCHNER ugyanis azt tapasztalta, hogy a homok és humusz esetében az összetartás a talajrészecskék között bizonyos közepes nedvességtartalom esetében a legnagyobb; több ill. kevesebb nedvesség az összetartást („Kohärenz“) csökkenti.¹⁾ Ha tehát előre elbírálni kívánjuk, hogy különböző talajok esetében ezek megművelhetése szempontjából a talajok kötöttségi fokozata mekkora, *különösen két fizikai sajátságot kell meghatároznunk, ú. m. a talaj szilárdságát és nedvességtartalmát.*

A talaj szilárdságát többféle szempontból határozhatjuk meg. Általános mechanika szempontjából a szilárd anyagoknak következő irányban kifejtett szilárdságát szokták figyelemre méltatni: ú. m. 1. nyomás, 2. szakítás, 3. eltolás, 4. hajlítás, 5. csavarás ellen kifejtett szilárdság. Az első hármat abszolút, az utolsó kettőt relatív szilárdságnak nevezik. Az első nem tekintve, a többi ritkán szerepel külön, hanem rendszeren összetett alakjukban figyeljük meg. A talaj megművelésekor is, különösen a szántás munkájában mindenik szilárdsági ellentállás többé-kevésbé közreműködik. Ezért GOLOGURSKI²⁾ azt mondja, hogy ha meg akarjuk érteni a talaj alakulását, mely rajta a megműveléskor végbemegy, és akarjuk ismerni a leküzdendő ellenállások forrásait és nagyságát, akkor a talaj szilárdságának valamennyi fent említett nemét ismernünk kell. GOLOGURSKI fejtegetései és matematikai számításai értékes tudományos alapul szolgálhatnak a talajművelő eszközök szerkesztésének és munkájának megítélése szempontjából, de nem arra valók, hogy a fentemlített gyakorlati

¹⁾ Int. Mitt. f. Bodenkunde, II. köt. (1913.) 142. l.

²⁾ Dr. GOLOGURSKI T. M.: Die technologischen Prozesse bei den Bodenbearbeitung, 1913. Krakau. 19. l.

feladatot megoldhassák. Itt olyan egyszerű és gyorsan végrehajtható vizsgálati eljárásra van szükség, melynek eredményéből előre megmondhassuk, hogy megszabott körülmények között a vizsgált talaj megmunkálása normális talajmívelő eszközökre vonatkoztatva, mennyi időt igényel. E feladat megoldását nem tartom lehetetlennek, habár belátom, hogy a gyakorlatban előforduló körülmények oly változatosak, hogy első pillanatra e komplikált feladat megoldása lehetetlennek látszik.

Igaz ugyan, hogy a talaj szántásakor a talaj szilárdsága és pedig ennek mind az öt említett neme, továbbá a talajrészecskék egymásközti surlódása az ú. n. *belső surlódás*, valamint a talajrészecskék és az ekevas ható felülete között érvényesülő surlódás, az ú. n. *külső surlódás* egyidejűleg és együttesen alkotják a szántáskor legyőzendő erő ellenében működő ellentállást. Tudományos pontossággal tehát csak akkor juthatunk a legyőzendő ellentállás szabatos meghatározásához, ha valamennyi ellenértékét meghatározzuk. Ez nem is lehetetlen, de sok munkát és számítást követel és GOLOGURSKI fejtegetései alapján még mindig csak bizonyos megszorításokat követel és hozzávetőleges értékekhez vezet. Én azt hiszem, *a gyakorlati igényeknek eleget teszünk, ha tapasztalati úton megállapítjuk, hogy a talajok szántására kívánt erő a talajok szilárdságával* (ATTERBERG eljárása szerint) *és nedvesség tartalmával miként változik.* Így szintén csak hozzávetőleges értékekhez jutunk ugyan, de rövidebb úton és ha a talaj szilárdsága (ATTERBERG eljárásával) és a többi ellentálló erő közt valaminő közelebbi összefüggés fennáll, akkor a meghatározásunk tudományos hiányait a tapasztalati viszonyszámok kifogják egészíthetni.

A talajszilárdság meghatározására az ATTERBERG kidolgozta eljárást és készüléket választottam. Ez tulajdonképpen a fent említett öt szilárdságféleségnek egyikét sem határozza meg külön-külön. Alapelve ugyanaz, amit először VÖLCKER (1819) alkalmazott, de behatóbban SCHÜBLER (1838) tanulmányozott.¹⁾ ATTERBERG azt az erőt határozza meg kg-okban kifejezve, amely szükséges a normálprisma szétmetszésére. A készülék szerkesztésére és használatára vonatkozólag ATTERBERG idevonatkozó közleményeire utalok.²⁾ Itt azonban mégis szükségesnek vélem az eljárás végrehajtását úgy leírni, ahogy azt laboratóriumomban végrehajtuk:

1) A szilárdsági meghatározások történeti fejlődését lásd ATTERBERG: „Die Konsistenz und die Bindigkeit des Bodens“. Int. Mitt. f. Bodenkunde. II. köt. (1912.)

2) ATTERBERG: Konsistenz u. Bindigkeit d. Bodens.

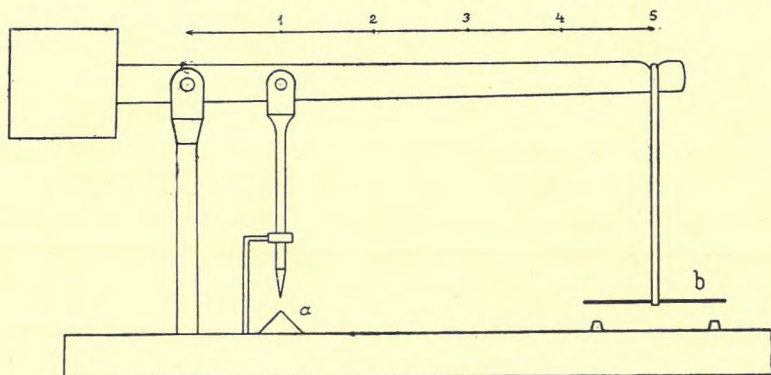
ATTERBERG szilárdsági meghatározási módszerének végrehajtása.

A szilárdság meghatározására ATTERBERG a következő készüléket használja:

Az „a” élek közé egy a talajból készített hasábot helyez s a „b” serpenyőt addig terheli meg, míg az élek a hasádba hatolva a hasábot ketté metszik.

A talajnak, melynek szilárdságát meg akarjuk határozni, ismerünk kell a képl. alsó határát s a nedvességét, nem képlékeny talaj esetében pedig azon határt, melynél a talaj még éppen szétfolyik.

A hasáb készítése céljából 130 g porított talajból és vízből pépet készítünk; annyi vizet használunk, hogy 100 rész talajra a képlékenységi



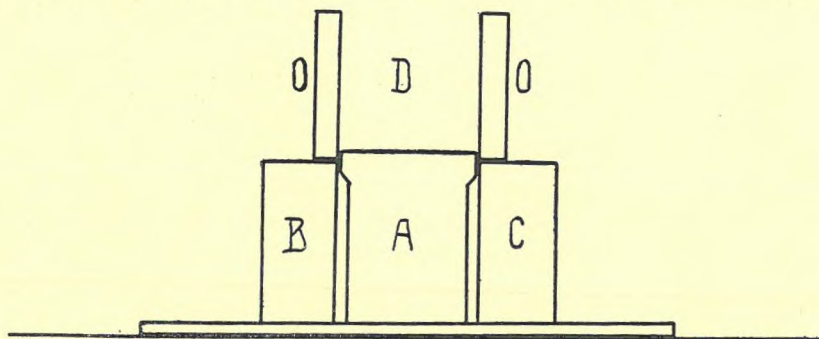
1. ábra.

alsó határát 2—6 résszel meghaladó vízmennyiség jusson. A szükséges vízmennyiség kiszámításakor a talaj eredeti nedvességét is beleszámítjuk. Ha pl. a talaj képl. alsó határa 28, nedvessége pedig 2·5%, akkor 102·5 rész talajra $28 + 4 - 2·5 = 29·5$ rész víz veendő. A víz mennyiségét pontosan azért nem lehet megadni, mert *a talajtól függ, hogy a formát jól kitöltve, hibátlan hasábot adjon*. Ha a számított víz nem volna elegendő, úgy cm³-enként adunk hozzá még vizet, míg ha a pép már nagyon puha, úgy talajt keverünk bele. Némi gyakorlat után számítás nélkül is eltalálható a helyes vízmennyiség. A pépet lapos porcellán csészében erős spatulával addig gyúrjuk, míg az teljesen homogén s levegőbuborékoktól mentessé válik.

A pép víztartalma az eredmény szempontjából lényeges, mert minél nagyobb a pép víztartalma, melyből a hasábot készítjük, annál kisebb kiszáradás után is a szilárdság. ATTERBERG egy talajból, melynek alsó

képl. határa 26 volt, 41·4, 35·4 s 29·1 rész vízzel kevert pépből készült, szárított hasáb szilárdságát 46·2, 50·0 s 52·5 kg-ban állapította meg. Laboratoriumomban egy békéscsabai talajból 28·2 ill. 23·7% víztart. pép készült, a képl. alsó határa 18 volt; a talált szilárdság = 52·7 ill. 58·6 kg. volt.

Az elkészített pépet gondosan a normális sárgarézt formába gyúrjuk. A forma 4 részből áll. A = alaprész, B és C elvehető részek, melyek a forma oldalfalait (O) alátámasztják. A plasztikus talajt a forma belsejébe (D) gyúrjuk, úgy, hogy az a formát teljesen kitöltse. Tetején nikkelspatulával elsimítjuk a talajt, úgy, hogy az mindenütt a forma felső széléig érjen. Ezután a B és C oldalrészeket elvesszük s a formát óvatosan leszorítjuk. Így a talajhasáb az A alaprész felső síkján marad. Hogy



2. ábra.

innen könnyebben eltávolíthatjuk, ajánlatos még a talaj begyúrása előtt ezen síkra beleillő papírlapot helyezni. A hasáb méretei $2 \times 2 \times 9$ cm, felső lapját megjelöljük, hogy mindig ugyanaz a lap kerüljön a készülék felső éle alá. 130 g talajból 2 hasáb készíthető.

A hasábokat a formáról üveg vagy fémlapra helyezzük és megszárítjuk. Nehéz talajok előbb légszárazzá teendők s csak ezután helyezzük a szárítóba, különben a hasáb megrepedezik. A hasábot az üveglapon még forgatnunk is kell, hogy lehetőleg egyenletesen száradjon ki.

A talajhasábot úgy helyezzük a készülékre, hogy pontosan a hasáb közepe kerüljön a két ék közé és arra ügyeljünk, hogy a hasáb hosszú éle párhuzamos legyen az ékek mögött levő fémlappal. A serpenyőre literes edényt állítunk és ebbe addig öntünk ólomsörétet, míg a hasáb ketté metesződik. Ezután a serpenyőn volt edény súlyát megmérjük. A mérlegelés ideje alatt a félprizmákat exsiccatorba helyezzük, hogy a talaj a levegőből nedvességet ne szívhasson magához. A félprizmákat, majd pedig a keletkező kockákat megint szétmetsszük, úgy, hogy összesen hét meghatározást

kapunk. Igen szilárd talajoknál külön 5 kilós ólomsúlyokat helyezünk a serpenyőre s csak ezután öntünk sörétet az edénybe.

A hét eredmény közül az eléggé megegyező középértéket vesszük. Ha egyik-másik eredmény nagyon eltérő, ez a prizma hibás készítéséből eredhet. Eltérések azonban mindig lesznek, különösen nem teljesen kiszáritott talaj esetében, mert a hasáb levegőn nem szárad egyenletesen s a szilárdságot a hasáb víztartalma erősen befolyásolja. A készülék rudjának aránya az élek fókuszpontjától a serpenyő fókuszpontjáig 1:5, ezért a talált eredmény 5-tel szorzandó. A meghatározás előtt a hasáb lineáris szélessége, melynek irányában az élek hatni fognak, lehetőleg $\frac{1}{10}$ mm pontossággal megméréndő. A talaj u. i. száradás közben összehúzódhatik s az eredetileg 20 mm-es szélesség csökken. Mivel azonban a szilárdságot mindig 20 mm-es szélességre vonatkoztatjuk, az eredményt korrigálni kell. A szükséges erő egyenes arányban áll a szélességgel s így a 20 mm szélességre szükséges súly = $\frac{20 \times \text{hasáb súlya}}{\text{hasáb szélessége}}$. A készülék érzékenysége 25 g, mely az éleknél 125 g-nak felel meg.

ATTERBERG újabb készülékén golyós csapágy van s ennek érzékenysége már csak 5 g.

Igen lényeges még a repesztett talaj nedvesség-tartalma is, ezért a félkockákat egyenként mozsárban kisebb darabokra törjük s minden félkockából kis mintát véve, meghatározzuk a víztartalmat.

Pl.: A hasáb szélessége = 18.8 mm volt.

A szükséges terhelések: 6250 g

6680 „

6350 „

6330 „

6020 „

6210 „

6560 „

43440: 7 = 6200 g.

$$x = \frac{20.6200}{18.8} = 6600 \text{ g.}$$

Szilárdság = $6600 \times 5 \text{ g.} = 33 \text{ kg.}$

Víztartalom = 3.8%.

