



CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN

Geologi

Geoteknik med grundläggning

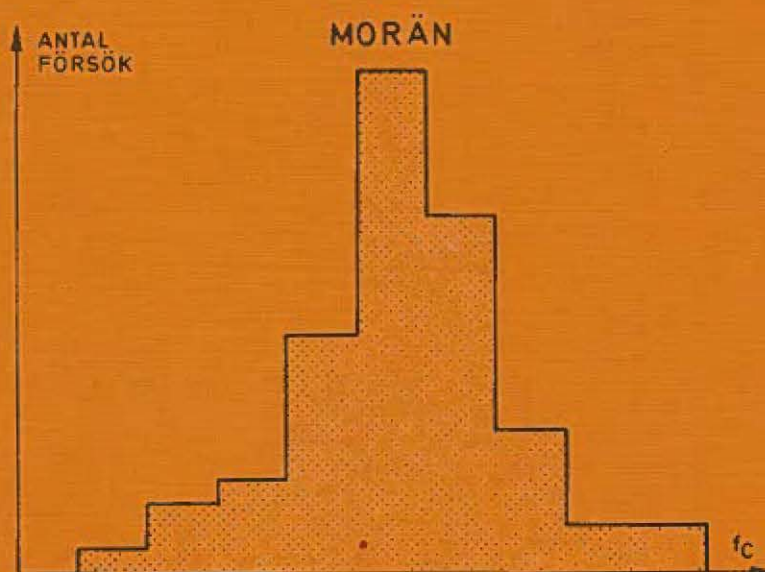
Vattenbyggnad

Vattenförsörjnings - och avloppsteknik

INFILTRATIONSMÄTNINGAR UTFÖRDA VID GEOLOGISKA INSTITUTIONEN CTH/GU

1972 - 1980

SAMMANSTÄLLNING OCH STATISTISK BEARBETNING



ANNIKA LINDBLAD



CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN

Geologi

Geoteknik med grundläggning

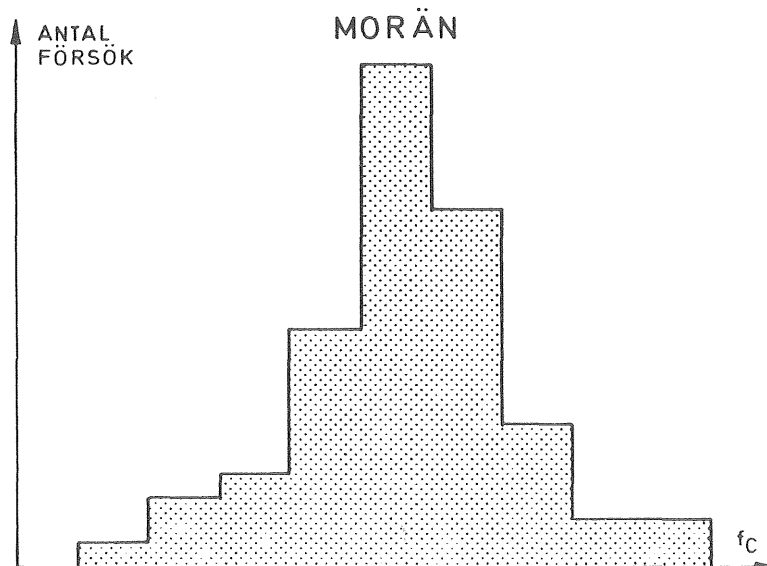
Vattenbyggnad

Vattenförsörjnings - och avloppsteknik

INFILTRATIONSMÄTNINGAR UTFÖRDA VID GEOLOGISKA INSTITUTIONEN CTH/GU

1972 - 1980

SAMMANSTÄLLNING OCH STATISTISK BEARBETNING



Adress:

Geohydrologiska forskningsgruppen
Chalmers Tekniska Högskola
412 96 GÖTEBORG Tel: 031/810100

ANNIKA LINDBLAD

FÖRORD

Sedan 1972 har ett stort antal infiltrationsmätningar utförts vid Geologiska institutionen CTH/GU. Flertalet av dessa mätningar har utförts i samband med olika forskningsprojekt som genomförts inom Geohydrologiska forskningsgruppens ram.

Inom forskningsprojektet "Dagvatteninfiltration på grönytor", vilket finansieras av Byggforskningsrådet, har vi funnit det angeläget att sammanfatta och sammanställa dessa undersökningar samt att göra en utvärdering av dem.

Detta arbete har utförts av Annika Lindblad. Beträffande uppläggning av arbetet samt bearbetning och presentation av materialet har regelbundna diskussioner skett med undertecknade.

Värdefulla synpunkter angående den statistiska bearbetningen har lämnats av docent Sture Holm, Matematiska institutionen CTH/GU.

Göteborg i maj 1981

Sven Jonasson och Thomas Holm

Infiltrationsmätningar utförda vid geologiska institutionen, CTH/GU, 1972-1980.

Innehållsförteckning

FÖRORD

FÖRKLARING TILL NÅGRA HYDROGEOLOGISKA BEGREPP	1
SAMMANFATTNING	2
1 INLEDNING	3
2 MÄTMETODER	4
2.1 Infiltrationsmätningar	4
2.1.1 Infiltrrometer	4
2.1.2 Utförande	4
2.2 Provgropsmätningar	5
2.3 Auger hole	7
2.4 Korrektioner	7
3 SAMMANSTÄLLNING AV INFILTRATIONSMÄTNINGAR	10
3.1 Inledning	10
3.2 Sammanfattade undersökningar	10
3.2.1 Engdahl 1975	11
3.2.2 Ericsson, Hård, 1978	14
3.2.3 Holmstrand, Wedel, 1976	18
3.2.4 Hård, 1979	22
3.2.5 Jonasson, 1979	26
3.2.6 Kaufmann, Röine, 1978	28
3.2.7 Lind, 1977	31
3.2.8 Lind, Nordin, 1978	32
3.2.9 Lindblad, Sandstedt, 1980	34
3.2.10 Nyberg, 1980	35
3.2.11 Olsson, Sääf, 1978	36
3.2.12 Torrång, 1979	39
3.2.13 Wedel, 1978	41
4 BEARBETNING AV SAMMANSTÄLLT MATERIAL	43
4.1 Indelning av infiltrationsmätningarna i grupper	43
4.1.1 Jordartsindelning	45
4.1.2 Marktyp	46
4.1.3 Nivå	46
4.2 Statistisk bearbetning	47
4.2.1 Inledning	47
4.2.2 Histogram	47
4.2.3 Frekvens och fördelningsfunktion	47
4.2.4 Plottningsposition	51
4.2.5 Valda fördelningsfunktioner	51
5 RESULTAT	53
5.1 Jämförelse mellan olika grupper	53
5.2 Infiltrationskapacitet	53
5.2.1 "Ursprunglig" markyta, på humusskikt	53
5.2.2 "Ursprunglig" markyta, under humusskikt	56
5.2.3 Anlagd markyta, på humusskikt	56

	Sid
5.2.4 Matjord	61
5.3 Permeabilitet	61
5.3.1 "Ursprunglig" markyta	61
5.3.2 Anlagd markyta	66
6 SLUTORD	69
6.1 Diskussion och kommentarer	69
6.2 Tillämpning av resultaten	71
6.3 Felkällor och begränsningar	71
7 REFERENSER	77

Förklaring till några hydrogeologiska begrepp.

