



STATENS GEOTEKNISKA INSTITUT

MÄTNING AV INFILTRATIONSKAPACITET OCH
PERMEABILITET IN SITU

Forskningsprojekt: 1-351/79
Datum: 1982-02-17
Handläggare: Lennart Adestam
Bengt Rosén

MÄTNING AV INFILTRATIONSKAPACITET OCH
PERMEABILITET IN SITU

Forskningsprojekt: 1-351/79
Datum: 1982-02-17
Handläggare: Lennart Adestam
Bengt Rosén

MÄTNING AV INFILTRATIONSKAPACITET
OCH PERMEABILITET IN SITU

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Sammanfattning

Bakgrund

Syfte

Utförande

Inventering

Fältförsök

Slutsatser

Litteratur

SAMMANFATTNING

En genomgång har skett i litteraturen av existerande direkta mätmetoder i fält avseende infiltration och perkolation. För infiltrationsmätning pekats på tre olika metoder där dubbelringsinfiltrationsmetern är den vanligaste. För permeabilitetsbestämning genom perkolation finns en rad varianter på principer "auger hole method". Vid institutet har framtagits en permeameter typ slitsat rör. Utrustning och beräkningsförfarande beskrivs. En jämförelse mellan dubbelringsinfiltrationsmetern och permeameter typ slitsat rör visar att permeameter typ slitsat rör vanligen har stora fördelar men att spridningen i mätresultat, precis som för andra jämförbara instrument, är relativt stor.

BAKGRUND

Tekniken att lokalt omhänderta dagvatten (LOD) diskuteras och tillämpas allt oftare. Metoden innebär att regnvatten från tak och hårdgjorda markytor direkt eller via särskilda magasin infiltreras i marken. Fördelarna är bl a minskade dimensioner för dagvatten nätet samt minskad risk för grundvattensänkning.

LOD dimensioneras med ledning av uppgifter om avvattnad yta, nederbörd, infiltrationskapacitet och permeabilitet. Avvattnad yta kan enkelt beräknas från kartor. Nederbördsuppgifter erhålls från SMHI. Svårigheten är att bestämma korrekta värden på infiltrationskapacitet och permeabilitet. En rad olika metoder kan användas för olika förhållanden och förutsättningar.

SYFTE

Projektet syftar till att

- inventera förekommande mätmetoder där infiltrationskapacitet och permeabilitet bestäms
- undersöka möjligheten att mäta med permeameter typ slitsade rör

- studera naturlig spridning inom olika typer av jord
- ange riktlinjer för ett större projekt.

UTFÖRANDE

Projektet startades hösten 1979 med en inventering av existerande direkta mätmetoder. Dock uteslöts provpumpning, slug test och spårämnesförsök. Inventeringen utfördes genom litteratursökning samt till viss del genom intervjuer.

I samband med ett konsultuppdrag utfördes fältförsök i Ullstämman, Linköpings kommun, med permeameter typ slitsade rör och dubbelringsinfiltrrometer. Avsikten var dels att mäta infiltrationskapaciteten inför planering av LOD, dels att studera metodernas användbarhet och den naturliga spridningen i mätresultaten.