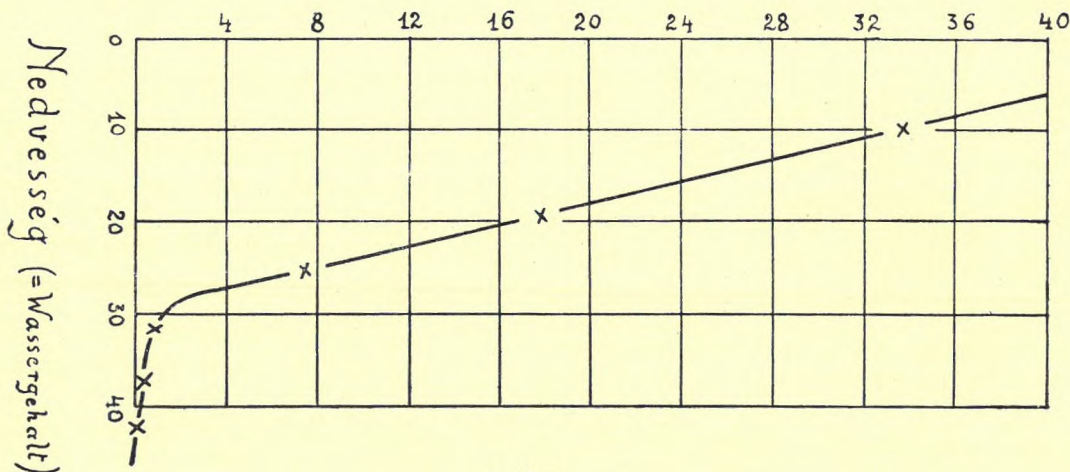
Mivel a gyakorlatban nem ez a kiszáritott állapotban mért szilárdság a legfontosabb, meghatározhatjuk a talaj szilárdságát különböző nedvességtartalom esetében is. Egy sorozat hasábot készítünk s ezeket levegőn szárítva, félnaponként vagy naponként egy-egy prizma szilárdságát határozzuk meg, nedvességével együtt. Ha a légszáraz állapotot elértük,

száritó szekrénybe helyezzük a prizmákat s óránként veszünk egy-egy prizmát meghatározásra. Az így nyert értékeket diagrammban foglalhatjuk össze, melynek képe plasztikus talajoknál kb. a következő:

Ott, hol az éles fordulat van, a víztartalom kb. megfelel a képlékenységi alsó határának, míg a képl. felső határán a szilárdság = 0. A képlékenységi határain belül természetesen nem beszélhetünk szigorúan vett szilárdságról s itt a szívósságot határozzuk meg, mely nem más, mint a képlékenységi határai között fellépő szilárdság.

Meghatározására ATTERBERG kockákat formál, melyeket egy sík

Szilárdság (= Festigkeit)



3. ábra.

lapra helyezve, felettük fémspatulát terhel meg, míg az a kockába félig benyomul. Az ehhez szükséges súly gr-okban adja a szívósságot.

Fokozódó terhelésnél a spatula előbb lassan, majd gyorsabban nyomul a kockába, de csak a kocka közepéig, innen már tetemesen nagyobb súly hatására nyomul, csak a kocka aljáig. Ezért fogadta el ATTERBERG csak azt a súlyt, mely a spatulát a kocka közepéig nyomja.

A fenti diagrammon tehát az éles kanyarulatnál a szívóssági s szilárdsági görbe találkozik és ezen pont természetesen kb. összeesik a képlékenységi alsó határával, mely egyszersmind azon határ is, melyen alul a talaj szilárd.

Meghatározások eredményei:

Víztartalom:	11.5%	8.6%	5.2%	4.3%
Szilárdság:	31.5 kg	36.7 kg	38.8 kg	44.5 kg

A képlékenységi számmal összefüggően különböző talajok esetében talált szilárdsági értékszámok következők voltak:

Képlékenységi szám:	9.3	16.1	18.8	22.5
Szilárdság kiszáritott állapotban:	61.1 kg	84.2 kg	89.3 kg	95.8 kg

Látjuk ebből, hogy a szilárdság ez esetben a képlékenységgel növekedett.

A 100°-on száritott talaj szilárdsági értékszáma a meghatározási hibákon belül állandó, vagyis abszolút érték, mely ennél fogva a talaj fizikai minőségének állandó jellemző tulajdonsága. Ezt használja ATTERBERG osztályozási rendszerének egyik alapjául.

A szilárdság azonban a nedvességtartalommal nagy mértékben változik. Ezért a talajműveléssel járó munka megbecsülése szempontjából nem érhetjük be a 100°-on száritott talaj szilárdságának meghatározásával, de ismernünk kell a szilárdság változásának görbét, amelyből aztán a talaj különböző nedvességi állapota esetében a megfelelő szilárdsági értékeket könnyen kiszámíthatjuk.

A talaj fizikai sajátosságai közül a talaj összeállósága, ú. n. „*konzisztenciá*”-ja nem kevésbé jellemző, mint a talaj szilárdsága. A talaj összeállósága a talaj nedvességtartalmával változik. ATTERBERG a talaj összeállóságának három főtípusát különbözteti meg, ú. m. szilárd, képlékeny és szétfolyó állapotot. Az első és utolsó minden talaj esetében, a képlékenység csak az agyagtalajok esetében fordul elő. Éppen ezért a *képlékenység az agyagtalajok egyik jellemző tulajdonsága.*¹⁾ ATTERBERG a képlékenységi értékszámot akként határozza meg, hogy megállapítja azt a határt, melyen a talaj már nem folyik szét és azt a határt, melyen már vékony drótokra nem hengeríthető ki. Mindkét fizikai állapotban meghatározza a nedvességet és a különbséget a képlékenység mértékének fogadja el. Ennek értelmében minél képlékenyebb az agyag, annál nagyobb a nedvességtartalombeli különbség a szétfolyás alsó, vagyis a képlékenység felső határa és a megszilárdulás felső vagyis a képlékenység alsó határa között. A képlékenység fogalmának megállapítása és meghatározása szempontjából ismét ATTERBERG idevonatkozó közleményeire utalok. Itt csak úgy írom le az eljárást, ahogyan azt laboratóriumomban végrehajtjuk.

¹⁾ ATTERBERG: Die Plastizität d. Tone. Int. Mitt. f. Bodenkunde. I. köt. (1911.)

A képlékenység felső határának meghatározása ATTERBERG szerint.

A képlékenység felső határa ott kezdődik, ahol a talaj szétfolyása, vagyis folyós konzisztenciája megszűnik. Mindaddig ugyanis, míg a talajban a víz oly sok, hogy a talajrészecskék egymástól igen távol esnek, a talajrészecskéket összetartó erő nem érvényesül és a keverék úgy viselkedik, mint a folyadékok. Mihelyt annyira apad a vízmennyiség, hogy a talajrészecskék egymáshoz eléggé közel jutnak, akkor a részecskék közt egyrészt a belső surlódás, másrészt a kohézió a talaj megszilárdulását okozza. A szilárd anyagok kétféle csoportját különböztetjük meg. *Merev, nem képlékeny anyagok azok, melyekben a belső surlódás nagyobb a kohéziónál; képlékeny anyagok pedig azok, melyek esetében a képlékenységi határokon belül a belső surlódás kisebb, mint a kohézió, ezért ha a belső surlódás okozta ellenállást legyőzzük, az anyag nem törik szét, hanem megváltozott alakját megőrzi.* A homok- és vályogtalajok nem képlékenyek. Ezek esetében tehát a szétfolyási alsó határ mindjárt a merev szilárd állapotba megy át. Az agyagtalajok képlékenyek és ezért ezek esetében bizonyos nedvességi határok között a belső surlódás kisebb a kohéziónál. De a nedvesség csökkenésével a részecskék egyre közelebb jutnak és ezzel a belső surlódás is oly rohamosan nő, hogy végre a képlékenység alsó határán, midőn már nem alakítható, hanem széttörik, a surlódás egyenlő vagy nagyobb a kohéziónál.

A felső határt a következőképpen határoztuk meg.

A képlékenység felső határának meghatározása.

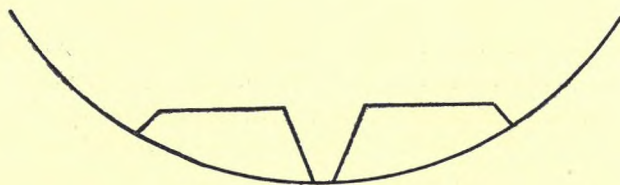
Az itt levő következő határok meghatározására porított, nehéz talajok esetében 0.2 mm szitán átment talajt kell használni.

Körülbelül 10 cm³-es, gömbölyű fenekű porcellán csészében körülbelül 5 g talajból Ni-spatula segítségével pép gyúrandó. Ezután kis adagokban még talajt gyúrunk a péphez s minden egyes hozzáadás után a következő próbát végezzük.

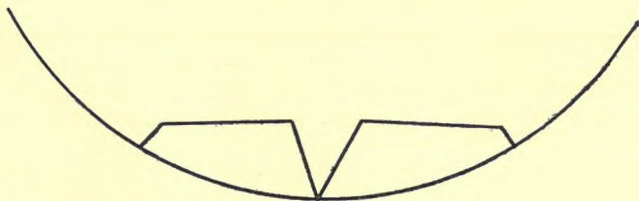
A pépet a csésze szélén kilapítjuk, úgy, hogy körülbelül háromnegyed cm magas legyen s a spatulával közepén ketté választjuk, mint a 4. ábrán látható. Ezután a csészét többször erőteljesen tenyerünkhöz ütjük. A képlékenység felső határát akkor értük el, ha a két rész már nem folyik többé össze, legfeljebb alsó szélük ér össze, mint az 5. ábra mutatja.

Ezt elérve, meghatározzuk a talaj nedvességét, mely 100 rész száraz anyagra számítva, közvetlenül a felső képlékenységi határt adja.

ATTERBERG először megengedte, hogy a két rész háromnegyednyire, majd félig összefolyjon. Ezen eljárásnál azonban oly talajok is plasztikusnak voltak minősítendőek, melyek különben semmi plaszticitást el nem árultak. Az így végzett kísérletek ezenkívül azt is mutatják, hogy ilyen eljárással két párhuzamos meghatározásnál az eredmények nem eléggé összevágók. Egy talaj esetében, melynek képl. felső határa 33 volt, a két rész félig való összefolyásakor egyik esetben 50·6, 46·2% nedvességet kapott.



4. ábra.



5. ábra.

Oly irányú kísérleteket is végzett, amelyekben a két rész teljes mozdulatlanságáig kevert talajt a pépbe. Ily állapotban azonban a talaj folyósnak már egyáltalában nem nevezhető s határozottan képlékeny, s így az ezen módon elért érték a képlékenység határának vehető nem volt.

A fent leírt mód alkalmazásakor tényleg a helyes értéket kapjuk, mert az így meghatározott határnál szűnik meg a talaj folyékony lenni s kezdi a képlékenység jeleit mutatni. Ha megengedjük, hogy a két rész még részben összefolyjon, úgy a határt még nem értük el, holott ha megvárjuk, míg a részek már nem mozdulnak, úgy már átléptük a határt.

Megpróbáltatott még a sűrű, képlékeny péphez víz hozzáadással a határ elérése. Ennek az a hátránya, hogy sokkal nehezebben keverhető a víz a sűrű péphez, mint talajpor a híghez.

Ami két párhuzamosan végzett meghatározás eredményeinek össze-

vágását illeti, ATTERBERG közölt meghatározásainál a maximális eltérés 1·3, ő azonban megköveteli, hogy az eltérés 1-nél nagyobb ne legyen. Mindig párhuzamosan két meghatározás végzendő, melyek, ha a különbség 1-nél nagyobb, megismétlendők.

A laboratóriumomban végzett párhuzamos meghatározások eredményei:

Képlékenységi felső határa	a)	23·0	33·7	34·6	38·2	38·3	40·5	43·5
	b)	23·3	35·0	35·4	38·7	38·9	41·0	43·9
Képlékenységi szám		9·3	16·1	17·2	18·8	19·3	21·3	22·5

A képlékenység alsó határának meghatározása.

A felső határ meghatározásánál maradt pépből egy részt kiveszünk s azt papiroson újjunkkal drótformára sodorjuk ki. A kisodort talajdrótot összehajlítjuk és újra kisodorjuk. Lényeges az a körülmény, hogy a drótokat úgy sodorjuk, hogy azok hosszirányukban nyúljanak, ellenkező esetben alacsony értéket kaphatunk. Ha a drót többé össze nem sodorható, darabokra esik szét, a sodrást beszüntetjük és a talajdrót-darabkák víztartalmát meghatározzuk.

Ezen határ sokkal pontosabban határozható meg mint a felső. A két párhuzamos meghatározás eltérése ATTERBERG szerint 0·5-nél nagyobb ne legyen.