Enligt Ejdeling (1979)

Fältkapacitet - volym vatten i absolut eller relativt tal som av ytspänningskraft och molekylära krafter kvarhålls i jordart eller bergart efter gravitationsdränering till jämvikt för viss specificerad grundvattennivå (trycknivå). Oftast för dränering till 1 m.

Infiltration - Inträngning av vätska i poröst eller sprickigt material, t ex vattens nedträngning genom markytan.

Infiltrationskapacitet - Markens maximala förmåga att taga upp och släppa igenom vatten vid markytan uppmätt i volym per tids- och ytenhet.

Omättad zon - Zon av en geologisk bildning där hålrummen förutom vatten innehåller luft, i regel zonen mellan markytan och grundvattenytan.

Perkolatation - Vattenrörelse i markens omättade zon, vilken beror av gravitationen och bindningstryckets gradient.

Permeabilitet (Hydraulisk konduktivitet) - För ett isotropt medium och en homogen vätska är mediets permeabilitet: Den vätskevolym som vid den rådande kinematiska viskositeten passerar en ytenhet vinkelrätt mot flödesriktningen under en tidsenhet när gradient är 1.

SAMMANFATTNING

Under åren 1972-1980 har ett flertal mätningar av markens infiltrationskapacitet och permeabilitet utförts vid Geologiska institutionen, Chalmers tekniska högskola/Göteborgs universitet. För att kunna utnyttja erfarenheter och resultat från dessa mätningar har en litteraturgenomgång och en sammanställning av samtliga mätningar genomförts. Litteraturgenomgången omfattar bl a 13 rapporter, C-kurs- och examensarbeten utgivna på Geologiska institutionen. Totalt finns ca 200 mätningar redovisade.

För att möjliggöra en systematisk bearbetning av mätresultaten redovisades varje mätning på en blankett där även uppgifter om plats, tid, geologi mm redovisades. Mätningarna indelades sedan i grupper efter jordart, mätnivå och marktyp (anlagd eller "ursprunglig" mark). På så sätt erhöles 16 olika grupper innehållande ett varierande antal mätningar. Varje grupp bearbetades därefter statistiskt, varvid histogram och fördelningskurvor konstruerades. Av de fördelningar som provades befanns log-normalfördelningen vara väl anpassad till de flesta grupperns empiriska fördelningar. I de fall där mätvärdena uppvisade en stor skevhet passade dock log Pearson typ III-fördelningen bäst.

Resultatet av sammanställningen visar att infiltrationskapaciteten är relativt oberoende av jordart. Medelvärdena för samtliga redovisade grupper varierar mellan $1.1 \cdot 10^{-6}$ m/s och $1.9 \cdot 10^{-5}$ m/s. Det förra värdet gäller för sand, anlagd markyta, på humusskikt och det senare för sand, ursprunglig markyta, på humusskikt. De övriga gruppernas medelvärden ligger alltså mellan dessa två värden som bägge gäller för sand. Permeabiliteten varierar i betydligt högre grad med jordarten. Sand har 1000 gånger högre värde än lera. Tabellen nedan visar logaritmiska medelvärden för jordarterna oberoende av marktyp och mätnivå.

	Infiltrationskapacitet	Permeabilitet
Morän	$5.5 \cdot 10^{-6}$ m/s	$1.1 \cdot 10^{-6}$
Sand	$4.0 \cdot 10^{-6}$ "	$8.8 \cdot 10^{-5}$
Silt	$8.2 \cdot 10^{-6}$ "	-
Lera	$1.6 \cdot 10^{-6}$ "	$1.0 \cdot 10^{-7}$

1 INLEDNING

Vid Geologiska institutionen, Chalmers tekniska högskola/Göteborgs universitet, har bestämningar av markens infiltrationskapacitet och permeabilitet utförts i ett flertal olika sammanhang. I flera forskningsprojekt, speciellt inom den s k "Geohydrologiska forskningsgruppen" har olika metoder provats för att fastställa och om möjligt förutsäga dessa egenskaper hos olika jordarter. Mycket av arbetet är utfört som examens- eller C-kursarbeten.

Sammanlagt finns ett par hundra bestämningar av infiltrationskapacitet och permeabilitet redovisade.

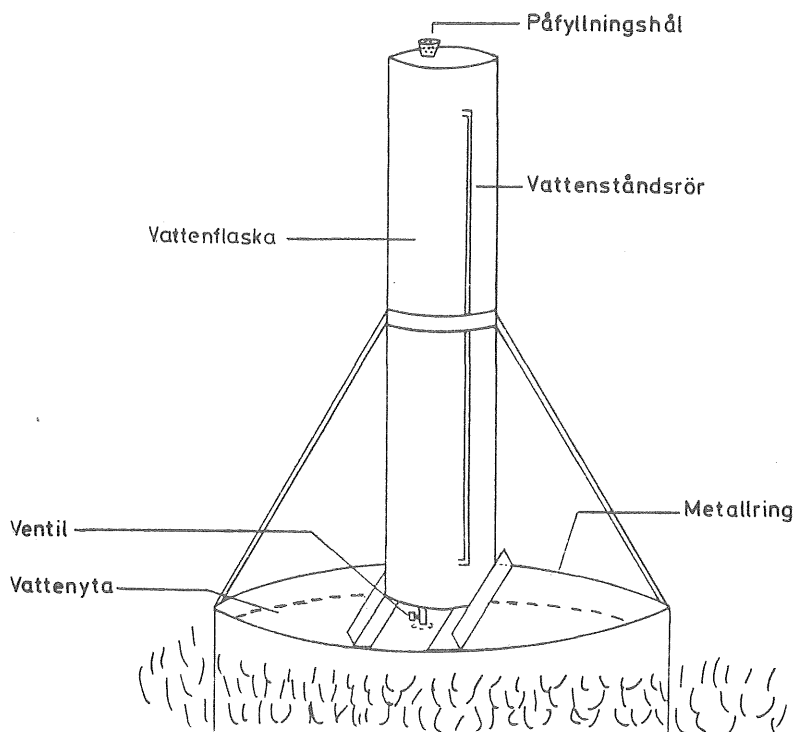
För att detta material skall kunna utnyttjas ansågs det nödvändigt att sammanställa, och eventuellt statistiskt bearbeta de befintliga mätvärdena. Detta gjordes under sommaren och hösten 1980. Resultatet har blivit en sammanfattning av gjorda mätningar, en "uppgiftspärm" där samtliga fältförsök finns redovisade samt en statistisk bearbetning av mätningar utförda i jämförbara miljöer.