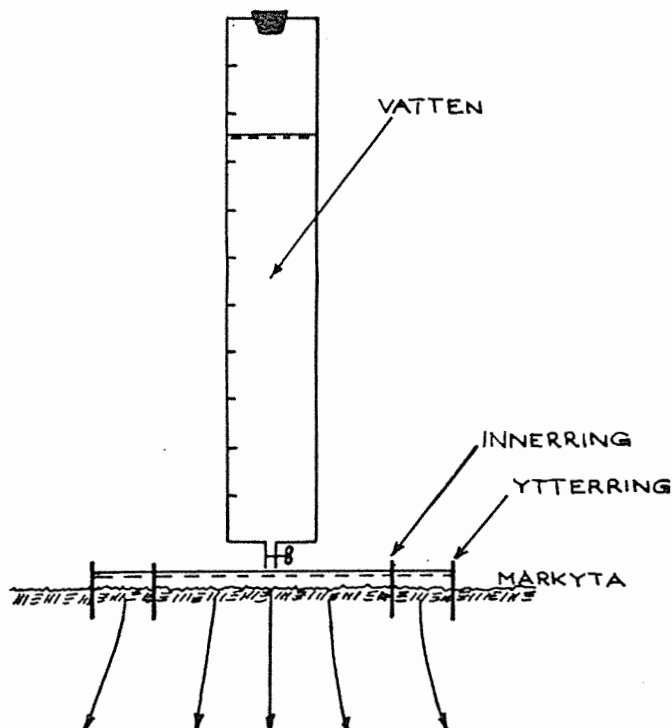
INVENTERING

I huvudsak används tre metoder för infiltrationsmätning. För permeabilitetsbestämning tillämpas en rad varianter på principen "auger hole method". De genomgångna metoderna ges en kort presentation med rekommenderat användningsområde.

Ringinfiltrrometer (1, 2, 3, 4, 6, 7)

Ringinfiltrrometern används för att bestämma markytans infiltrationskapacitet. Genom avschaktning kan mätning på flera nivåer i jorden utföras. Utrustningen består av en eller två koncentriska ringar och en graderad vattenbehållare med stativ, se Figur 1. Risken för läckage åt sidorna är stor men elimineras till viss del med hjälp av ytterringen och/eller med en korrektionsfaktor. I litteraturen (1) anges optimala radierna till 60 respektive 50 cm för ytter/innerringen. Ringen eller ringarna slås ned i marken och fylls med vatten i omgångar tills jorden bedöms vara mättad. Vatten-

flaskan placeras över innerringen. Den är av Mariotte-typ och fungerar så att när vattenytan sjunker under pipmynningen strömmar vatten ut ur behållaren. Vattennivån i ytterreringen hålls vid samma nivå som innerringens genom separat tillförsel. Utströmmad vattenmängd avläses mot förfluten tid, volym/tidsenhet. Eftersom innerringens yta lätt kan beräknas fås infiltrationskapaciteten i längd/tidsenhet.



Figur 1. Dubbelringsinfiltrrometer. (1)

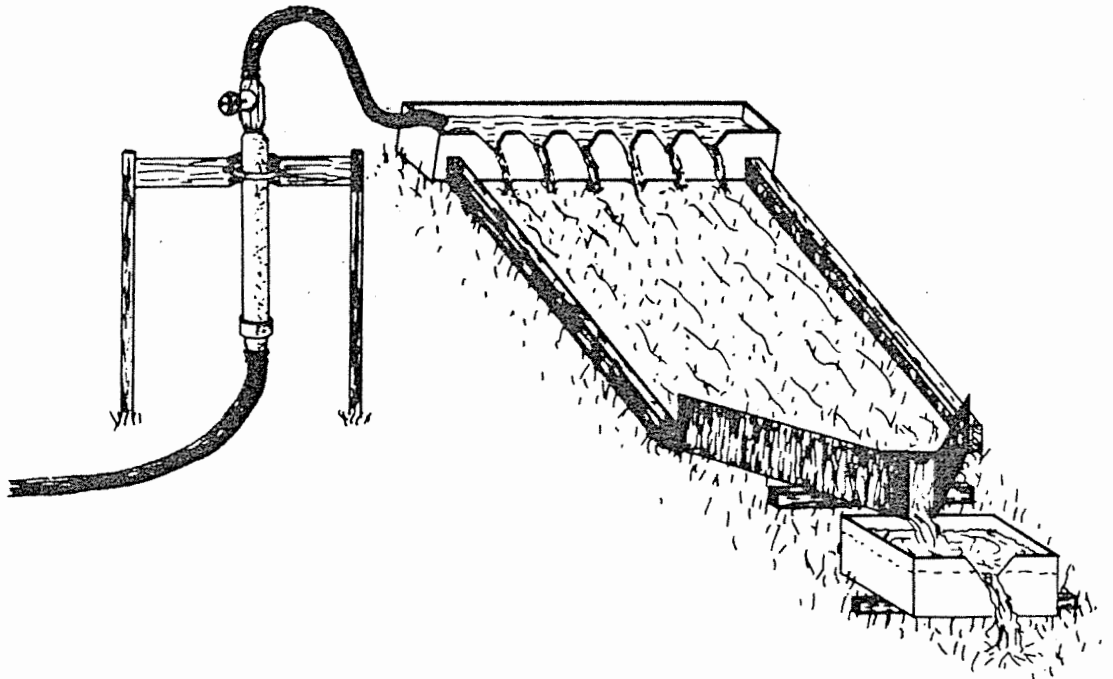
Sprinkelinfiltrrometer (1)