A laboratóriumomban végzett kísérletek eredményei:

Képlékenység alsó határa	a)	13·7	18·2	17·7	19·3	18·8	19·2	21·0
	b)	14·2	18·4	17·9	20·1	19·6	19·5	21·4
Képlékenységi szám		9·3	16·1	17·2	18·8	19·3	21·3	22·5

A képlékenységi értékszám nemcsak az agyagtalajok minősítése, de a talaj művelése szempontjából is becses. ATTERBERG a képlékenységi értékszám alapján a különböző svédországi talajokat 11 osztályba és 35 alosztályba csoportosította.¹⁾ A talaj művelése szempontjából a talaj addig, míg képlékeny művelésre rendesen nem alkalmas, mert a felszántott rögök együtt maradnak és ha így kiszáradnak, kemény rögök maradnak vissza. A képlékenység alsó határa egyúttal a talaj megszilárdulásának kezdete. Ettől kezdve ugyanis a szilárdság rohamosan növekszik. Ezért a talajművelés szempontjából legmegfelelőbb az a nedvességi állapot, midőn a talaj már nem képlékeny, de még összetart. Az összetartási határt ATTERBERG következőképpen határozza meg:

¹⁾ ATTERBERG: Die mech. Bodenanalyse und die Klassifikation d. Mineralböden Schwedens. Int. Mitt. f. Bodenkunde. II. köt. (1912.)

Az összetartás határának meghatározása ATTERBERG szerint.

Talajdarabokat, melyek az előbbi határmeghatározásokból megmaradtak, ujjunkkal papirosra szétnyomkodjuk és újra összegyűrjük, és ezt addig ismétljük, míg a részek összetartása megszűnik.

Párhuzamos meghatározások eredményei:

Összetartási határ:	a)	10·2	14·1	16·0	9·4
	b)	9·8	12·8	15·5	8·6
Képlékenységi szám		9·2	18·8	22·5	9·3

A képlékenységi meghatározással összefügg a tapadási határ, mely a közepesen kötött agyagok esetében a képlékenység felső határán túl, nehéz agyagok esetében a két képlékenységi határ között fordul elő. Utóbbi esetekben tehát a képlékeny talaj művelését túlságos nedves állapotban annak ragadósága is megnehezíti.

A tapadási határ meghatározása ATTERBERG szerint következő:

Tapadási határon azt a határt értjük, melynél a talaj megszűnik fémekhez, különösen vashoz tapadni. Mivel a vas könnyen rozsdásodik, meghatározásához Ni-spatulát használunk, amelyhez való tapadás kb. megegyezik a vashoz való tapadással.

Porcellán csészében pépet készítünk, mely még tapad, majd kis adagokban talajport keverünk hozzá. Minden hozzákeverés után végighúzzuk a Ni-spatulát a pépen. Ha elértük azt, hogy, bár nehezen is, a spatuláról az összes talaj leválik, meghatározzuk a pép nedvességét, mely 100 rész száraz talajra számítva a tapadási határ; két párhuzamos meghatározás eredményének különbsége 1-nél nagyobb ne legyen.

Eredmények:

Sorszám	Képl. szám	Képl. felső hat.	Képl. alsó hat.	Tapadási hat.
1.	18·8	38·5	19·7	43·5
2.	22·5	43·7	21·2	54·0
3.	16·1	34·4	18·3	41·1
4.	9·3	23·2	13·9	28·9
5.	17·2	35·0	17·8	41·8
6.	19·3	38·6	19·3	41·3
7.	21·3	40·7	19·4	40·8

III.

Az eddig ismertetett fizikai sajátságok olyanok voltak, melyek bizonyos megszabott körülmények közt állandók. Ezért ezek nemcsak a talajok fizikai sajátságainak megismerése, de a talajok gyakorlati osztályozása szempontjából is figyelmet érdemelnek.

Vannak azonban olyan fizikai sajátságok, melyek a talaj állapothoz képest egyre változnak ugyan és mégis a talaj gyakorlati elbírálása szempontjából nevezetes szerepet játszanak. Ilyenek pl. a *talaj vizet átteresztő képessége*, mely ugyan a talaj szerkezetének változásával egyre változik, mégis a talajokra jellemző. A talaj hézagosságának mértéke — az ú. n. *porus-volumen* — is ilyen változó, de mégis jellemző sajátság: a talaj víztartó és vizet felszívó képessége. Mindezeket a laboratóriumban hiába határozzuk meg, mert a kapott eredmény a helyszíni körülményekhez képest a valóságtól nagyon eltér. KOPECKY érdeme, hogy ilyen helyszíni vizsgálatokra alkalmas gyakorlati módszereket dolgozott ki és ezeknek gyakorlati jelentőségére figyelmeztetett.¹⁾

KOPECKY vizsgálataiból kitűnt, hogy a talaj vízfoghatóságából, porozitásából és abszolút levegőkapacitásából megállapíthatjuk azt, hogy mikor szükséges a talaj javítása, ill. alagsövezése. Ismeretes, hogy minden növénynek normális kifejlődéséhez bizonyos minimális levegőmenynyiségre okvetetlenül szüksége van, különben gyökerei megfulladnak. Ha száraz a talaj, akkor a víz helyét is levegő pótolja a talajhézagokban. Kíváncsian azonban, hogy még a nedves évszakokra is, midőn a talaj vízzel telített, annyi levegőtér maradjon a hézagokban, hogy a szükséges levegőminimum a gyökerek rendelkezésére álljon. KOPECKY azt tapasztalta, hogy rét vagy mező esetén, ha a porusvolumen a víz annyira megtölti, hogy a levegő számára fennmaradt térfogat a talajtérfogat 6%-ánál kevesebb, az ilyen réten az édes (alj-) füvek bizonytalanok és savanyú füvek uralkodnak. Szántóföldi növények gyökérzete még több levegőt követel. Itt a határ KOPECKY szerint 10% levegőkapacitás.

A *levegőkapacitást* KOPECKY akként számítja ki, hogy meghatározza a porus volument, ebből levonja a víztartóképesseget térfogat szerint meghatározva és a különbséget, vagyis a térfogatot, melyet a levegő még a talajnak vízzel telített állapota esetében is betölthet, „*abszolút levegőkapacitás*”-nak nevezi. KOPECKY alapvető kísérleti eredményeit alábbi táblázat világítja meg.

¹⁾ R. KOPECKY: Die physikalischen Eigenschaften des Bodens. 1904. Prag; magyarul ismertette HORUSITZKY H. *Term. Tud. Közlöny*, LXXXVII. Pótfüzet. Továbbá: Abhandlungen über die agronomisch-pedologische Durchforschung eines Teiles des Bezirkes Welwarn. 1909. Prag.

15. táblázat.

	Szántóföld							Rét		
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
Vízkapacitás térfogat szerint % . . .	47·60	41·10	33·96	34·90	39·30	37·10	34·60	40·20	46·00	46·80
Térfogatsúly . . .	13·4	1·34	1·54	1·52	1·29	1·26	1·34	1·26	1·18	1·25
Fajsúly	2·58	2·49	2·60	2·60	2·55	2·51	2·65	2·58	2·56	2·51
Porozitás % . . .	48·0	46·1	40·7	41·4	49·3	49·3	49·5	51·0	53·9	50·2
Levegőkapacitás %	0·40	5·0	6·8	6·5	10·0	12·4	1·47	10·8	7·9	3·4
Javítás szükséges .	igen	igen	igen	igen	nem	nem	nem	nem	nem	igen

A talaj kapacitása a termelés és művelés módjával változik, miként ezt КОРЕСЬКУ-nek alábbi adatai igazolják:

16. táblázat.

		Porus %	Vízkapacitás a helyszínen %	Abszolút vízkapacitás %	Levegőkapacitás a helyszínen %	Abszolút levegőkapacitás %
1.	Burával bevetett talaj .	50·72	24·63	32·34	25·09	17·38
2.	1 éves lóhere . . .	48·20	27·70	32·99	20·50	15·50
3.	Lucerna	47·10	28·68	32·82	18·42	14·28
4.	Régi heretábla . . .	44·19	29·14	34·01	15·05	10·18
5.	1 éves lóhere (3 év előtt gözekével szántva) .	53·38	25·21	34·50	28·17	18·88
6.	Répa feltalaj	52·65	24·93	36·29	27·72	16·36

Ezen vizsgálatok alapján nemcsak azt ítéldhetjük meg, hogy milyen esetben szükséges az alagesővezés, hanem azt is, hogy milyen esetekben javíthatjuk meg a talajt céltudatos műveléssel. Ezekből tehát kétségtelenül kitűnik, hogy a talaj porus-volumenjének és vízfoghatóságának a helyszínén való meghatározása igen értékes gyakorlati eredményeket nyújt, de sajnálatos, hogy a KOPECKY-féle vizsgálati eljárás nem mindig alkalmazható és végrehajtása is nehézkes. TRNKA behatóan foglalkozott a KOPECKY-féle készülék hiányaival, és e helyett a talaj térfogatsúlyának meghatározására egy *volumenometert* szerkesztett.¹⁾ Ez alapelvben meg egyezik a SEGER-féle volumenometerrel,²⁾ melyet az agyagok porozitásának meghatározására használunk.

TRNKA eljárását néhány szikes talajon kipróbáltuk. Az eljárást laboratóriumomban következőképpen hajtjuk végre:

A talaj térfogatsúlyának meghatározása TRNKA szerint.

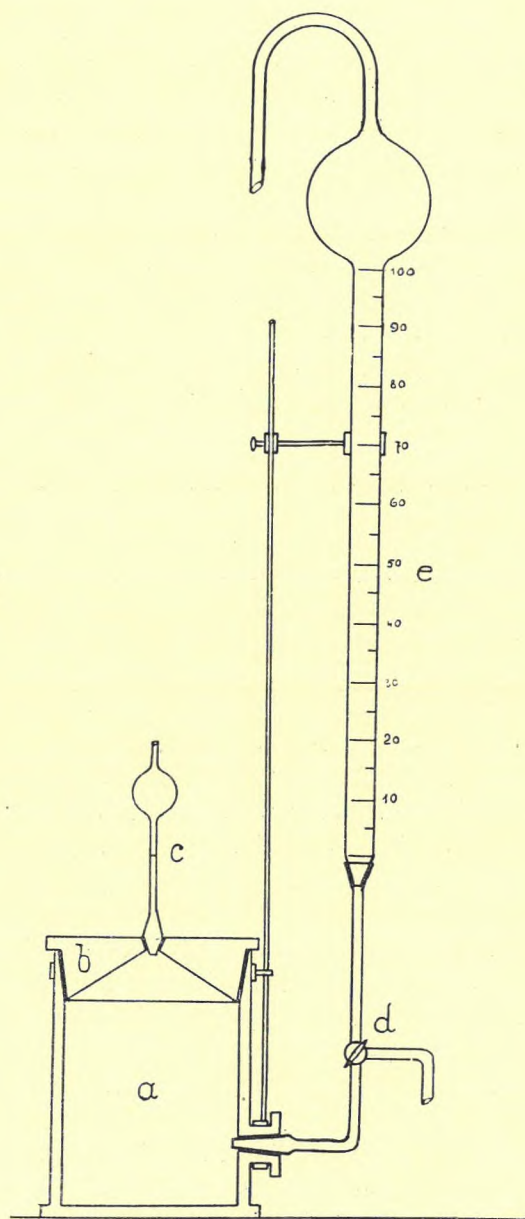
A talajból, melynek térfogatsúlya meghatározandó, oly rögöt választunk ki, melyben a talajszemcsék helyzete nem változott. Ez úgy érhető el, hogy a földből ásóval kiemelt rész közepéből veszünk egy kb. burgonya nagyságú részt. Ezen rögöt Ni-dróton erősítjük meg s teljesen kiszáritjuk. A drót súlya ismeretes lévén, ismerjük a rög súlyát is. Térfogatát TRNKA úgy határozza meg, hogy az általa kiszorított víz térfogatát méri. Hogy vízbe meríthessük, előbb parafin réteggel vonjuk be. A kb. 50°-ra melegített rögöt kb. 50°-os parafinba mártjuk, addig, míg a buborékok felszállása megszűnik. Ezután hideg helyen gyorsan lehűtjük s lehülés után ismét parafinba mártjuk s rögtön kihúzzuk. A másodikori bemártás azért szükséges, mert az első bemártás után kivett rög a felszínén levő parafint magába szíva, helyenként nem vonódik be teljesen, míg a második bemártás után, a rög hideg lévén, a parafin kivetés után a rög felszínén rögtön megszilárdul. Az első bemártást viszont nem végezhetjük hidegen, mert a rögből távozó levegő a felszínen buborékok alakjában jelentkezik.

Az így bevont rög térfogatát TRNKA a következő készülékben határozza meg:

„a“ vastagfalú, felül közsörülettel ellátott üveghenger, melybe felül beleillik a beleközsörült „b“ üveg dugó. Ennek közepébe a „c“ üvegcső van beközsörülve, mely középen beosztással bír, felül pedig gömbbé

¹⁾ Dr. TRNKA R.: Die physikalischen Eigenschaften des Bodens. 1909. Prag.

²⁾ Dr. BISCHOF K.: Die feuerfesten Tone. III. átdolgozott kiadás. 1904. Leipzig. 90. l.



6. ábra.

van kifujva. Az „a“ henger alsó részén a „d“ hajlított üvegcső van, melyen egy üveg dugót látunk, oly furattal, hogy az „a“ edény úgy az „e“ bürettával, mint a lefolyó csővel közlekedhessen. Az „e“ büretta felül szintén egy gömbbel bír, melynek tetején hajlított üvegcső van gummi-csővel.