2 MÄTMETODER

2.1 Infiltrationsmätningar

2.1.1 Infiltrrometer

Den vanligaste metoden för mätning av infiltrationskapacitet är infiltrrometermetoden. De flesta mätningar av infiltrationskapacitet utförda vid geologiska institutionen CTH/GU är utförda med s k enkelringsinfiltrrometer, Fig 2.1. Resultaten redovisas som f_c -värden, dvs markens slutgiltiga infiltrationskapacitet.



Figur 2.1. Enkelringsinfiltrrometer med vattenflaska.
Efter Kaufmann, Röine (1978).

2.1.2 Utförande, Enkelringsinfiltrrometer

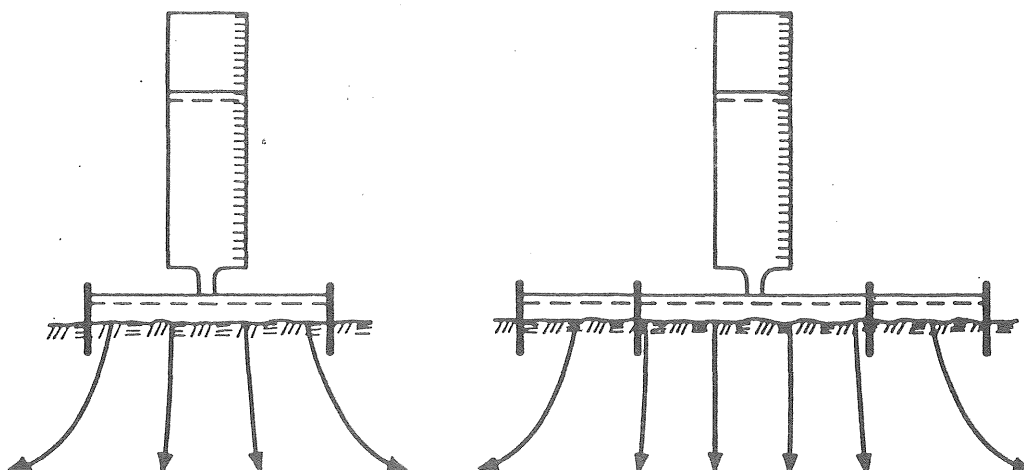
Marken där infiltrationskapaciteten skall undersökas iordningsställs i det skick man vill ha den. Vegetationen kan tas bort eller humusskiktet bortgrävas. En järnring med innerdiameter 38.5 cm slås ned 5-10 cm i marken. På järnringen finns fastsvetsat en ställning som håller en vattenflaska. Flaskan är försedd med ett påfyllningshål i toppen och en nippel med avstängningskran i botten. Flaskan är antingen tillverkad i plexiglas eller försedd med ett "skvallerrör" så att vattennivån kan avläsas. När mätningen påbörjas släpps vatten ut i ringen tills vattenytan når nippelöppningen. Luft kan då inte tränga in i flaskan vilket innebär att vattenytan kommer att hållas på konstant nivå.

Vattennivån avläses sedan i vattenflaskan efterhand som vattnet tränger ner i marken. Lämpliga tidsintervall mellan avläsningarna är 5-10 min. Är infiltrationskapaciteten stor måste man fylla på flaskan under pågående mätning. Påfyllningen bör göras så snabbt att vattnet i ringen inte hinner sjunka undan. Försöket pågår tills ett konstant värde på infiltrationskapaciteten erhållits, vanligen 3-5 timmar.

Dubbelringsinfiltrometer

Vid enkelringsinfiltrometerförsök får man en sidespridningseffekt, Fig 2.2, som ger för höga värden på infiltrationskapaciteten. För att minska den effekten kan man förse infiltrometern med en yttre ring. Denna ring slås ned lika djupt i marken som den inre ringen. Därefter fylls bägge ringarna med vatten till samma nivå. Vattnet från den yttre ringen skall hindra att vattnet från den inre ringen sprider sig i sidled. Man skall alltså kunna mäta ett i stort sett vertikalt vattenflöde under den inre ringen. En viss sidespridning uppstår dock om den yttre ringen inte är tillräckligt stor, Jonasson (1979).

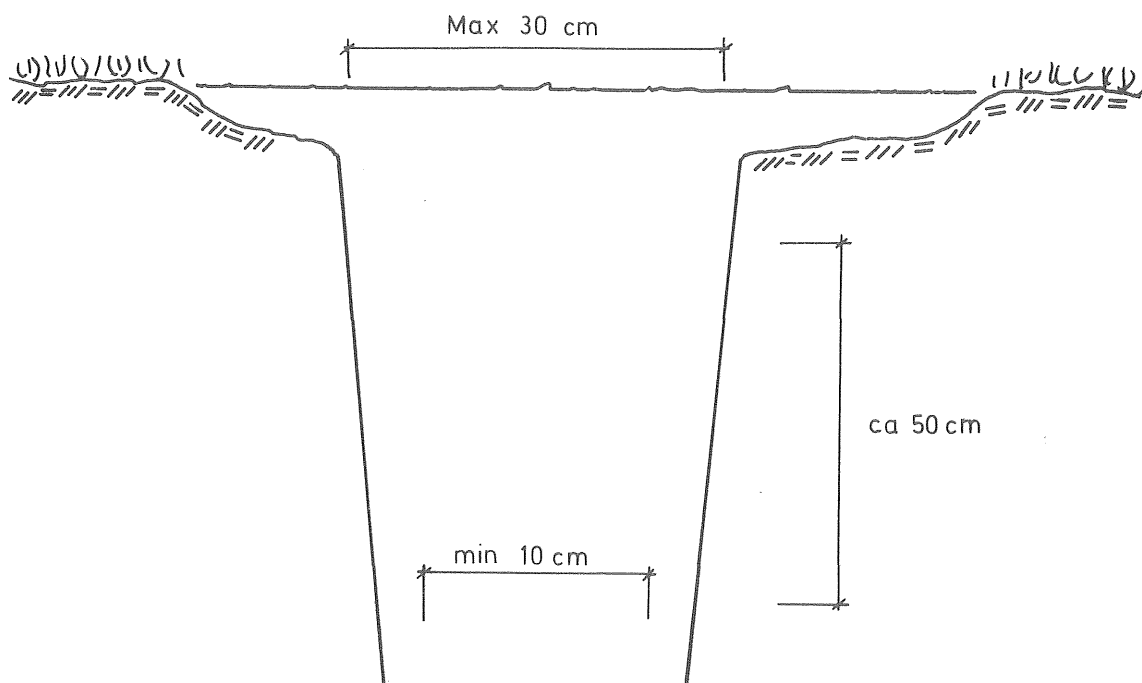
I övrigt går mätningen till på samma sätt som med enkelringsinfiltrometer.