Sprinkelinfiltrrometern simulerar, liksom ringinfiltrrometern, nederbörd. Över en avskärmad yta sprutas vatten. Överskottsvatten får rinna av och samlas upp. Man mäter hur mycket vatten som per tidsenhet infiltrerar genom markytan genom att subtrahera överskottsvattnet från tillförd vattenmängd. Metoden har samma användningsområde som ringinfiltrrometern.

En variant på sprinkelfiltrometern utgör droppbevattningsanläggningen som används för försöksrutor.

Ränninfiltrometer (4)

Ränninfiltrometern är avsedd att användas på lutande mark. Inom ett avgränsat område (ca 1,6 m²) påfylls vatten i övre ändan. Det vatten som inte infiltrerar samlas upp i nederändan och mäts med ett mätöverfall (60° Thomsonöverfall). Konstruktionen framgår av Figur 2.



Figur 2. Ränninfiltrometer. (4)

Auger hole method (1, 3, 5, 7, 8)

Avsikten med metoden är att mäta permeabiliteten i markens mättade zon (auger hole method) eller i dess omättade zon (inversed auger hole method). I ett hål med känd geometri kan man bortföra respektive tillföra en bestämd mängd vatten och observera vattenytans återhämtning.

Permeabiliteten beräknas med en formel antingen direkt eller efter plottning av mätningresultaten i ett diagram.

Borrhål. (3, 7) Markhålet görs ofta med spadborr, men har vid SGI också utförts med träborr $\phi 35$ mm. Grövre jordarter kräver någon form av stöd mot väggarna för att inte dessa ska rasa eller flyta ut. För spadborrhål kan man använda armeringsjärn med filterduk (3). Vid SGI användes för de klena hålen slitsade plaströr med innerdiametern 20 mm. Mellan rören och hålväggen hälldes ensgraderad sand. Viktigt är att väggkonstruktionen, rör och sand, har större permeabilitet än jorden. Fördelen med de klena borrhålen är att det går enkelt att borra för hand och att det går åt mycket små vattenmängder. Mätintervallet för dessa enkla permeametrar har inte utprovats särskilt. Metoden fungerar bäst för mellanfraktionerna, silt-sand.

Pressopermeameter (8) är mer utvecklad och kan mäta permeabiliteten i jorden på olika djup. Metoden lämpar sig för mätningar av permeabilitet i intervallet 10^{-10} - 10^{-5} m/s. Vatten pressas radiellt ut genom ett perforerat vertikalt rör i tre sektioner. Tryck- och flödesmätare kontrollerar flödet genom mittsektionen. De övre och undre sektionerna förhindrar vertikal sidospredning från mellansektionen.

Provgrop. (3, 7) Normer för provgropar finns uppställda av SNV (1974:15) när det gäller att bedöma möjligheterna att anlägga ett perkolationsmagasin. En halvmeter djup grop grävs med minst 1 dm diameter. Väggarna kan behöva stagas med nät vid grövre jordarter. Vatten fylls på efter ett föreskrivet mönster och vattenytans sjunkning mäts. Permeabiliteten beräknas med en formel (7).

Förfinade metoder finns beskrivna för situationer då avståndet till grundvattenytan är känt respektive okänt. Teorin förutsätter att provgropen har plana, vinkelräta sidor (3).

Magasin. (3) Perkolationsmagasinet är en praktisk tillämpning av provgropen. Magasinet är fyllt med ett genomsläppligt material med funktionen att stödja väggarna. Porositeten i fyllnadsmaterialet tas hänsyn till vid beräkningarna, som syftar till att dimensionera den optimala storleken för magasinet.

FÄLTFÖRSÖK

I anslutning till projektet har försök utförts med dubbelringsinfiltrimeter och permeameter typ slitsat rör. Detaljer kring utrustningarna framgår av utrustningslistorna 1 och 2.