A készülék használata a következő:

„d“ csapot úgy állítjuk, hogy az „a“ edény a bürettával közlekedjék; a „b“ dugót levesszük és az „a“ edényt teljesen megtöltjük vízzel, majd a vizet, a gummicsövet szíva, a bürettába szívjuk, hogy annak gömbje is megteljen. Ezután úgy állítjuk a „d“ csapját, hogy az „a“ edény sem a bürettával, sem a lefolyó csővel ne közlekedhessen s a „b“ dugót és „c“ üvegcsövet az edényre helyezzük. Ajánlatos mindkettőt egy kissé a köszörületben megforgatni, hogy jól zárjanak. A „d“ csapját ismét úgy forgatjuk, hogy az edény és a büretta közlekedjenek. Ezután a „d“ csap segítségével annyi vizet hagyunk a lefolyó csőn távozni, hogy a bürettában az alsó meniskus az O ponton legyen. Ekkor a víz állását a „c“ csőn levő beosztáson megjegyezzük. Ajánlatos a vizet egy párszor még a bürettába szívni és visszabocsátás után ellenőrizni a leolvasás helyességét. Ha a víz a bürettában ismét az O ponton, a „c“ csőben pedig ugyanazon a ponton áll, mint előbb, úgy a talajrög térfogatának meghatározására térhetünk át. A vizet ismét a bürettába szívjuk és a „d“ csapot elzárjuk. A „b“ dugót óvatosan leemeljük és a dróton megerősített, parafinozott rögöt az „a“ edénybe helyezzük. Ezután a dugót ismét visszateszük és a bürettából annyi vizet bocsátunk vissza az „a“ edénybe, hogy a „c“ cső beosztásának ugyanazon pontjára érjen, melyet az imént megjegyeztünk. Ha a víz odáig jut, a csapot elzárjuk és a bürettában a víz állását leolvassuk.

Ily módon megkapjuk a rög térfogatát, természetesen a parafinéval s a dróttal együtt. Ezen értékből tehát levonandó a drót és parafin térfogata. A drót térfogatát egyszersmindenkorra ugyanezen készülékben határozhatjuk meg, vagy kiszámítható a térfogat a drót súlyából és a nikkell fajsúlyából is. A parafin térfogatát annak súlyából és fajsúlyából számíthatjuk ki. Súlyát úgy határozzuk meg, hogy a parafinnal bevont rögöt megmérjük s ebből levonjuk a rög súlyát. Fajsúlyának meghatározására ugyancsak a TRNKA-készülék használható, vehető azonban átlagban 0.9-nek.

Ismerve a rög súlyát és térfogatát, kiszámítjuk a térfogatsúlyt (T_s).

$$T_s = \frac{R}{a - (P + d)} \quad \text{hol:}$$

T_s = Térfogatsúly.

R = a rög súlya.

a = a bürettán leolvasott cm-ek száma.

d = a drót térfogata.

P = a parafin térfogata, mely $= \frac{R_p - (R + D)}{0.9}$, hol

R_p = rög + parafin + drót súlya.

(R + D) = rög + drót súlya.

Pl.:

Parafin fajsúlya = 0.95.

Nikkel drót súlya = 1.07 g.

Nikkel drót térfogata = 0.1 cm.

Rög + drót = 53.24909 g.

Rög + drót + parafin = 59.9540 g.

Parafin = 6.7050 g.

Leolvasott cm-ek = 32.0 cm.

$$T_s = \frac{R}{a - (P = d)} = \frac{52.1790}{32.0 - (7.05 + 0.1)} = \frac{52.170}{24.85} = 2.099$$

$$P = \frac{R_p - (R + D)}{0.95} = \frac{59.9540 - 53.2490}{0.95} = \frac{6.7050}{0.95} = 7.05$$

Két párhuzamos meghatározás eredményei:

Térfogat-	}	a)	2.058	1.956	2.091	2.115	2.093	2.016	2.061	2.090	2.073	1.956
súly		b)	2.146	2.075	2.107	2.167	2.192	2.128	2.101	2.106	2.143	2.080
Különbség			0.088	0.119	0.016	0.052	0.099	0.112	0.040	0.016	0.070	0.024

A porus-volumenhez még a talaj valódi fajsúlyát is meg kell határoznunk. Ezt laboratóriumban következő módon határozzuk meg.

Valódi fajsúly meghatározása.

1. Kopecky szerint.

Kis porcellán csészébe kb. 10 gr porított, légszáraz talajt helyezünk. 100° C-on való megszáritás után a talaj súlya pontosan meghatározandó. Száritás után vizet öntünk a talajra s óvatosan felfőzzük, hogy a talajban foglalt levegő mind eltávozzék. Az így elkészített próbát kihülés után óvatosan 50 cm³-es pyknométerbe mossuk, melynek súlyát üresen és dest. vízzel (15° C-nál) egyszer s mindenkorra meghatároztuk. A vízzel 15° C-nál feltöltött pyknométer ezután lemérendő.

A talaj és a talaj által kiszorított víz súlyából a talaj fajsúlya kiszámítható.

$$f_s = \frac{a}{(P_v - P) - (P_t - a - P)} = \frac{a}{P_v + a - P_t}$$

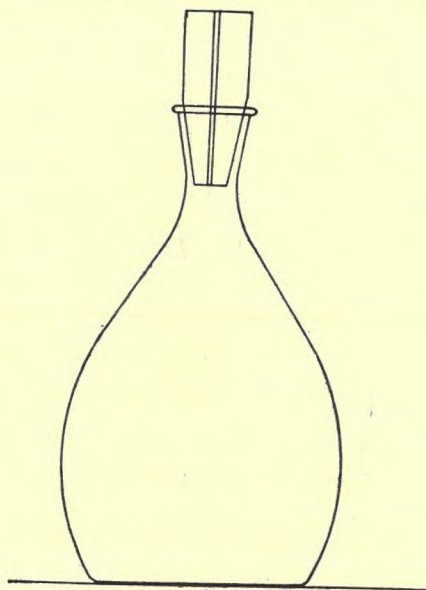
hol F_s = fajsúly
 a = kiszáritott talaj súlya
 P_v = pyknometer + víz súlya
 P = üres pykn. súlya
 P_t = pyknom. + talaj + víz súlya

Pl. $P = 39.2854$ g; $P_v = 90.0822$ g; $a = 9.9156$ g; $P_t = 96.2604$ g;

$$f_s = \frac{9.9156}{90.0822 + 9.9156 - 96.2604} = \frac{9.9156}{3.7374} = 2.653$$

2. Laboratoriumomban követett eljárás szerint.

100 cm³-es pyknométert üresen és dest. vízzel 15° C-nál lemérünk.



7. ábra.

A pyknométer egy 100 cm³-es lombik, melybe egy vékony fúráttal ellátott üveg dugó illik.

A kiszáritott pyknométerbe kb. 20 gr légszáraz talajt mérünk. (A fajsúly-meghatározással párhuzamosan a talaj nedvességét is meghatározzuk.) A pyknométerbe annyi vizet öntünk, hogy a talajt ellepje és a pyknométert a 8. ábrán vázolt összeállítású készülékbe helyezzük és vízfürdőn egyidejű evakuálással addig melegítjük, míg a pyknométerben lévő víz gyengén forr. Ezen forralást addig folytatjuk, míg a talajból az összes levegő eltávozott. Ha ez megtörtént, a pyknométert feltöltjük, a dugót belehelyezzük és lemérjük.

A légszáraz talaj súlyából, a nedvességből s a talaj által kiszorított víz súlyából a fajsúly meghatározható.

$$f_s = \frac{T - N}{P_v - P - [P_t - (T - N) - P]} = \frac{T - N}{P_v + T - N - P_t}, \text{ melyben}$$

F_s = fajsúly

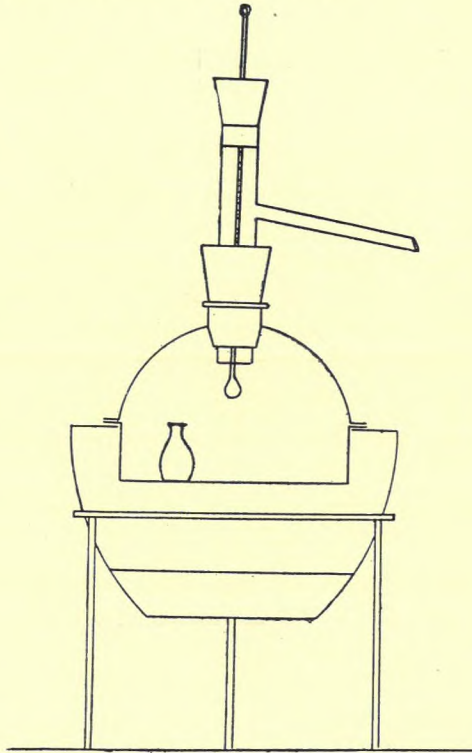
T = a lemért talaj

N = a nedvesség

P_v = pyknom. + víz súlya

P = pykn. súlya

P_t = pykn. + víz + talaj súlya



8. ábra.

A levegőnek a talajból való elűzésére használt módok közül határozottan az evakuálással való az előnyösebb. A felfőzés alkalmával a felszín mindig habos lesz és ezen hab hosszú állás után sem tűnik el. A pyknométer dugójának ráhelyezésénél a felszínen úszó hab kimegy s mivel ez a hab könnyebb talajrészeket is foglal magában, a pontosság ezen módszernél határozottan hátrányban van a másikkal szemben. mert

ott annyi ideig hagyjuk az evakuált bura alatt a pyknométert, míg a felszínről nemcsak minden hab, de minden buborék is eltávozott. Ezenkívül az evakuálással dolgozó módszer kényelmesebb is, nem kell a talajt a csészéből a pyknométerbe átmosni, mely szintén hibaforrást okoz. Hibaforrás lehet ezenkívül a felfőzési módnál a szárított talaj mérése, mert a talaj rendkívül nedvszívó lévén (száraz állapotban), a mérés tartama alatt könnyen szívhat magába annyi vizet, hogy a mérés eredménye pontatlan lesz. Ugyanezen oknál fogva a szárított talaj mérése nyitott porcellán csészében nem könnyű.

Az evakuálási módnál a nedvesség számításával és levonásával a számítás meghosszabbodik ugyan, de ezen hátrány a másik móddal szemben elenyésző és semmiképen sem megy a pontosság rovására.

A fajsúlyból és térfogatsúlyból a porus-volumen következőképen számítjuk ki:

Porus-térfogat meghatározás.

Kiszámítható a valódi fajsúly és térfogat-súlyból. 1 cm^3 porus nélküli talaj súlya egyenlő a fajsúlyával (F_s). A valóságban azonban 1 cm^3 szárított talaj súlya a térfogatsúllyal (T_s) egyenlő. A kettő különbsége ($F_s - T_s$) a pórustérfogat mértéke, amennyiben ennyi levegő van 1 cm^3 talajban. Százalékban ez a pórustérfogatot adja:

$$F_s : (F_s - T_s) = 100 : x$$

$$x = \frac{ts - Ts}{fs} 100.$$

$$\text{Példa: } F_s = 2.653$$

$$T_s = 2.099$$

$$F_s - T_s = 0.554$$

$$x = \frac{0.554}{2.653} 100 = 20.88\%$$

Eredmények:

Folyó- szám	Térfogatsúly	Val. fajsúly	Porustérfogat
1.	2·102	2·636	20·26%
2.	2·016	2·644	23·75%
3.	2·099	2·685	21·82%
4.	2·141	2·643	18·99%
5.	2·142	2·735	21·68%
6.	2·072	2·662	22·16%
7.	2·081	2·653	21·56%
8.	2·098	2·661	21·16%
9.	2·108	2·697	21·84%
10.	2·018	2·684	24·81%

Ha ezeket az adatokat KOPECKY adataival összehasonlítjuk, mindjárt feltűnik, hogy a szikesek pórus-volumenje nagyon alacsony érték, amiből e talajok nagymérvű tömődöttségére következtethetünk. Azt is tapasztaltam azonban, hogy a békéscsabai szikesek nedves állapotban jóval több nedvességet tartalmaznak, mint amennyi az így kapott porusvolumennek megfelel. *Ebből tehát az következik, hogy a szikes talajok vízzel itatott állapotban nemcsak teljesen kizárják a levegő behatolását, de hogy a talaj porusai nedves állapotban megnövekednek.* Ez összefügg azzal a jelenséggel, hogy e talajok kiszáradás közben erősen összezsugorodnak, ami a mély repedések előfordulásából is igazolást nyer. De egyzersmind az is következik ebből, hogy TRNKA eljárása a szikes talajok térfogatsúlyának meghatározására nem alkalmas. A KOPECKY-készülék még jobb eredményeket adna, de *ez igen gyenge és könnyen deformálódik.* A szikesek térfogatsúlyának meghatározására tehát az eddigieknél tökéletesebb eljárásra van szükség. Hasonlóképen a laza szerkezetű vagy a homokos talajok térfogatsúlyának meghatározására sem rendelkezünk eddig megfelelő gyakorlati módszerrel.

Végül még a talajnedvességnek a helyszínén való térfogat szerinti meghatározását kívánom megemlíteni. Eljárásomat a hozzá szük-

séges készülékekkel már más helyen ismertettem.¹⁾ Ezt az eljárást csak kötött sziktalajokon próbáltam ki, hol a talaj összepréselése elhanyagolandó. Az eljárás előnye, hogy a helyszínén gyorsan és minden különös szakképzettség nélkül végrehajtható. A békéscsabai réten az idén végzett kísérletekből kitűnt, hogy a szikes rét különböző tábláin a talaj az öntözés hatására nagyon különböző vízmennyiséget vett föl. Ez eljárással megítélhetjük azt is, hogy hasonló öntözések alkalmával az öntöző vízből mennyi jut a talajba és hogy a víz milyen mélyre hatol le. E tekintetben a különböző minőségű szikesek nagyon különbözően viselkednek. Az alább közölt adatokat, mint egyszeri kísérlet eredményeit nem tekintem véglegeseknek, de ezekből is eléggé kitűnik, hogy a különböző szikes táblák átnedvesedése mennyire különböző.