Figur 2.2 Sidospridning vid enkel- respektive dubbelringsförsök.
Efter Ericsson (1978).

2.2 Provgropsmätningar

De flesta värden på permeabilitet som redovisas i sammanställningen är uppmätta i provgropar enligt Statens naturvårdsverks, SNV:s, normer. Dessa provgropar är tänkta att användas för att bedöma var eventuella perkolationsmagasin kan anläggas. Groparna utförs på så vis att man först avlägsnar det övre lösa jordlagret. Därefter grävs hålet. Storlek enligt Fig 2.3.



Figur 2.3 Provgrop. Efter SNV 1974:15.

Väggarna i gropen behöver inte vara horisontella men allt löst material skall avlägsnas. I grövre jordarter som sand eller grus kan väggarna behöva stegas med t ex hönsnät.

Innan mätningen börjar måste jordlagren runt gropen vattenmättas. Det görs genom att gropen hålls vattenfylld mellan 4 och 24 timmar beroende på jordart. Det lägre värdet gäller för jord med stor genomsläpplighet.

Mätningen av permeabiliteten går sedan till så att gropen fylls med vatten till ca 15 cm nivå. Därefter mätes avsänkningen efter 30 min. Har avsänkningen varit större än 10 cm mäter man i stället tiden för avsänkning just 10 cm.

Permeabiliteten räknas sedan ut med följande formel: (Beteckningar se figur 2.4)

$$K = \frac{r}{2(t_r - r_0)} \left(\ln(h(t_0) + \frac{r}{2}) - (\ln h(t_n) + \frac{r}{2}) \right)$$

t_i = tid

r = medelradie

$h(t)$ = vattendjup vid tiden t_i

K = permeabilitet

För härledning av formeln se t ex Olsson, Sääf (1978).

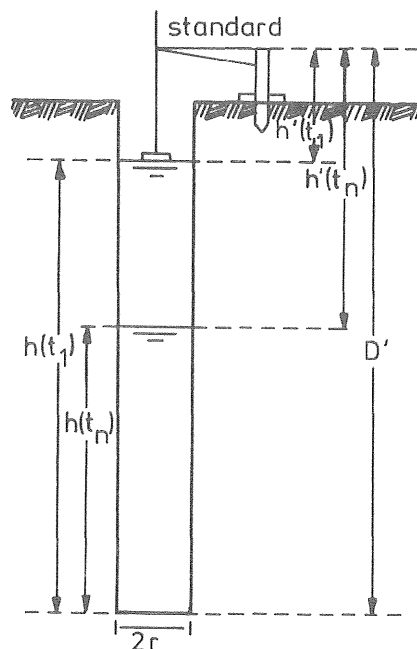
Ericsson (1978) redogör för ytterligare två provgropsmetoder som har använts vid vissa av de redovisade permeabilitetsmätningarna.

2.3 Auger Hole Method - Spadborrhål

"Auger Hole Method" är en metod som används för att bestämma permeabiliteten i markens mättade zon. Den kan också utföras i markens omättade zon och då kallas den "Inversed Auger Hole Method".

Den förra metoden går till så att från ett hål borrar till ett bestämt djup bortförs en viss mängd vatten och återhämtningen hos grundvattenytan mäts. I den senare metoden är det istället avsänkningen av en vattenyta som mäts, Fig 2.4.

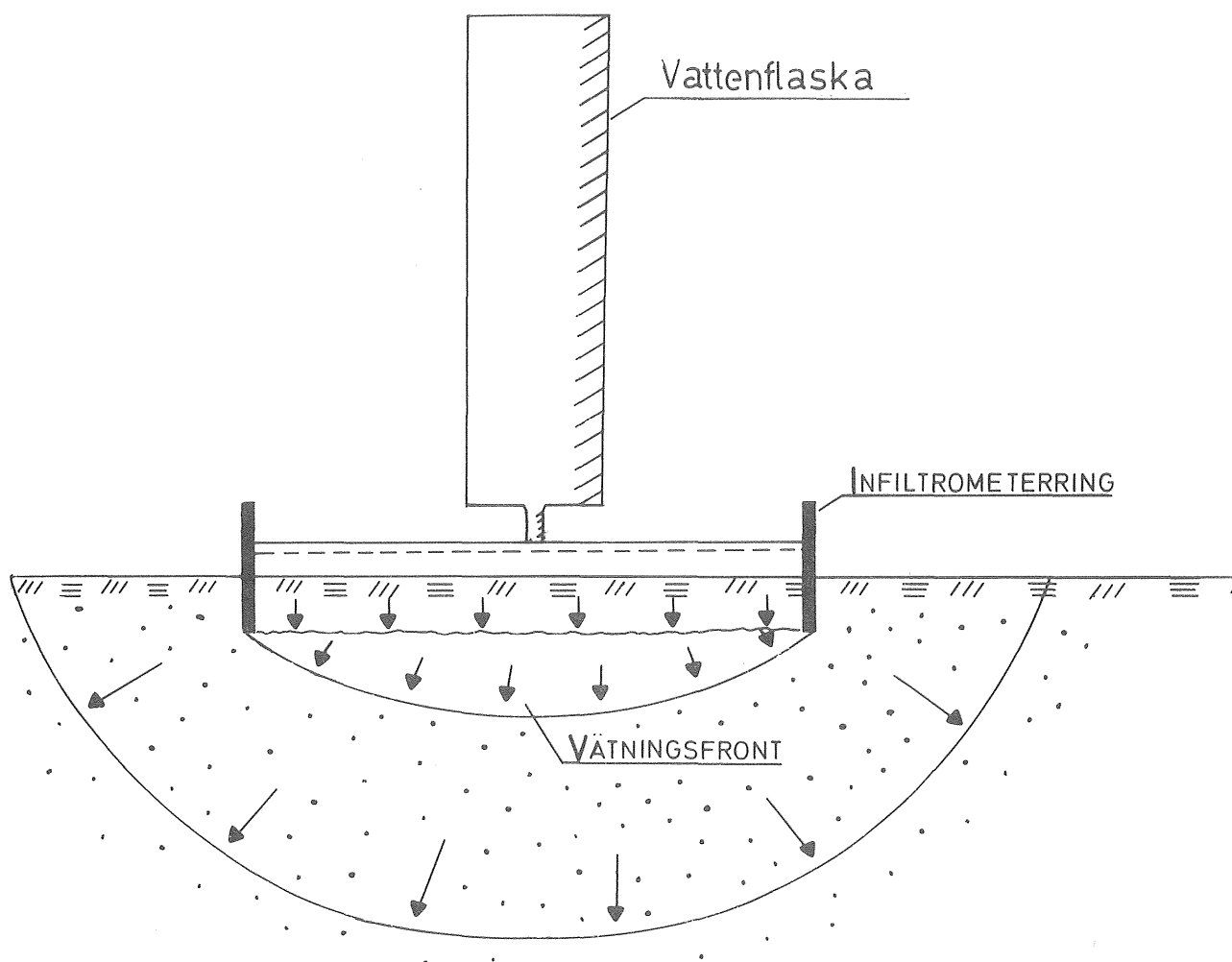
Med kännedom om geometriska förhållanden och tiden för återhämtning respektive avsänkning kan permeabiliteten bestämmas enligt ekvationen på sid 6.