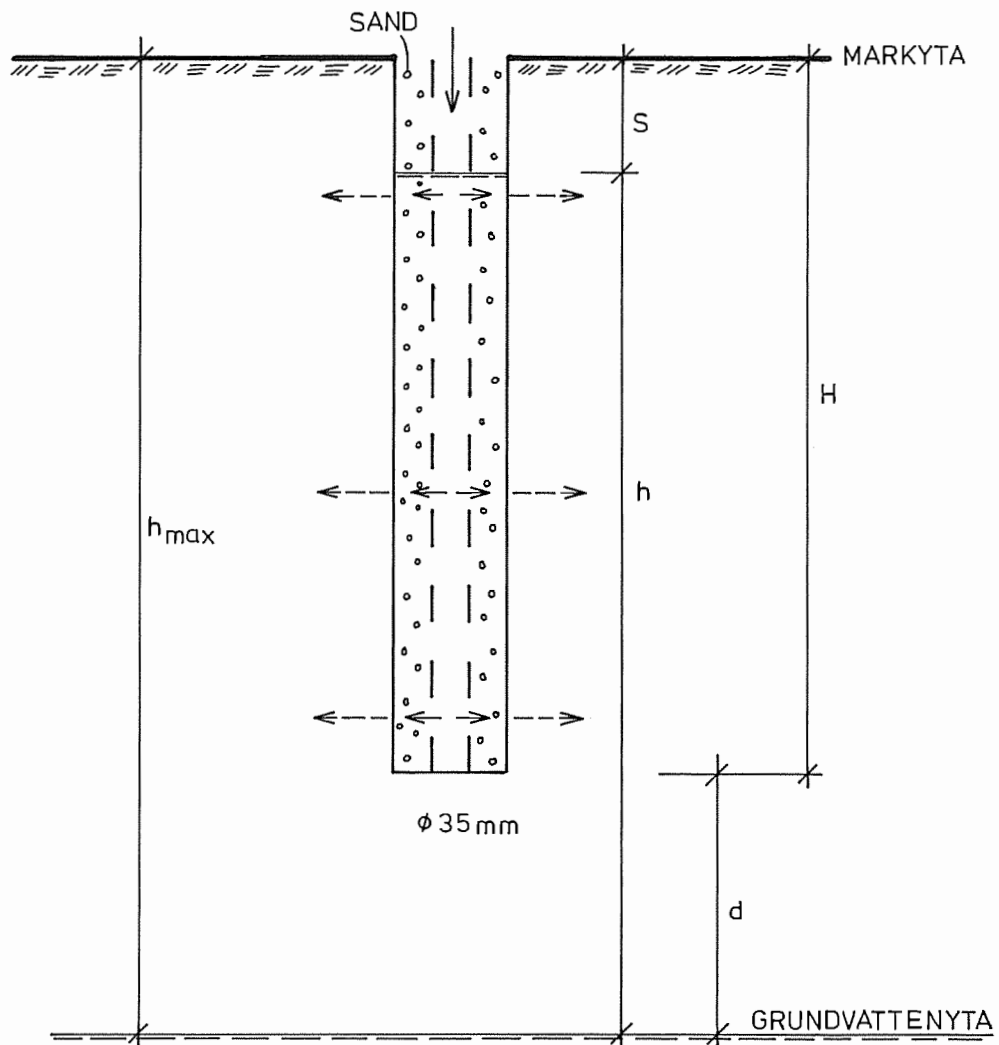
Beräkningen av permeabiliteten beskrivs av Figur 3 och med nedanstående exempel. För härledningen hänvisas till Jonasson (3). I fält mäts storheterna t och s dvs tid från försökets början och avsänkning i röret.

Exempel på permeameterförsök

Hålradie = 0,0175 (m)

Rörlängd = 0,81 (m)

t (s)	s (m)	$h-d$ (m)	$h-d+r/2$ (m)
0	0,590	0,220	0,229
30	0,655	0,155	0,164
60	0,665	0,145	0,154
90	0,675	0,135	0,144
120	0,680	0,130	0,139
150	0,690	0,120	0,129
180	0,690	0,120	0,129
210	0,695	0,115	0,124
270	0,700	0,110	0,119
360	0,705	0,105	0,114
420	0,710	0,100	0,109
480	0,710	0,100	0,109
600	0,715	0,095	0,104