17. táblázat.

Tábla száma	Talaj minősége	Növényzet minősége	Réteg mélysége cm	Víztartalom öntözés előtt t. %	térf. % öntözés után t. %	Szaporulat pro kat. hold cm ³	
20.	0—30 I.	Lucerna	0—20	35.2	42.2	140	368
		kipusztult	20—40	26.4	36.0	192	
		fű jól terem	40—60	37.2	39.0	36	
14.	0—30 I.	Lucerna	0—20	24.6	44.6	400	972
		helyenként					
		kipusztult	20—40	29.2	42.6	268	
5.	60—90 I—II.	fű jól terem	40—60	26.4	41.6	304	716
		Lucerna	0—20	21.2	41.2	400	
		12 évig	20—40	33.2	41.4	164	
9.	I.	diszlett	40—60	31.6	39.2	151	628
			0—20	27.4	42.8	308	
		„	20—40	31.8	40.2	168	
6.	I.		40—60	30.6	38.2	152	680
			0—20	29.2	39.4	204	
		„	20—40	31.4	47.2	316	
38.	III.		40—60	30.2	38.2	160	280
		Szikes	0—20	26.0	39.4	268	
		növényzet	20—40	35.2	34.6	12	
36.	III.		40—60	39.2	40.4	24	200
			0—20	26.6	37.4	216	
		„	20—40	38.0	38.6	12	
			40—60	38.4	37.0	28	

¹⁾ Vízügyi Közlemények. 1912. év, 5. füzet. Új műszer a talaj nedvességének a helyszínén való meghatározására.

Tábla száma	Talaj minősége	Növényzet minősége	Réteg mélysége cm	Víztartalom öntözés előtt t. ‰	térf. ‰ öntözés után t. ‰	Szaporulat pro kat. hold cm ³
17.	II.	régi gye	0—20	35·6	45·8	204
			20—40	39·4	44·0	92
			40—60	41·4	44·2	56
16.	II.	„	0—20	28·8	46·0	344
			20—40	39·6	40·0	80
			40—60	41·0	40·6	80

E táblázat adataiból mindenekelőtt az következik, hogy a vízfelvétel a különböző táblákon nagyon különböző volt. Nagy átlagban annál több vizet fogadott be a talaj, minél szárazabb volt. A talaj minőségét mérlegelve, azt tapasztaljuk, hogy a szikesebb talajok, különösen azok mélyebb rétegei, kevesebb vizet vesznek fel és a szikes táblákon az öntöző víz alig jut 20 cm-nél mélyebbre (l. 38. és 36. t.). Ahol pedig csak az alsóbb rétegek szikesebbek, mint pl. a 20., 17. és 16. tábla esetében, ott a szikesebb alsó rétegek vízfelvétele szintén alig észrevehető. Az a néhány (—)-szal jelölt adat, mely vízvesztéséget jelezne, valószínűleg csak kísérleti hiba.

Mint hogy a vízfelvétel az öntözés bőségétől is függhet, megállapítottuk az öntöző víz mennyiségét és azt, hogy ebből mennyi jutott öntözés közben a talajba. Az erre vonatkozó adatokat a 18. tábla tartalmazza.

18. táblázat.

Tábla száma	Hektáronként kapott vízmennyiség m ³	A talajnedvesség szaporulata 60 m. mélységig pro kat. hold m ³	Az öntöző vízből hány ‰ szivárgott a talajba ‰
20.	2220	368	17
14.	1806	972	53
5.	1803	716	39
9.	1502	628	42
6.	1382	680	49
38.	928	280	30
36.	764	200	26
17.	645	352	55
16.	499	344	69

A 18. táblázat adataiból azt látjuk, hogy habár legtöbbször annál több vizet fogadott be a talaj, minél bővebb volt az öntözés, mégis az ezzel ellenkező tapasztalat sem ritka. Így pl. a 20. tábla kapta a legtöbb vizet, mégis kb. annyi vizet fogadott be, mint a 17. tábla, pedig a 20. tábla hektáronként 3-szornál is több vizet kapott. A táblázat utolsó rovata arról tájékoztat, hogy hol használtunk igen nagy öntözővíz-felesleget.

Tekintettel arra, hogy öntözés után a hasonló minőségű talajok víztartalma meglehetősen megegyezett, durván 40—45% közt változott, mely az eddig talált maximumtól, 53·8%-tól már nem messze esik és ha a jó minőségű fűtáblák vízfoglalóságát térfogat szerint 50%-ra becsüljük, azt mondhatjuk, hogy öntözés után ezt meglehetősen megközelítettük. Ezért határozottan azt kell következtetnünk, hogy a 20. táblát igen bőven és nem takarékosan öntöztük. Legtakarékosabb volt az öntözés a 16. táblán. A 38. és 36. szikes tábláról szintén nagy vízfölösleg ment a levezető csatornába. Itt azonban az öntöző víznek nemcsak az a feladata, hogy a talajt átnedvesítse, hanem az a fő hivatása, hogy a talajsókat kimossa. A kapott eredményekből pedig azt látjuk, hogy még ilyen nagy vízfölösleg esetében is a kimosás csak a felső 0—20 cm rétegre szorítkozik, mely tapasztalat újabb adatokkal erősíti meg már azt a régebbi tapasztalatunkat, hogy a III. rendű szikesek kilúgzása a csörgedezett öntözéssel nagyon lassú és főképpen csak a felső talajrétegre szorítkozik.

A felsorolt tapasztalatokból beláthatjuk, hogy a talajok gyakorlati minősítése és elbírálása szempontjából a fizikai sajátságok vizsgálata igen becses tudományos alapot nyújt. Az állandó fizikai sajátságok inkább a talajosztályozás, a változó sajátságok a talaj időszakos fizikai állapotának szempontjából bir nemcsak tudományos, de nagy gyakorlati beccsel.

Végül meg kell még jegyeznem, hogy a laboratoriumi vizsgálatokat GLÖTZER JÓZSEF okl. vegyészmérnök végezte, kit a *m. kir. földművelésügyi miniszter úr* által engedélyezett napidíjas állásra alkalmaztam.

FÜGGELÉK.

Új műszer a talaj térfogatösszehúzódásának meghatározására.¹⁾

Irta GLÖTZER JÓZSEF, okl. vegyészmérnök.

(Közlemény a m. kir. József-Műegyetem mezőgazdasági kémiai-technológiai laboratóriumából.)

A talaj vizet veszítve, összehúzódik, mely összehúzódás tisztán fizikai okokra vezethető vissza. Csak a kiizzítással járó összehúzódásnál kell kémiai okokkal is számolni.

SCHUMACHER²⁾ felfogása szerint a szárításnál fellépő térfogatcsökkenés úgy magyarázható, hogy a talajszemecskéket burkoló s a köztük elhelyezkedő víz mindinkább elpárolog, a még megmaradó vízmolekulák a kohézió következtében vonzzák egymást s így a szemecskéket is mind közelebb s közelebb hozzák egymáshoz. Természetesen ezen, a szemecskék mozgásából összegezendő, összehúzódáshoz hozzáadandó még képlékeny talajoknál az egyes szemecskék zsugorodása is. Az összehúzódás nagysága függ tehát az eredeti víz mennyiségétől, mert minél több vizet tartalmaz a talaj a megfigyelés kezdetén, annál nagyobb az egyes szemecskéket körülvevő vízburok vastagsága s így a szemecskék egymástól való távolsága is. A víz elpárolgásakor a szemecskék nagyobb útát tesznek meg, hogy egymást érinthessék s így ezen utak összege: az összehúzódás is nagyobb.

Az összehúzódás folyama alatt a sűrűség folyton nő, míg egy maximális értéket akkor ér el, ha a szemecskék egymáshoz közelebb nem juthatnak, tehát akkor, mikor az összehúzódás befejeződik. Az összehúzódás még a teljes kiszáradás előtt véget ér. Megszűnik ugyanis, ha a szemecskék már annyira összeérnek, hogy további egymáshoz való közeledés lehetetlen s az egyes szemecskék zsugorodása is befejeződött. A szemecskék között levő ürt azonban még mindig víz tölti ki, ennek elűzése további összehúzódást nem vonhat maga után, mivel a részecskék már egymás mellett

1) Előadta a Magyarhoni Földtani Társulat 1914. január hó 28.-i szakülésén.

2) BISCHOF: Die feuerfesten Tone, 25. old.

vannak, érintkeznek. Ezen „összehúzóási határ“-nál levő vízmennyiséget ARON¹⁾ porusvíznek nevezi s megállapítja, hogy ugyanazon talajnál a porus viszony állandó, azaz az összehúzóási határ nem függ azon vízmennyiségtől, melyet a talaj a szárítás kezdetén tartalmazott.

SCHUMACHER²⁾ szerint a szemecskék finomsága befolyást gyakorol nemcsak az összehúzóási határra, ami könnyen megérthető, hanem magára az összehúzóási nagyságára s menetére is. Nyilvánvaló, hogy a talajban foglalt legkisebb szemecskéknek, így az agyagos részecskéknek is, befolyással kell lenniök az összehúzóásra. Az agyagos rész vízhez való nagy chemiai s fizikai rokonsága révén nagy mennyiségű víz felvételére képes s ezzel felduzzad. Ilyen állapotban azután homokos és földes port képes megkötni, amint ez képlékeny talajoknál elő is fordul. A földuzzadástól eltekintve, maguk a kisebb szemecskék is megmagyarázzák a nagyobb összehúzóást. Tegyük fel, hogy a nagyobb szemecske körülburkolására n molekula víz szükséges. Ezen n molekula víz azonban félakkora felületű szemecskékből nem a , hanem $2a$, tizedrész felületből pedig $10a$ mennyiségű szemecskét lesz képes ugyanolyan vastagságú burokkal ellátni. Míg tehát az n molekula víz elpárologtatása a nagyobb szemecskénél $2a$ -szor akkora linearis összehúzóást von maga után, mint az egyes szemecskéken levő vízburok vastagsága, addig a kisebb szemecskék esetében ez az összehúzóás már n -nál kevesebb molekula víz elpárolgásánál annyival lesz nagyobb, mint ahányszor a kisebb szemecske a nagyobbban foglaltatik.

Tegyük fel (1 ábra), hogy a vízburok vastagsága úgy a nagyobb, mint a kisebb szemecskék esetében x . Az összehúzóás a nagyobb szemecskék esetében $4x$, míg a kisebb szemecskék esetében már $8x$ lesz. Pedig a 4 kisebb szemecske felülete (közelítő gömbalak mellett) kb. csak félakkora, mint a két nagyobbé s így az őket burkoló vízmennyiség is kevesebb, mint a nagyobbaké. Ez a jelenség a talajnál számtani pontossággal nem várható, már csak azért sem, mert a talajszemecskék alakja úgy a gömbétől, mint egymásétól nagyon eltérhet s erre vonatkozó szabály fel nem állítható, világos azonban, hogy eltekintve a szemecskék esetleges duzzadásától, már maga a szemecske nagysága, a burkoló víz elpárolgása következtében, befolyással lesz az összehúzóási nagyságára. Mivel pedig a talaj képlékenysége a kis, agyagos természetű szemecskéktől függ főként s ezek az összehúzóáskor, felduzzadásuk mellett még kicsinyiségüknél fogva is, befolyással bírnak, így az összehúzóási nagyságából, a vesztett víz mennyiségét tekintetbe véve, bizonyos következtetések vonhatók a

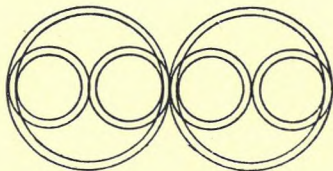
1) Dr. JULIUS ARON: Plastizität, Schwindung und andere Fundamentealeigenschaften des Tones bedingen die Form der Tonteilchen. Notizblatt IX. 167. old.

2) Sprechsaal, 1878. 23. old.

plaszticitásra is. BISCHOF¹⁾ szerint is szoros összefüggés áll fenn a képlékenység s összehúzódás között.

ATTERBERG²⁾ a talaj összehúzódását tanulmányozó kísérleti eredményéből azon következtetésre jut, hogy a képlékenység alsó határától az összehúzódási határig vesztett vízmennyiség nincs biztos összefüggésben a képlékenységgel. Ő azonban csak a képlékenységet és a vesztett vízmennyiséget hasonlítja össze, a harmadik tényezőről, az összehúzódás nagyságáról nem emlékezik meg. Megállapítja azonban, hogy a vesztett vízmennyiség általában a nagyon képlékeny s a nagy humusztartalmú talajoknál nagyobb, mint a többinél.

A vesztett vízmennyiség ismerete tehát nem elégséges arra, hogy a képlékenységre következtetéseket vonjunk, ez csak az összehúzódás nagyságának ismerete mellett lehetséges.



1. ábra.