Figur 2.4 Inversed auger hole. Efter Kessler & Oosterbaan (1974).

2.4 Korrektioner

Vid mätningar med infiltrometer vid geologiska institutionen CTH/GU, har man använt korrektionsfaktorer för att minska felet på grund av sidospridning. Sidospridningen börjar, när den infiltrerande vattenfronten passerat nedre kanten på den i marken nedslagna infiltrometerringen, Fig 2.5. Eftersom ringen är nedslagen 5-8 cm, måste vattnet tränga ner minst så djupt under infiltrationsförsökets gång, innan man behöver korrigera mätresultatet.



Figur 2.5 Vattenfrontens utbredning. Sidospridningen börjar när fronten passerat infiltrometerringens nederkant.

Det är svårt att bestämma den tid det tar för vattenfronten att nå ringens underkant. Många olika faktorer påverkar vattnets hastighet i marken, bl a permeabiliteten och jordartens effektiva porositet.

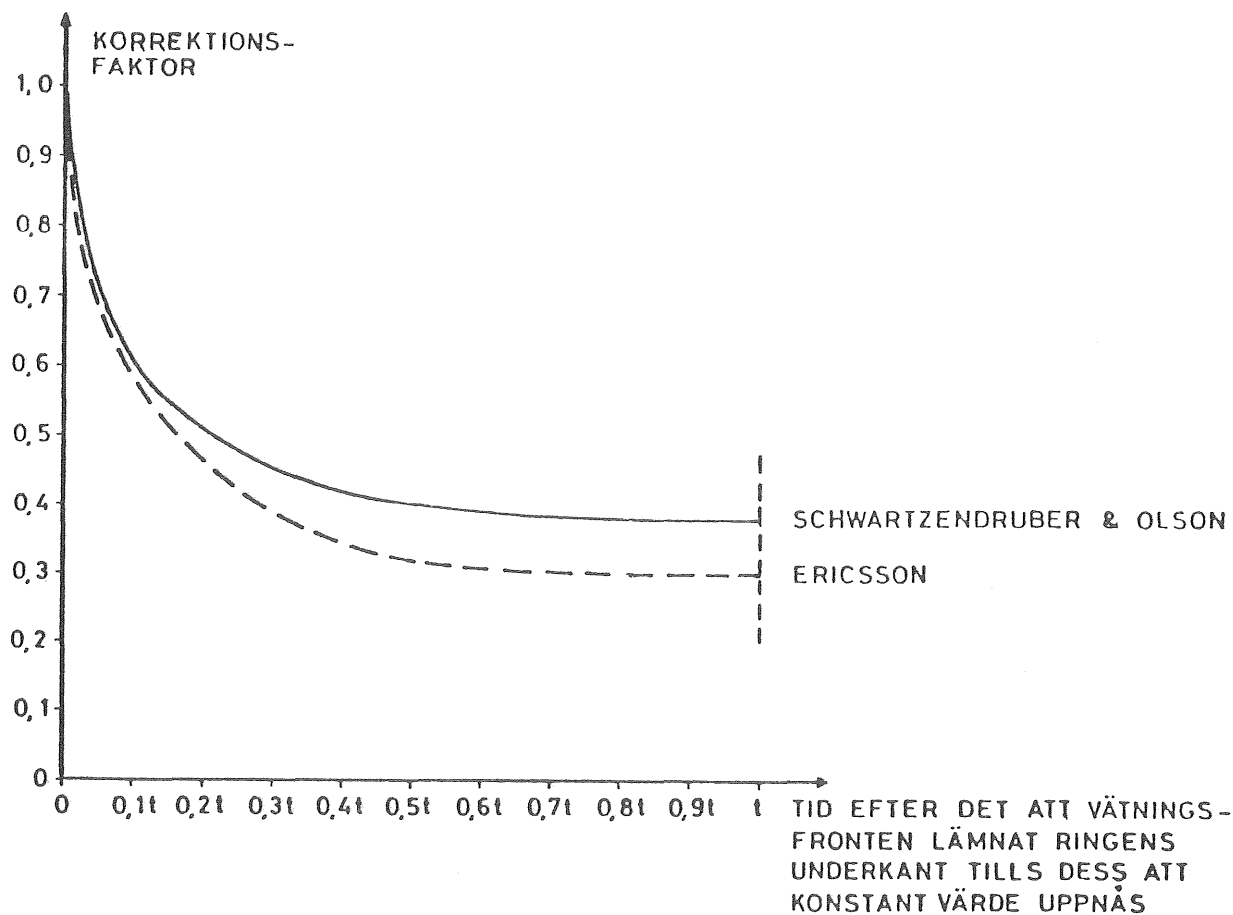
Ericsson (1978) redovisar en metod att genom vissa antaganden skapa en idealiserad situation för infiltrationsförsök genom vilken man kan beräkna den tid det tar för vattenfronten att nå ringens underkant. Ericsson bedömer att infiltrationsförsök med initiell infiltrationskapacitet mindre än 5 mm/tim inte behöver korrigeras. Ligger startvärdet mellan 5 och 30 mm/tim bör speciella undersökningar av markytan göras, varefter en bedömning görs om värdena bör korrigeras.