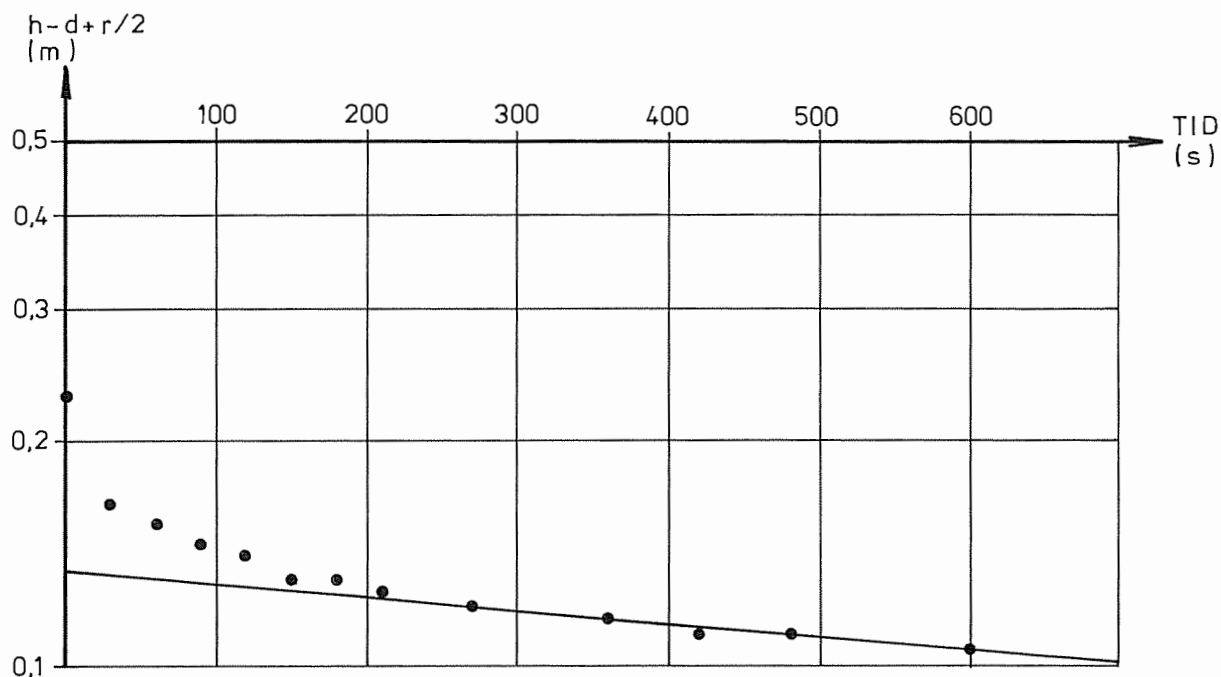
Figur 3. Permeameter typ slitsat rör.

Som framgår av tabellen ger bottenstridningen med så smala hål en obetydlig skillnad. Om bottenstridningen försummas ökar det beräknade permeabilitetsvärdet något.