Mindezekből indokoltnak látszik, hogy a fizikai talajelemzés során ne csak az összehúzódási határt, hanem az összehúzódás nagyságát is meghatározzuk.

Az összehúzódás mérése.

A talaj kiszáritáskor minden irányban összehúzódik. ARON³⁾ és DUEBERG⁴⁾ vizsgálatai szerint homogén agyagokon s agyagos talajokon ez az összehúzódás minden irányban egyforma. Az egyirányban való összehúzódás a *lineáris*, a két irányban való a *területi*, a három irányú pedig a *térfogati*. Ezek egyikéből a többi kiszámítható. Egy talajkocka élhossza legyen száritás előtt a , száritás után b ; a lineáris összehúzódás ekkor $(a-b)$, a területi (a^2-b^2) , a térfogati pedig (a^3-b^3) . Az összehúzódások aránya tehát $(a-b)$; (a^2-b^2) ; (a^3-b^3) . DUEBERG.⁴⁾

1) BISCHOF: Die feuerfesten Tone, 24. old.

2) ATTERBERG: Die Plastizität der Tone. Int. Mitteilungen für Bodenkunde, Bd. I. Heft 1.

3) BISCHOF: Die feuerfesten Tone, 26. old.

4) DUEBERG: Über lineare, quadratische und kubische Ausdehnung und Schwindung; Deutsche Töpfer und Ziegler Zeitung, 1888. 22.

Legegyszerűbben s legpontosabban a lineáris összehúzódás mérhető s ezért a legtöbb módszer ennek meghatározására szorítkozik.

Régebbi módszerek.

ARON,¹⁾ ki az anyagok összehúzódását behatóan tanulmányozta, az összehúzódást egy kellő vízzel formált agyagprizmán méri, melyre egy hosszirányú vonalat húz s ezt közel a végekhez két merőleges kis vonással metszi. A hasábot előre lemért üveglemezre helyezi s a két metszőpont közti távolságot egy sárgaréz mércével méri, mely mm-ekre van beosztva s noniussal is bír. A mérce egy deszka felett van megerősítve, úgy, hogy az üveglemez hasábostól alátolható legyen. A nonius hajszálkeresztes lupéval van ellátva, mely hajszálkeresztet a két metszőpont fölé egymásután beállítva, a leolvasások különbségéből a metszőpontok távolsága adódik. Minden mérés ellenőrzendő s két leolvasás között ritkán van 0.1 mm-nél nagyobb eltérés, ha azonban a hasábon levő jelek nincsenek a kellő gondossággal elkészítve, úgy 0.3 mm eltérés is lehetséges. A jelek készítésére tehát nagy gond fordítandó.

Ha a két jel egymástól való távolsága ismeretes, rögtön lemérjük a hasábot az üveglemezzel együtt. Ezután lehető rövid időközökben megismételjük a méréseket s ily módon megkapjuk az elpárolgó víz mennyiségét s a hozzá tartozó összehúzódásokat. Ha a levegőn a hasáb már nem veszít súlyából, úgy lassan egész 103°-ig emelkedő hőmérséken szárítandó tovább, míg súlya állandó lesz.

Így a sorozatos mérés eredményéből képet alkothatunk magunknak az összehúzódás és a víztartalom összefüggéséről.

JOCHUM²⁾ 200 mm hosszú és 15—15 mm széles hasábokat formál, melyeket fényezett Zn-lemezekre helyez s ott szárítás közben, az egyenletes száradás érdekében, többször megforgat. Zn-lemezeket azért használ, mert az agyag adhéziója a Zn-hez a legkisebb.

A mérésre JOCHUM körzött vagy mércét használ, mellyel a hasáb mind a 4 hosszú élét leméri s ezek középértékét veszi helyesnek. Csak a kiindulási s légszáraz állapotban eszközöl méréseket, az összehúzódás menetére nem helyez súlyt. Módszerével közbeeső értékek is meghatározhatók ugyan, e módszer azonban ARON-éval szemben hátrányban marad, mert kevésbé pontos. JOCHUM e módszerével nemcsak a szárításkor, hanem a kiizzításkor fellépő összehúzódás is mérhető.

¹⁾ BISCHOF: Die feuerfesten Tone, 85. old.

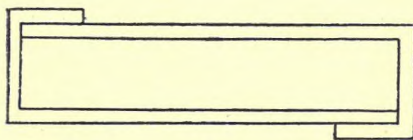
²⁾ BISCHOF: Ugyanott.

ATTERBERG¹⁾ az ARON-féle eljárást használja. A pépet, melyből a hasábot formálja, annyi vízzel keveri meg, hogy annak víztartalma 3—5 egységgel magasabb legyen, mint a talaj képlékenységeének alsó határa. Megjegyzendő azonban, hogy nagyon kötött talajok sokszor több, míg kevésbé kötöttek gyakran kevesebb vizet igényelnek.

ATTERBERG a pépet 85, 20, 20 mm méretű mintába (2. ábra) gyúrja.

A felszint gondosan lesimitva, a két részből álló sárgaréz mintát eltávolítja s a jelek bevésése után a meghatározás megkezdhető. Szárítás alatt a hasábot két üvegbotra helyezi, hogy a szárítás egyenletes legyen. Ennek azonban hátránya, hogy a hasáb könnyen meggörbül.

Mint már fentebb említettem, ATTERBERG ezen eljárást csak az összehúzóhatár megállapítására használta, magára az összehúzóhatár nagyságára ő nem helyezett súlyt.



2. ábra.

Az új mérőkészülék.

A fent vázolt mérési módszerek többé-kevésbé pontatlanok. Eltekintve azonban attól, hogy már maga a mérés sem végezhető 0.1 mm-nél nagyobb pontossággal, hibát okozhat még az is, hogy a hasáb mérés alatt, nem lévén leborítva, vizet veszíthet, mely vízveszteség a mérés, ellenőrző mérés s mérlegelés ideje alatt esetleg már mérhető összehúzóhatást is eredményezhet. Hogy tehát a mérés nagyobb pontossággal legyen keresztülvihető, másrészt pedig ezen utóbb említett hibaforrás is kiküszöböltesse, új mérőkészüléket szerkesztettem. A műszert PODSZTREHLEN MÁTYÁS, műegyetemi műszerész készítette. Használata s leírása a következő:

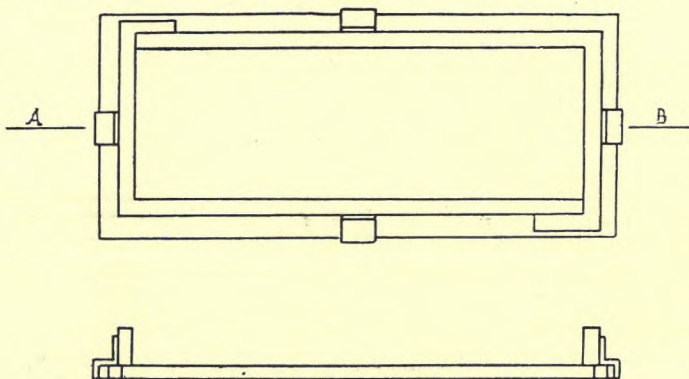
A talajból annyi vízzel, mely közel a képlékenységi felső határnak felel meg, pépet gyúrunk s ebből fényezett Zn-lemezen 6 cm hosszú, 2 cm széles s 0.5 cm magas hasábot készítünk. A Zn-lemez vízszintes méretei minden irányban 0.5 cm-rel nagyobbak, mint a hasábéi. A hasáb magasságát azért választottam ily kicsinyre, hogy egyrészt a száradás gyorsabb, a száradás alatt fellépő vetődés pedig kisebb legyen.

¹⁾ ATTERBERG: Die Plastizität der Tone. Int. Mitteilungen für Bodenkunde, Bd. I. Heft 1.

A hasáb készítésére szolgáló minta sárgarézből készült s formája azonos az ATTERBERG által használt mintáéval, azonban mindkét felén két-két kampó van, mely lehetővé teszi a Zn-lemezre való egyforma ráhelyezést s megakadályozza a minta eltolódását a pép begyúrása közben. (3. ábra.)

A Zn-lemez egyik hosszoldalának közepén kis bevágás van, mely a lemez rögzítésére szolgál magában a mérőkészülékben, a két rövidebb oldal közepén levő lyukak pedig a hasábra helyezendő fedő rögzítésére valók.

A pépet gondosan a formába gyúrjuk s felületét (legalkalmasabban egy másik Zn-lemezzel) lesimitjük s a forma eltávolítása után a hasábot, két végétől fél—fél cm-nyire a hosszirányra merőleges jelekkel látjuk el, úgy, hogy a jelek távolsága 5 cm lesz.



3. ábra.

A két vékony jel előállítására a következő készülék szolgál (4. és 5. ábra.):

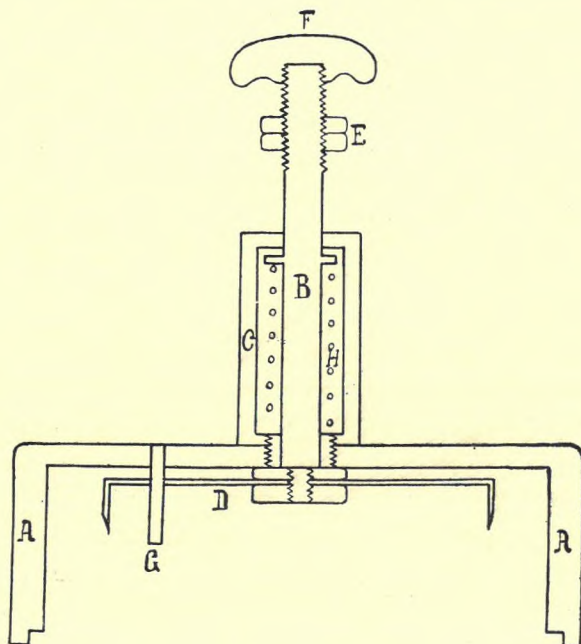
Az *A* sárgaréz hid közepén levő üreges hengeren (*c*) a *B* rúd hatol keresztül, melyet a hengerben levő rugó (*H*) állandóan felfelé nyom. A rúd alsó végén a két egymástól 5 cm-nyire lévő, éles acél éllel ellátott, *D* rész van két csavar segítségével megerősítve, melyet a *G* rúd csak le s felfelé enged mozogni.

A rúd felső végén csavarmenet van az *E* ellencsavarak részére, míg legfelül nyomó gomb (*F*) nyer elhelyezést.

A készüléket a lemezen levő hasábra helyezzük (a készülék alsó mérete akkora, hogy a Zn-lemez éppen alája fér) s az *F* gomb megnyomása által az éleket a hasábra nyomjuk. A jelek finomsága az *E* csavarok lejjebb vagy feljebb csavarása által szabályozható, így tehát a jelek kellő finomsága elérhető s a jelek párhuzamossága is biztosítva van.

Az így jelekkel ellátott talajhasábot fedővel borítjuk le, mely sárgaréz keretből s e fölé megerősített vékony üveglemezből áll. (6. ábra.)

A fedő méretei olyanok, hogy a hasáb benne elfér, magassága pedig akkora, hogy az üveglemez $\frac{2}{10}$ — $\frac{3}{10}$ mm-rel van a hasáb felett. A keret két rövidebb oldalán alul egy-egy szögecske van, mely a lemezre való helyezéskor az ezen levő furatba illik s eképen a fedőt rögzíti. E fedő alkalmazásával elérjük azt, hogy a talaj mérés alatt vizet nem veszíthet s így a mérés alatti vízveszteség hibát nem okozhat.



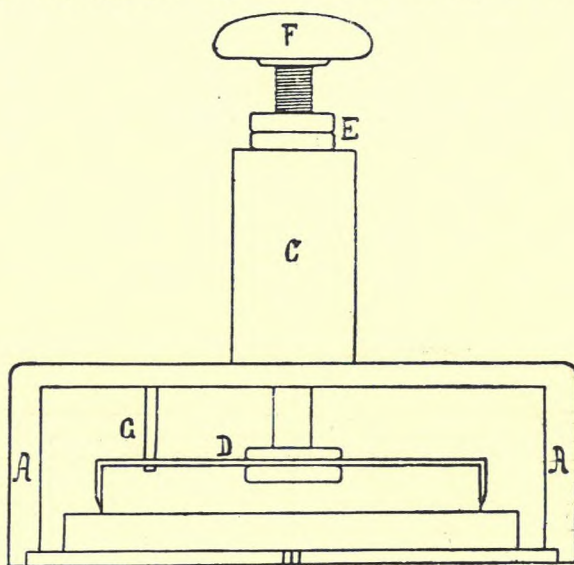
4. ábra.

A hasábon levő jelek távolságának mérésére a 7. s 8. ábrákon változt készülek szolgál. (7. ábra felülnézet, 8. keresztmetszet.)

Az *A* sárgarézből készült alaprész belső szélessége akkora, hogy a Zn-lemez éppen belefér. A lemez rögzítésére a készülékben az *M* rugóval ellátott *N* szögecske szolgál, mely az alaprész mellső falán keresztül a Zn-lemezen levő kivágásba illik. Az alaprész vastagabb hátsó falán az *I* hengerded kivágás van, melyben a *C*₁ és *C*₂ hengerek mozoghatnak. Ezen hengerekre, melyeket a *K*₁ és *K*₂ rugók állandóan befelé nyomnak, csavarok segélyével a *B*₁ és *B*₂ keretek vannak megerősítve. Mindkét keret fémhajszálkereszttel ellátott (*L*₁, *L*₂). A *B*₁ keretre, a

kerettel együtt mozgó D mérőléc van megerősítve. Ez 3—6 cm-ig fél mm-ekre van beosztva. A beosztás O pontja pontosan az L_1 hajszálkereszt, hosszabbik szárának meghosszabbításában van. A B_2 kereten megerősített lemezkén (E) lévő jel viszont az L_2 hajszálkereszt hosszabb szárának meghosszabbításába esik.