Vid denna sammanställning av infiltrationsvärdena har generellt alla mätningar med initieellt infiltrationsvärde större än 25 mm/tim korrigerats.

Storleken på korrektionsfaktorn fås genom att inverta kvoten mellan verklig infiltrationshastighet (v_0) vid enbart vertikal perkolation och uppmätt infiltrationshastighet (v_i). Denna kvot ökar med tiden mot ett asymptotiskt värde. Detta betyder att felet blir störst

för det slutliga, konstanta infiltrationsvärdet. Man korrigerar därför oftast slutvärdet.

Korrektionsfaktorns variation med tiden kan utläsas ur Fig 2.6.



Figur 2.6 Korrektionsfaktorns variation med tiden. Efter Ericsson (1978).

Förutom tiden har även infiltrometerringens diameter betydelse vid framräkning av korrektionsfaktorn, Ericsson (1978).

För en enkelringsinfiltrometer med radien 19.5 cm blir slutlig korrektionsfaktor 0.3.

Enligt Jonasson (1979) bör även dubbelringsinfiltrometermätningar korrigeras. Det är förhållandet mellan yttre- (r_n) och inner- (r_i) ringarnas storlek som avgör ytterringens buffertverkan. Det s k buffertindex

$$b = \frac{r_n - r_i}{r_n}$$

ger ett mått på buffertverkan.

Allmänt gäller att ju större r_n desto mindre b erfordras. De dubbelringsinfiltrometrar som oftast använts vid geologiska institutionen har $r_i = 19.5$ cm och $r_n = 29.5$ cm. Buffertindex b blir då 0.33, vilket medför en hastighetskvot, $v_i/v_o = 1.57$ och därmed korrektionsfaktorn $1/(v_i/v_o) = 0.57$ (enl Ericsson, Holmstrand (1978), figur 33).

3 SAMMANSTÄLLNING AV INFILTRATIONSMÄTNINGAR GJORDA VID GEOLOGISKA INSTITUTIONEN CTH/GU

3.1 Inledning

För att få en uppfattning om omfattningen av utförda fältmätningar rörande infiltrationskapacitet och permeabilitet, gjordes inledningsvis en litteraturgenomgång. Forskningsrapporter, examens- och C-kursarbeten, utgivna på geologiska institutionen CTH/GU, som redovisar sådana fältmätningar sammanfattades. Samtliga resultat från fältmätningarna sammanställdes för att senare bearbetas statistiskt.

Infiltrations- och permeabilitetsmätningarna var utförda i många olika geologiska miljöer. Mätmetoder och kompletterande uppgifter varierade från arbete till arbete. Detta gjorde att det ibland var svårt att jämföra resultaten.

Huvudsyftet med denna sammanställning har varit att samla resultaten från ringinfiltrationsförsök. Men även resultat från provgropsförsök och i vissa fall laboratorieundersökningar redovisas, för att det skall vara möjligt att jämföra olika parametrars inverkan på infiltrationsförmågan.

3.2 Sammanfattade undersökningar

Engdahl, M, 1975. Bestämning av infiltrationskapacitet i främst lerjordar inom Angered, Göteborg (CTH/GU, Geologiska institutionen). C-kursarbete, Publ B49. Göteborg.

Ericsson L O, Hård S, 1978. Infiltrationsundersökningar i stadsdelen Ryd, Linköping. (CTH, Geohydrologiska forskningsgruppen). Meddelande nr 32. Göteborg.

Holmstrand O, Wedel P, 1976. Markvattenundersökningar i ett urbant område. (CTH, Geohydrologiska forskningsgruppen). Meddelande nr 17. Göteborg.

Hård S, 1979. Bestämning av markytans infiltrationskapacitet vid Ronneby flygplats. (CTH/GU, Geologiska institutionen). Rapport Publ. B 135. Göteborg.

Jonasson S A, 1979. Dimensionering av perkolationsmagasin. (CTH/GU, Geologiska institutionen). Examensarbete, Publ B 138. Göteborg.

Kaufman H, Röine D, 1978. Bestämning av hydraulisk konduktivitet i markens omättade zon. (CTH/GU, Geologiska institutionen). Examensarbete, Publ B 122. Göteborg.

- Lind B B, 1977. Kvartära avlagringar och geohydrologiska förhållanden i Halmstad. (CTH/GU, Geologiska institutionen). C-kursarbete, Publ B 85. Göteborg.
- Lind B B, Nordin G, 1978. Geohydrologi och vegetation i Dalen 5, Karlskoga (CTH, Geohydrologiska forskningsgruppen). Meddelande nr 34. Göteborg.
- Lindblad A, Sandstedt L, 1980. Naturanpassad stadsplanering i Dalen 5, Karlskoga. Uppföljning under byggnadsskedets inledning. (CTH/GU, Geologiska institutionen). Examensarbete, Publ B 154. Göteborg.
- Nyberg T, 1980. Infiltration på grönytor. Differenser i infiltration orsakade av skillnader i packningsgrad av grönytor. (CTH/GU, Geologiska institutionen). C-kursarbete, Konzept. Göteborg.
- Olsson J-A, Sääf L-J, 1978. Bestämning av hydraulisk konduktivitet i markens omättade zon. (CTH/GU, Geologiska institutionen). Examensarbete, Publ B 116. Göteborg.
- Torrång O, 1979. Mätning av infiltrationskapacitet och permeabilitet - metodbeskrivning och jämförelse av mätresultat. (CTH/GU, Geologiska institutionen). C-kursarbete, Publ B 126. Göteborg.
- Wedel P, 1978. Grundvattenbildning, samspelet jordlager och berggrund. (CTH, Geohydrologiska forskningsgruppen). Meddelande nr 22. Göteborg.

3.2.1 Referens Engdahl, 1975

- Syfte** Geohydrologiska forskningsgruppen CTH har bedrivit ett forskningsprojekt kallat "Markvattenmagasinets betydelse för ytavrinning och grundvattenbildning inom ett urbant område". Vissa problem av apparatteknisk art uppstod under projektets gång. C-kursarbetet syftade till att prova apparatur i opåverkat område och skaffa kännedom om markvattenförhållandena. Speciellt undersöktes infiltrationkapaciteten för att skilja ut områden med olika möjligheter att släppa igenom vatten.
- Plats** Fältarbetet utfördes i Angered nordost om Göteborg. Området bestod av åker och ängsmark som skulle bebyggas med bostäder.
- Tid** Infiltrationsmätningarna utfördes under försommaren 1975.
- Geologi** Försöksområdet ligger i Lärjeåns dalgång som är starkt sönderbruten av skärande raviner. Berggrunden består av gnejser, gnejsgraniter och basiter.