Permeabiliteten beräknas ur sambandet

$$K = 1,15 \cdot r \cdot \tan \alpha \quad \text{där}$$

$$\tan \alpha = \frac{\log(h_{\max} - d + r/2) - \log(h - d + r/2)}{t}$$

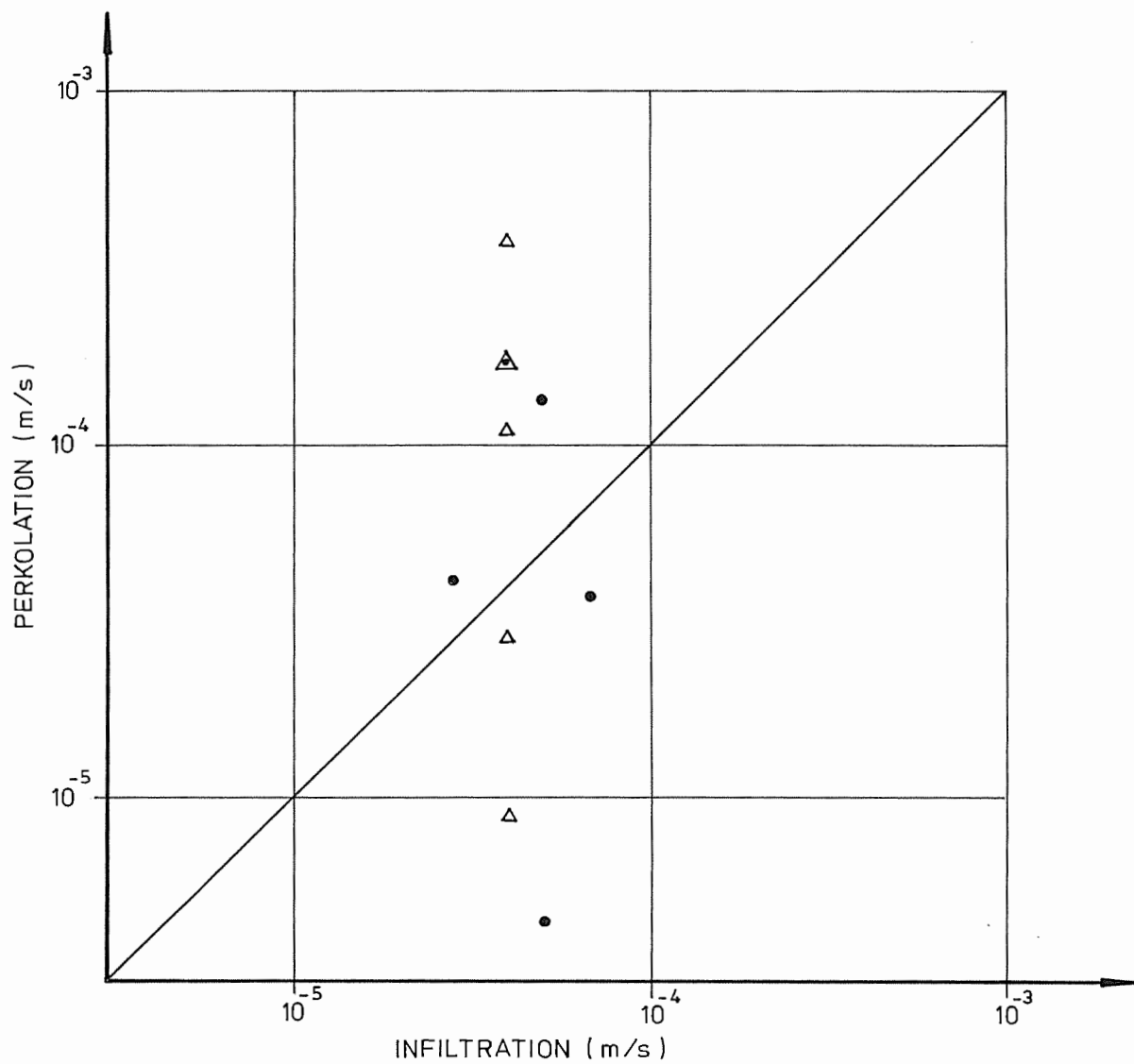


En raklinje anpassas till den plottade kurvans slutfas. Två värdepar från raklinjen ger lösningen:

$$\tan \alpha = \frac{\log 0,135 - \log 0,105}{600 - 0} \quad \text{och}$$

$$K = 3,66 \cdot 10^{-6} \text{ (m/s)}$$

För området Ullstämman utanför Linköping har några mätningar med dubbelringsinfiltrimeter och permeameter utförts på samma plats. I Figur 4 jämförs mätresultaten. En mätstation redovisar dessutom flera permeameterförsök intill varandra (Δ).



Figur 4. Jämförelse mellan infiltrations- och perkolationsförsök (•) samt upprepade perkolationsmätningar inom ett begränsat område (Δ).

SLUTSATSER

De praktiska försöken visar att permeameteren är överlägsen dubbelringsinfiltrometern beträffande

- kostnad
- utrustningsvolym och vikt
- vattenåtgång.

Uppställningstiden fram till försöksstart blir dessutom oftast väsentligt kortare för permeameteren. Komplikationer för rören kan uppstå i stenig mark och för långa rör. I stället för mycket långa rör kan det vara en fördel att först gräva en grop och sedan borra ett hål för röret från botten av gropen.