A két keret mozgatása által a hajszálkeresztek a talajhasábon lévő jelek fölé állíttatnak be. A keretek mozgatása az oldalt elhelyezett csavarok (F_1, F_2) forgatása által történik; ezek két végnélküli félmilliméteres csavarmeneten futnak, melyeknek belső végei a C_1 és C_2 hengerekhez erősítvők. A csavarmenet félmilliméteres lévén, a csavar egyszeri



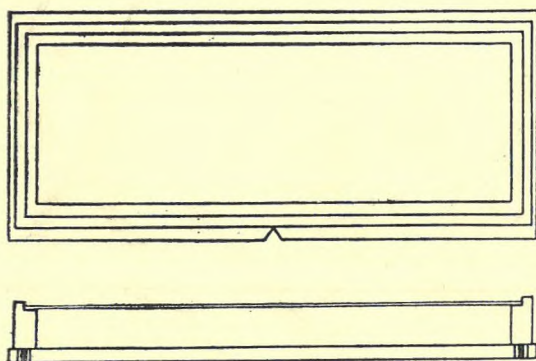
5. ábra.

megforgatása a henger s ezzel a hajszálkereszt egy félmilliméteres elmozdulását eredményezi. Az F_2 csavar egy G dobbal van ellátva, mely 25 részre osztott. Ezen dobon levő *egy* beosztás tehát egy teljes körülforgatás $\frac{1}{25}$ részét, azaz a B_2 keret 0.02 mm-nyi elmozdulását jelenti. A dob mellett az alaprészhez erősítve van a kis H lemez, melyen a dob elforgatásának leolvasására jel van. A dob úgy a csavarmenet-től, mint a F_2 csavartól függetlenül is forgatható, hogy O pontja a keretek bármely helyzetében a jelre beállítható legyen.

Az O_1 s O_2 tengelytartókon a keresztmetszeten látható forgatható tükrök (T_2) tengelye megy keresztül. Hogy t. i. a hajszálkereszt a jelre pontosan beállítható legyen, a készülék a I_1 s I_2 tükrökkel van ellátva. A

két kereten egy-egy kis 60° alatt hátrafelé hajló tükrök, míg a készülék mellő falán egy tengely körül forgatható nagyobb tükrök van. A jel és a hajszálkereszt a nagyobb tükrökben tükröződnek s ezen kép a kisebb tükrön felfogva megfigyelhető. Ezen tükrök alkalmazásával nemcsak pontos beállítás érhető el, hanem a beállítás kényelmesebb is, amennyiben a nagyító használata a beállításhoz feleslegessé válik.

A Zn-lemezt a lefedett hasábbal a készülékbe toljuk, míg a készüléken levő rúgós szög a lemezen levő kivágásba hatolva, a lemezt rögzíti. Ezután a hajszálkeresztek közepét állítjuk egymásután pontosan a jelek fölé. A kereten levő kis tükrökbe nézve, az oldalt levő csavart addig forgatjuk, míg a hajszálkereszt közepe a tükrök közepén a hasábon levő vo-



6. ábra.

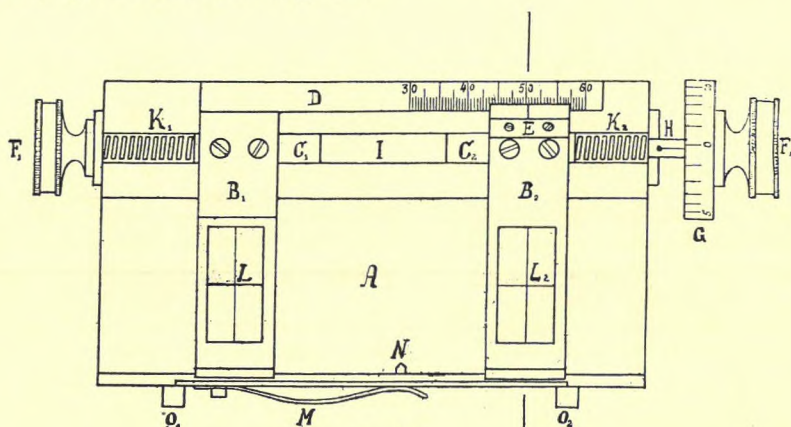
nalra esik. Miután ezen állásban a hajszálkeresztek közepeinek egymástóli távolsága ugyanakkora, mint a hasábon levő jelek távolsága, a mércén leolvashatjuk az egész és fél mm-eket. A század mm-ek leolvasása úgy történik, hogy a beosztott dobon megjegyezzük a jel állását, majd a dobohoz tartozó csavart addig forgatjuk, míg a kereten levő jel a mércé legközelebbi alacsonyabb osztályrészéhez ér. (Ezen beállításhoz nagyító is használható.) Ekkor a dobon leolvassuk, hogy hány osztályrésszel forgattuk el. Ezen osztályrészek száma 2-vel szorozva megadja, hány $\frac{1}{100}$ mm-t kell még a közvetlenül a mércén leolvasott hosszhoz hozzáadni.

Minden meghatározás még kétszer ismétlendő s a három érték közepe veendő helyesnek. Néhány ilyen hármas meghatározás az 1. táblázatban található.

1. táblázat.

	50·90	45·34	47·33	47·53	47·33	47·72	50·58	48·17	47·24
Leolvasások mm	50·94	45·42	47·31	47·52	47·32	47·68	50·54	48·17	47·25
	50·89	45·39	47·32	47·53	47·32	47·70	50·52	48·15	47·25
Különbség mm	0·05	0·03	0·02	0·01	0·01	0·04	0·06	0·02	0·01

Amint tehát látható, az eltérések 0·01—0·6 mm között váltakoznak. Az eddigi kb. 300 hármás meghatározás közül csak kettő mutatott 0·06 mm-es eltérést, így tehát megkövetelhető, hogy a 3 leolvasás maximális eltérése 0·05 mm legyen. Ha a 3 leolvasás egymástól 0·05 mm-nél jobban eltérne, újabb 3 leolvasás végzendő.



7. ábra.

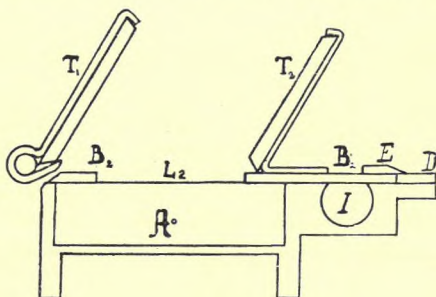
Ha a jelek egymástól való távolságát megmértük, a hasáb súlyát határozzuk meg lemezzel s fedővel együtt. (Lemez és fedő már előre lemérendő.) Mérlegelés után a fedőt levéve, a talajt levegőn szárítjuk s minél gyakrabban, de legalább $\frac{1}{2}$ óránként újabb méréseket eszközölünk. A talajhasáb rövid idő múlva elválik a lemeztől s forgatása által egyenletesebb száradás érhető el. Ha a talaj levegőn súlyából többé nem veszít, úgy fedő nélkül szárító szekrénybe tesszük s lassan, egész 105° -ig emelkedő hőmérséken szárítjuk. Ha a légszáraz állapotig még nem értük volna el azt, hogy a talaj többé össze nem húzódik (ha az utolsó 5 leolvasás különbsége nagyobb, mint 0·05 mm), úgy a hasáb újabb mérések eszközlése céljából a szárító szekrényből minél gyakrabban kiveendő. Ilyen módon olyan adatsorozathoz jutunk, melyből a vesztett víz s az összehúzódás viszonya felismerhető.

Az összehúzódási határt akkor tekinthetjük elértnek, ha a kérdéses

leolvasás a még utána következők (beleértve a kérdéses leolvasást is) középértékétől 0.05 mm-nél kisebb eltérést mutat. Ezen leolvasáshoz tartozó vízmennyiség 100 rész száraz talajra vonatkoztatva, adja az „összehúzóási határt”.

Az összehúzóási nagyságát a készülékben mm-ekben olvassuk le. Így egy esetben megtaláljuk ugyan az összefüggést vízveszteség és összehúzóási között, hogy azonban több talaj adatait összehasonlíthassuk, valami más kifejezőmódot kell keresnünk, mert ezen mm-adatok, ha a jelek távolsága a kiindulási helyzetben ugyanaz is, változni fognak az eredeti, kiindulási víztartalommal.

Hogy összehasonlítható eredményeket kaphassunk, melyeket megismételt kísérletekkel, a kiindulási víztartalomtól függetlenül bármikor újra meghatározhatunk, szükséges, hogy ne abszolút, hanem relatív ér-



8. ábra.

téket adjunk meg, azaz az összehúzóási ne mm-ekben, hanem a két jel egy bizonyos víztartalomnál való egymástóli távolságához adjuk meg.

Eddig az összehúzóási a kiindulási jeltávolság százalékáiban adták meg.¹⁾ Ezen adatoknak azonban, mint alább kimutatom, ugyanaz a hibájuk, mint a mm-ekben megadottaknak, t. i. függenek az eredeti víztartalomtól s a mm-ben megadott adatokkal szemben csak az az előnyük, hogy függetlenek az eredeti jeltávolságtól. Ezen kifejezőmód összehasonlítható eredményeket csak az esetben szolgáltatna, ha a talajhasáb víztartalma a mérés kezdetén mindig ugyanaz lenne. A talajt mindig ugyanazon mennyiségű vízzel péppé keverni azonban nagyon nehéz, mert már a keverés alatt is ellenőrizhetetlen mennyiségű víz párologhat el. Ha azonban egy és ugyanazon talajnál még elérhető, hogy a pépet mindig ugyanannyi vízzel keverjük meg, ez több talajnál a fizikai tulajdonságok

¹⁾ H. DUEBERG: Über lin., quadr. und kubische Ausdehnung und Schwindung. Deutsche Töpfer- u. Ziegler-Zeitung, 1888. 22.

különbözősége miatt lehetetlen. Már pedig, ha a kiindulási víztartalom nem egyforma, úgy egy s ugyanazon talajon, egymásután végzett két meghatározás különböző, egyforma víztartalomra vonatkoztatott értékeket fog adni, mert különböző lévén az összehúzódnás, különböző lesz ennek viszonya az egyforma eredeti jeltávolsághoz is. Még pedig ezen viszonzyszám nagyobb, vagy kisebb, aszerint, amint a kiindulási helyzetben a víztartalom kisebb, vagy nagyobb.

Magyarázatul szolgáljon a következő megfigyelés. A lineáris összehúzódnás nagysága egyenlő

$$x = 2 \ n. \ a + n. \ e,$$

hol n egyenlő a két jel között lineárisan elhelyezkedő szemecskék számával, a az egyes szemecskéket körülvevő vízburok vastagsága, míg e az egyes szemecskék átlagos zsugorodása. Ezen utóbbi értékek csak a víztartalomtól fognak függeni (ugyanazon talajnál), még pedig evvel egyenes arányban lesznek; az összehúzódnási határnál értékük = 0. Tehát

$$a = \alpha \ (v - b)$$

$$e = \beta \ (v - b),$$

hol v a pillanatnyi, b pedig az összehúzódnási határnál levő víztartalom % -okban kifejezve; α és β szorzási állandók.

Az összehúzódnás eszerint lesz:

$$x = 2 \ n. \ \alpha \ (v - b) + n. \ \beta \ (v - b), \text{ ebből}$$

$$x = n \ (v - b) \ (2 \ \alpha + \beta)$$

$$(2 \ \alpha + \beta) = \gamma \text{ ugyanazon talajnál állandó lévén}$$

$$x = \gamma. \ n. \ (v - b)$$

Az összehúzódnás tehát egyenes arányban áll a jelek közt lineárisan elhelyezendő szemecskék számával (n), szóval a jeltávolsággal és a víztartalommal.

Ha feltesszük, hogy v az eredeti kiindulási helyzetben levő víztartalom, úgy a jelek eredeti távolsága

$$\mu_1 = d. \ n. + \gamma. \ n. \ (v - b)$$

lesz, ha d a szemecskék átlagos átmérője. — A legkisebb jeltávolság

$$\mu_2 = d. \ n.,$$

mivel az összehúzódnási határnál v % b s így $(v - b) = 0$.