Jordarten är närmast berggrunden friktionsmaterial, mo eller sand. Ovanpå friktionsmaterialiet ligger lera som på vissa ställen innehåller skikt av mo och mjäla. Det översta lerskiktet består av torrskorpelera som varierar mellan 0 och 2 m. Jorddjupet totalt varierar mellan 10 och 15 m. Vid höjdpartierna är jorddjupet ringa och friktionsmaterial, bl a svallsediment överväger. MG ligger på 96 m. Hela undersökningsområdet ligger under denna nivå.

Geohydrologi- Jordprover togs på varje infiltrationsplats. På dessa har man bestämt jordens vattenhalt och fältkapacitet. Inga nederbördsdata redovisas, men man konstaterar att all nederbörd kunde infiltrera under den aktuella mättiden som var försommaren.

Utförande- Infiltrationsmätningarna utfördes på 10 olika platser med dubbelringsinfiltrimetrar. Två bestämningar gjordes på varje plats, en på den vegetationsklädda markytan och en 30 cm ner i marken.

Resultat- I början av försöken var infiltrationen större på markytan än på 30 cm djup. Två platser visade dock lägre infiltration i ytan beroende på att den i ena fallet var hård, torr och saknade vegetation. I andra fallet var ytan fuktig p g a regn. Infiltrationskapaciteten blev på fälten, där jordarten var lera:

$$f_0 = 20 - 400 \text{ mm/h}$$

$$f_c \approx 50 \text{ mm/h}$$

Vid bergklackar där jordarten bestod av friktionsmaterial:

$$f_0 = 700 - 1200 \text{ mm/h}$$

$$f_c \approx 200 \text{ mm/h}$$

Samtliga resultat redovisas i tabell 3.1. Resultaten kommenteras av Engdahl och bl a vattenhaltens inverkan på infiltrationskapaciteten diskuteras.

Infiltrationskapacitetens ändring med tiden redovisas i kurvform.

	Storlek	Antal
Fältmät-Dubbelringsinfiltrimetrar	$r_i=12.5 \text{ cm}$	20
ningar	$r_n=20 \text{ cm}$	

Tabell 3.1. Resultat från infiltrationskapacitetsmätningar och analyser. Efter Engdahl, 1975.

Försöksplats a=M. Y. b=30 cm under M. Y.	Infiltrationskapa- citet 1 mm/tim Vid start	Infiltrationskapa- citet 1 mm/tim Efter 2 tim	Infiltrationskapa- citet 1 mm/tim Efter 4 tim	Infiltrationskapa- citet 1 mm/tim Efter 6 tim	Infiltrationskapa- citet 1 mm/tim Efter 8 tim
1a b	11 410	11 164	16 136	7 82	- -
2a b	17 7	1 11	0.5 14	- -	- -
3a b	765 325	325 190	190 150	100 -	- -
4a b	300 122	164 109	136 55	95 41	- -
5a b	765 290	220 -	165 -	165 -	165 -
6a b	245 5	33 3	22 2	16 -	- -
7a b	87 175	22 82	19 44	- -	- -
8a b	380 12	180 2	68 -	- -	- -
9a b	980 208	545 120	- -	- -	- -
10a b	200 95	550 33	- -	- -	- -

Försöksplats a=M. Y. b=30 cm under M. Y.	Densitet Naturfuktig g/cm ³	Densitet Torr g/cm ³	Vattenhalt Naturfuktig vol. %	Fältkapacitet vol. %	Humushalt vikt. %
1a b	1.76 1.63	1.13 1.27	49 40	49 48	10 2
2a b	1.80 1.81	1.38 1.38	42 42	43 42	10 32
3a b	1.12 1.26	0.51 0.76	48 46	59 57	29 22
4a b	1.43 1.67	1.01 1.32	42 35	52 45	24 7
5a b	1.26 1.31	1.15 1.15	22 15	49 34	12 21
6a b	1.33 1.82	1.20 1.59	7 22	35 39	36 5
7a b	1.79 1.68	1.51 1.44	29 16	42 31	5 15
8a b	1.60 1.46	1.30 1.20	30 17	43 32	10 19
9a b	1.06 1.26	0.59 0.82	48 43	60 58	21 12
10a b	0.80 1.31	0.33 0.89	46 42	66 52	24 13

3.2.2 Referens Ericson, Hård, 1978

- Syfte** Geohydrologiska forskningsgruppen, CTH bedrev mellan januari 1976 och februari 1978 forskning angående dagvatten i stadsdelen Ryd, Linköping. Meddelandet utgör en delrapport för projektet "Markvattenförhållanden i urbana områden". Huvudsyftena med arbetet var dels att utarbeta en metod för kartläggning av nederbördsinfiltration på grönytor i ett bebyggt område, dels att testa ringinfiltrometermetoden, och slutligen att undersöka de säsongsmässiga variationerna i infiltrationskapaciteten.
- Plats** Stadsdelen Ryd, där undersökningarna utfördes, ligger 3.5 km väster om Linköpings centrum. Området är exploaterat och bebyggt med bostäder. I norra och östra delarna finns naturlig skogs- och ängsmark kvar.
- Tid** Infiltrationsmätningar utfördes 760929-761001, torr period och 770503-770505, våt period. Samtidigt gjordes nederbördsmätningar. Grundvattenobservationer genomfördes 1974 och 1975.
- Geologi** Området kring stadsdelen Ryd har en jämn och lugn topografi. Två svagt utbildade dalgångar sträcker sig åt NNV resp NV från området. Österut ligger en 5-10 m hög bergs- och moränrygg, norrut påträffas mindre höjder och i väster ligger Malmslättsplatån som är en isälvsavlagring. Högsta kustlinje HK ligger i Linköpingstrakten på ca 135 m ö h vilket är betydligt över Rydområdets nivå, 65-80 m ö h.
- Inom de centrala delarna av Rydområdet finns både isälvsbildningar och morän. Större delen av området är dock täckt av finsediment, vanligen lera. På vissa ställen överlagras leran av silt.
- Inom de bebyggda delarna utgörs de övre jordlagren av fyllning som varierar i mäktighet mellan 0.2-0.6 m. Fyllnadsmassorna är av lokalt ursprung.
- Infiltrationsmätningarna gjordes på två olika områden, som bägge var gräsbeväxta. Det ena var en lerbassäng omgiven av morän och det andra bestod av isälvsmaterial med vissa inslag av lera. Fyllningens sammansättning och underliggande jordart uppskattades där så var nödvändigt.
- Geohydrologi** Grundvattenobservationer utfördes 1974 och 1975 NV om Ryd i 19 st observationsrör. Observationerna visade att grundvattennivån låg strax under markytan. En hydraulisk förbindelse tycktes finnas mellan olika isälvsavlagringar

via friktionsmaterial under leran.