De jämförbara mätresultaten är få till antalet (Figur 4) men visar att permeameteren ger värden av samma storleksordning som dubbelringsinfiltrometern. Ett problem är däremot att upprepade mätningar ger stor spridning. Denna onoggrannhet är inte unik för permeameteren och kan hänföras till markens inhomogenitet snarare än permeameterens ofullständighet.

Av försöken dras slutsatsen att permeameteren är att föredra framför dubbelringsinfiltrometern men att denna är nödvändig t ex för infiltrationsmätning där vegetationstäcket har stor betydelse. Perkolationsförsök bör minst dubbleras för att med medeltalsbildning utjämna extremvärden i enstaka försök.

Fortsatta mätningar bör inriktas på

- repeterbarheten för olika instrument och jordar
- eventuell inverkan av perkolationshålets diameter.

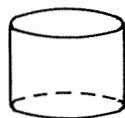
LITTERATUR

- 1 Ericsson L.O., Holmstrand O., 1978. Vattnets rörelse i den omättade zonen, mätmetoder. BFR R4:1978.
- 2 von Brömssen U., 1968. Grundvattenbildning i geologiskt olika terrängavsnitt. Orrje & Co. Teknik Metod Analys s. 33-110.
- 3 Jonasson S.A., 1979. Dimensionering av perkolationsmagasin. CTH-GU Geologiska inst, Publ. B138.
- 4 Holmstrand O., Wedel P.O., 1976. Markvattenundersökningar i ett urbant område. CTH Geohydrologiska forskningsgruppen, Meddelande 17.
- 5 Ericsson L.O., 1978. Permeabilitetsbestämning i fält vid perkolationsmagasin. Dimensionering. CTH Geohydrologiska forskningsgruppen, Meddelande 31.
- 6 Ericsson L.O., 1978. Infiltrationsprocessen i en dagvattenmodell. CTH Geohydrologiska forskningsgruppen, Meddelande 30.
- 7 Lindblad A., 1981. Infiltrationsmätningar utförda vid geologiska institutionen, CTH/GU. CTH Geohydrologiska forskningsgruppen, Meddelande 60.
- 8 AB Jacobsson & Widmark, 1980. Presso-permeametern, fältmetod för mätning av jordars vattengenomsläpplighet. Informationsblad.

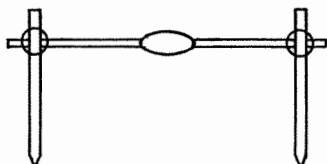
DUBBELRINGSINFILTRMETER
med kringutrustning



Yttering ϕ 40 cm



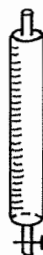
Innerring ϕ 20 cm



2 stänger 1,5 m

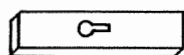
1 stång med klämring

2 kopplingar



Mariotteflaska:

Volymgraderad plexiglasbehållare med termoskork upptill och skruvventil nertill.



Stödbräda för mariotteflaska mot inner-
ringen

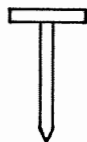
Spade för utstansning där ringarna slås
ner och eventuell markavtäckning

Handslägga för nedslagning av ringarna
i marken

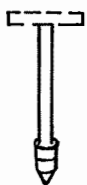
Skyddsbräda för ringarna vid nedslag-
ningen

Vatten Medtag 50-100 cl med hänsyn till
tillgång på vatten i undersökningsom-
rådet. Åtgång beroende av markförhållan-
dena.

PERMEAMETER typ slitsat rör
med kringutrustning



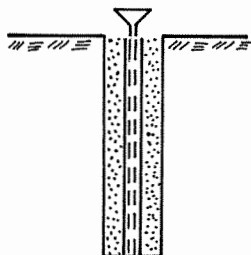
Sondstång 1 m med spets, handtag och nyckel



Sondstång 1 m med träborr ϕ 35 mm



Slitsade rör, ϕ inner 20 mm
Längder 50, 75 och 100 cm



Silversand eller motsvarande att hälla
i det borrhade hålet kring röret

Åtgång 1,5-3 l per undersökningshål

Vatten. Åtgång 5-10 l per undersöknings-
hål.

Tratt passande till de slitsade rören

Elektrisk GW-nivåbrygga

Tumstock