Figyeljük meg egy közbeeső víztartalomtól (v_1) számított összehúzódnás arányát az eredeti jeltávolsághoz. A v_1 víztartalomnál levő jeltávolság

$$\mu_3 = d. \ n. + \gamma. \ n. \ (v_1 - b).$$

A v_1 -től kezdődő összehúzódas pedig

$$\mu_3 - \mu_2 = d. n. + \gamma. n. (v_1 - b) - d. n. = \gamma. n. (v_1 - b)$$

Ennek az eredeti jeltávolsághoz való aránya pedig

$$\frac{\mu_3 - \mu_2}{\mu_1} = \frac{\gamma. n. (v_1 - b)}{(d n + \gamma n (v - b))} = \frac{\gamma (v_1 - b)}{\gamma (v + \frac{d}{\gamma} - b)} = \frac{v_1 - b}{v + (\frac{d}{\gamma} - b)}$$

$\frac{d}{\gamma} - b = \varepsilon$ ugyanazon talajnál állandó, az arányszám lesz:

$$\frac{\mu_3 - \mu_2}{\mu_1} = \frac{v_1 - b}{v + \varepsilon}$$

Ezen arányszám tehát nemcsak az összehúzódasához tartozó víztartalomtól fog függeni, hanem a kiindulási víztartalomtól is. Ez utóbbival fordított arányban van, ami azt jelenti, hogy ugyanazon talajnál, ugyanazon víztartalomra vonatkozó arányszám nagyobb, vagy kisebb lesz, aszerint, amint az eredeti víztartalom kisebb, vagy nagyobb. Több talaj esetében pedig az egyenlő víztartalomra (v_1) megadott, de az eredeti jeltávolsághoz viszonyított összehúzódasági arányszámok nemcsak a talaj tulajdonságait jellemző tényezőktől (b és E), hanem a mindenkori eredeti víztartalomtól is függeni fognak. Összehasonlítható eredmények elérése céljából szükséges tehát, hogy azon víztartalmat, melynél levő jeltávolsághoz az összehúzódasát viszonyítjuk (tehát $v-l$), állandóvá tegyük, azaz minden meghatározásnál ugyanazon víztartalomnál levő jeltávolságra vonatkoztassuk az összehúzódasát.

Előtérbe nyomul még annak lehetősége is, hogy az összehúzódasát a legkisebb, tehát az összehúzódasági határnál fellépő jeltávolság %-aiban adjuk meg. Ha az ehhez viszonyított arányszámot megfigyeljük:

$$\frac{\mu_3 - \mu_2}{\mu_2} = \frac{\gamma. u. (y_1 - b)}{d. n.} = \frac{\gamma (v_1 - b)}{d}$$

úgy azt látjuk, hogy ez független az eredeti víztartalomtól s csak a talajt jellemző állandóktól (g , b , d) s azon víztartalomtól (v_1) függ, melytől való összehúzódas kifejezésére szolgál.

Ezen összehasonlítható eredményeket adó kifejezésmódok közti választásnál az egyszerűség az utóbbi mellett szól. Ez esetben ugyan az arányszám inkább tágulási, mint összehúzódasági jelleg lesz, de a másik módnál is ugyanezen eset áll elő, ha a választott v -nél magasabb víztartalomra vonatkozó összehúzódasát kell megadni.

A lineáris összehúzódasági szám tehát az, mely megadja, hogy egy bizonyos víztartalomtól (melyre az összehúzódasági szám vonatkozik) az összehúzódasági határig, mekkora a talaj összehúzódása a legkisebb, tehát az összehúzódasági határnál fellépő jeltávolságra %-ban vonatkoztatva.

Magyarázatul szolgáljon egy teljes meghatározás eredménye:

Leolvasások	Középérték	Súly g	Viztartalom ‰	Össze- huzódás mm	Lineáris összehúzó- dási szám
50·35 } 36 } 36 }	50·36	66·9724	35·3	4·63	10·12
50·23 } 28 } 26 }	50·26	66·7344	32·2	4·53	9·90
49·56 } 57 } 56 }	49·56	66·3636	27·5	3·83	8·38
48·46 } 47 } 45 }	48·46	66·0560	23·5	2·73	5·97
47·47 } 49 } 52 }	47·49	65·6858	18·8	1·76	3·85
47·10 } 14 } 12 }	47·12	65·5478	17·0	1·39	3·04
46·73 } 68 } 70 }	46·70	65·3914	15·0	0·97	2·12
46·32 } 30 } 34 }	46·32	65·2290	12·9	0·59	1·29
46·02 } 02 } 02 }	46·02	65·0232	10·2	0·29	0·63
45·93 } 93 } 91 }	45·92	64·9014	8·7	0·19	0·41
45·72 } 72 } 74 }	45·73	64·8122	7·5	—	—
45·77 } 76 } 79 }	45·77	64·6800	5·8	—	—

Leolvasások	Középérték	Súly g	Víztartalom ‰	Össze- húzódás mm	Lineáris összehúzó- dási szám
45·76 } 75 } 74 }	45·75	64·6070	4·9	—	—
45·72 } 71 } 75 }	45·73	64·2278	—	—	—
45·70	—	64·2278	—	—	—
45·72	—	64·2252	0	—	—

A meghatározás folyama alatt csak a leolvasásokat s a hozzájuk tartozó súlyokat jegyezzük fel. A víztartalom s összehúzódás csak a meghatározás végén adódik, ha ismeretes a száraz talajhasáb súlya és a legkisebb jeltávolság. A víztartalom úgy mint a fizikai állandóknál (képlék. határ, stb.) 100 rész száraz talajra adandó meg. Adott esetben 45·73 mm a legkisebb jeltávolság melytől való különbség minden egyes esetben a mm-ekben kifejezett összehúzódást, míg ez a 45·73 százalékaiban kifejezve a lineáris összehúzó-dási számot adja. A lineáris összehúzó-dási szám tehát = $\frac{\text{összehúzó-dás mm} \times 100}{\text{legkisebb jeltávolság.}}$

Ezen lineáris összehúzó-dási szám összefüggését a területi s térfogati összehúzó-dási számmal a 2. táblázat mutatja. (DUEBERG.)

2. táblázat.

Lineáris	Területi	Térfogati	Lineáris	Területi	Térfogati	Lineáris	Területi	Térfogati
ö s s z e h u z ó d á s i s z á m								
0·5	1·00	1·51	10·5	22·10	34·92	20·5	45·20	74·97
1·0	2·01	3·03	11·0	23·21	36·76	21·0	46·41	77·16
1·5	3·02	4·57	11·5	24·32	38·62	21·5	47·62	79·36
2·0	4·04	6·12	12·0	25·44	40·49	22·0	48·84	81·58
2·5	5·06	7·69	12·5	26·56	42·38	22·5	50·06	83·83
3·0	6·09	9·27	13·0	27·69	44·29	23·0	51·29	86·09
3·5	7·12	10·87	13·5	28·82	46·21	23·5	52·52	88·37
4·0	8·16	12·49	14·0	29·96	48·15	24·0	53·76	90·66
4·5	9·20	14·12	14·5	30·10	50·11	24·5	55·00	92·98
5·0	10·25	15·76	15·0	32·25	52·09	25·0	56·25	95·31
5·5	11·30	17·42	15·5	33·40	54·08	25·5	57·50	97·67
6·0	12·36	19·10	16·0	34·56	56·09	26·0	58·76	100·04
6·5	13·42	20·79	16·5	35·72	58·12	26·5	60·02	102·43
7·0	14·49	22·50	17·0	36·89	60·16	27·0	61·29	104·84
7·5	15·56	24·23	17·5	38·06	62·21	27·5	62·56	107·27
8·0	16·64	25·97	18·0	39·24	64·30	28·0	63·84	109·72
8·5	17·72	27·73	18·5	40·42	66·40	28·5	65·12	112·18
9·0	18·81	29·50	19·0	41·61	68·52	29·0	66·41	114·67
9·5	19·90	31·29	19·5	42·80	70·65	29·5	67·70	117·17
10·0	21·00	33·10	20·0	44·00	72·80	30·0	69·00	119·70

Az adott példán az összehúzóási határt 7·5% víztartalomnál érjük el. Ezen határ ARON szerint állandó lévén, meghatározásának pontossága csak attól függ, hogy közelében milyen gyakran végzünk meghatározásokat.

Az összehúzóás lefolyása szemléltetőbbé válik, ha az összehúzó-

dási számokat s a víztartalmat egy koordinata rendszerre rakva diagrammot szerkesztünk.

A 3. táblázatban néhány talaj összehúzódási adatai vannak felsorolva.

3. táblázat.

Sorszám	Képlékenységi határrok	Képlékenységi szám	Összehúzó-dási határ	Lineáris összehúzódási szám							
				5	10	15	20	25	30	35	40
				% víztartalomnál							
1.	20.4	0	12.1	0	0	0.70	1.82	—	—	—	—
2.	27.2 18.0	9.2	4.8	0.06	0.86	1.76	4.19	6.70	—	—	—
3.	38.5 19.7	18.8	7.5	0	0.60	2.12	4.39	6.87	9.18	10.10	—
4.	43.7 21.2	22.5	?	0.25	0.68	2.40	4.63	7.01	9.03	11.05	11.93
5.	34.4 18.3	16.1	5.9	0	0.66	2.66	4.81	7.08	8.90	—	—
6.	23.2 13.9	9.3	6.5	0	0.59	2.07	4.39	—	—	—	—

Az egyes talajoknál tehát úgy az összehúzódási határ, mint az összehúzódás nagysága különböző. Még korai volna ezen különbségekből messzebbmenő, az összehúzódásnak a talaj egyéb fizikai tulajdonságaival való összefüggéséről véleményt alkotni, ez csak beható tanulmányozás után lesz lehetséges.

Az összehúzódásnak általam használt kifejezésmódja, az összehúzódási szám, összehasonlítás szempontjából értékes eredményeket ad ugyan, magának ezen arányszámnak azonban kevés gyakorlati értéke van. Gyakorlatilag inkább az a fontos, hogy a talaj egy bizonyos víztartalomtól a kiszáradásig, vagy egy másik kisebb víztartalomig térfogatának (területének, vagy egyenes irányban) hány százalékát veszti? Ha ismeretes a kérdéses víztartalomhoz tartozó összehúzódási szám, vagy két víztartalom között a számok különbsége, úgy ezen érték is kiszámítható az $x = \frac{100 a}{100 + a}$ képlet segítségével. (x a keresett érték, a az összehúzódási szám, vagy azok különbsége). A 4. táblázat a lineáris összehúzódási szám s ezen értékek közti összefüggést mutatja.

4. táblázat.

Lineáris összehúzóási szám	Lineáris össze- húzódás	Terület	Térfogat	Lineáris összehúzóási szám	Lineáris össze- húzódás	Terület	Térfogat
		c s ö k k e n é s				c s ö k k e n é s	
	azon víztartalomtól, melyre a lin. összehúzóási szám vonatkozik ‰				azon víztartalomtól, melyre a lin. összehúzóási szám vonatkozik ‰		
0·5	0·50	0·99	1·49	15·5	13·42	25·04	35·10
1·0	0·99	1·97	2·94	16·0	13·79	25·68	35·94
1·5	1·49	2·93	4·37	16·5	14·16	26·32	36·76
2·0	1·96	3·88	5·77	17·0	14·53	26·95	37·56
2·5	2·44	4·82	7·14	17·5	14·89	27·57	38·36
3·0	2·91	5·74	8·48	18·0	15·25	28·18	39·14
3·5	3·38	6·65	9·80	18·5	15·61	28·78	39·90
4·0	3·85	7·54	11·10	19·0	15·97	29·38	40·66
4·5	4·31	8·42	12·37	19·5	16·32	29·97	41·40
5·0	4·76	9·30	13·61	20·0	16·67	30·56	42·13
5·5	5·21	10·15	14·84	20·5	17·01	31·13	42·85
6·0	5·66	11·00	16·04	21·0	17·35	31·70	43·55
6·5	6·10	11·83	17·21	21·5	17·69	32·26	44·25
7·0	6·54	12·66	18·37	22·0	18·03	32·81	44·93
7·5	6·98	13·47	19·50	22·5	18·37	33·36	45·60
8·0	7·41	14·27	20·62	23·0	18·70	33·90	46·26
8·5	7·83	15·05	21·71	23·5	19·03	34·43	46·91
9·0	8·26	15·83	22·78	24·0	19·35	34·96	47·55
9·5	8·68	16·60	23·83	24·5	19·68	35·48	48·18
10·0	9·09	17·36	24·87	25·0	20·00	36·00	48·80
10·5	9·50	18·10	25·88	25·5	20·32	36·51	49·41
11·0	9·91	18·84	26·88	26·0	20·63	37·01	50·01
11·5	10·31	19·56	27·86	26·5	20·95	37·51	50·60
12·0	10·71	20·28	28·82	27·0	21·26	38·00	51·18
12·5	11·11	20·99	29·76	27·5	21·57	38·48	51·75
13·0	11·50	21·69	30·70	28·0	21·88	38·96	52·32
13·5	11·89	22·37	31·61	28·5	22·18	39·44	52·87
14·0	12·28	23·05	32·50	29·0	22·48	39·91	53·42
14·5	12·66	23·72	33·38	29·5	22·78	40·37	53·95
15·0	13·04	24·39	34·25	30·0	23·07	40·83	54·48

Végezetül megjegyzem még, hogy a most ismertetett műszert nemcsak talajok, hanem agyagok összehúzódásának mérésére is ajánlom, annál is inkább, mert a régebbi módszereknél pontosabb volta mellett, az agyagok égetésénél fellépő zsugorodás mérésére is alkalmas, ha ezen meghatározáshoz Zn-lemez helyett egy síma felületű porcellán lemezt használunk.

Dr. 'SIGMOND ELEK műegyetemi tanár úrnak, kinek iniciatívájára a műszert megszerkesztettem s kinek vezetése alatt álló laboratoriumban kísérleteimet végeztem, e helyen is hálás köszönetet mondok szíves tanácsaiért s támogatásáért.