Grundvattennivåvariationen var ca 0.5-1.0 m. Lägsta nivå nåddes i augusti och högsta nivåer i februari och april.

Ytliga grundvattenmagasin fanns i isälvs- och moränavlagringar och även i svallavlagringar och torrskorpelera.

Nederbörden mättes i samband med infiltrationsundersökningarna i området.

Jordprover för vattenhaltsbestämning togs slumpmässigt i markytan. Genom att koppla vattenhalterna till resultaten från infiltrationsmätningarna ville man försöka generalisera infiltrationskapaciteten. Samtliga jordprover, förutom några lerhaltiga prover, hade en vattenhalt som var mindre än fältkapaciteten.

Utförande Infiltrationsmätningarna gjordes med en ringinfiltrimeter med radien 19.5 cm. Infiltrimet-rarana utplacerades på områden som bedömdes ha likartad infiltrationsförmåga. Mätningarna gjordes på gräsytor och pågick tills konstant infiltrationsvärde erhållits. Mätningarna utfördes, som tidigare nämnts, dels under en våt period direkt efter snösmältningen på våren och dels under en torr period på hösten efter en torr sommar.

Resultat Infiltrationskapaciteten redovisas med hjälp av Hortonkurvor. Resultaten från de "torra" och "våta" mätningarna redovisas parvis för att underlätta en jämförelse. Med hjälp av markvattenmätningar, infiltrationsförsök och geologisk ytkartering har en ytgeneralisering av området gjorts. Följande resultat erhöles (se tabell 3.2 och 3.3).

Tabell 3.2. Ytgeneralisering utförd med hjälp av markvattenmätningar, infiltrationsförsök och geologisk ytkartering.
Efter Ericsson, Hård, 1978.

Jordart	Humushalt	f , m/s	f_z , m/s
		Torr period	Våt period
I a) Lerig fyllning 0.3-0.5 m på ostörd glaciallera	7-8%	$7+28 e^{-1.5t}$	$0.5+0.8 e^{-0.8t}$
b) Lerig fyllning 0.3-0.6 m på glaciallera	7-8%	$16+85 e^{-2.4t}$	$3.0+1.5 e^{-0.7t}$
c) Sandig fyllning på lera gränsande till morän	7-8%	$20+55 e^{-2.5t}$	$5+10 e^{-2.5t}$
d) Matjordsfyllning 0.3-0.8 m på glaciallera	8-12%	$40+200 e^{-1.4t}$	$7+2 e^{-1.0t}$
e) Lerig fyllning m friktionsmaterial gränsar till morän	7-12%	$18+20 e^{-1.15t}$	$7+4 e^{-2t}$
f) Lerig fyllning 0.15 m på glaciallera	8-11%	$7+60 e^{-1.1t}$	$0.5+1.5 e^{-0.3t}$
IIa) Matjord + fyllning 0.15-0.4 m på isälvs-material	2%	$10+50 e^{-3.9t}$	$5+20 e^{-3.9t}$
b) Fyllning, lerig el sandig 0.25-0.8 m på isälvs-material	2%	$10+35 e^{-3.5t}$	$0.5+10 e^{-0.1t}$
c) Matjordsfyllning, lerig 0.15-0.4 m på glaciala finsediment	2-3%	$5+15 e^{-2.5t}$	$3+2 e^{-0.3t}$

Tabell 3.3. Resultat från infiltrationskapacitetsmätningar. Efter Ericsson, Hård, 1978.

Område I	Benämning	f_o		f_c	
		mm/h	m/s	mm/h	m/s
Morän	L6	550	$1.5 \cdot 10^{-4}$	136	$3.4 \cdot 10^{-5}$
	8	400	$1.1 \cdot 10^{-4}$	190	$5.3 \cdot 10^{-5}$
	16	165	$4.6 \cdot 10^{-5}$	47	$1.3 \cdot 10^{-5}$
delyta a	L1	30	$8.3 \cdot 10^{-6}$	7	$1.9 \cdot 10^{-6}$
	1	1	$2.8 \cdot 10^{-7}$	0.2	$5.6 \cdot 10^{-8}$
	L3	38	$1.1 \cdot 10^{-5}$	10	$2.8 \cdot 10^{-6}$
	4	1	$2.8 \cdot 10^{-7}$	0.2	$5.6 \cdot 10^{-8}$
	L4	38	$1.1 \cdot 10^{-7}$	3	$8.3 \cdot 10^{-7}$
delyta b	5	2	$5.6 \cdot 10^{-7}$	1	$2.8 \cdot 10^{-7}$
	L2	110	$3.1 \cdot 10^{-5}$	17	$4.7 \cdot 10^{-6}$
	2	0.4	$1.0 \cdot 10^{-7}$	0.4	$1.1 \cdot 10^{-7}$
	L8	96	$2.7 \cdot 10^{-5}$	16	$4.4 \cdot 10^{-6}$
	3	5	$1.4 \cdot 10^{-6}$	4	$1.1 \cdot 10^{-5}$
	7	8	$2.2 \cdot 10^{-6}$	5	$1.4 \cdot 10^{-6}$
	L5	79	$2.2 \cdot 10^{-5}$	23	$6.4 \cdot 10^{-6}$
	6	13	$3.6 \cdot 10^{-6}$	4	$1.1 \cdot 10^{-6}$
	L15	270	$7.5 \cdot 10^{-5}$	39	$1.1 \cdot 10^{-5}$
	L16	400	$1.1 \cdot 10^{-4}$	44	$1.2 \cdot 10^{-5}$
delyta d	19	8	$2.2 \cdot 10^{-6}$	7	$1.9 \cdot 10^{-6}$
	L9	39	$1.1 \cdot 10^{-6}$	24	$6.7 \cdot 10^{-6}$
delyta e	11	9	$2.5 \cdot 10^{-6}$	4	$1.1 \cdot 10^{-6}$
	L14	65	$1.8 \cdot 10^{-5}$	13	$3.6 \cdot 10^{-6}$
	10	10	$2.8 \cdot 10^{-6}$	8	$2.2 \cdot 10^{-6}$
	12	5	$1.4 \cdot 10^{-6}$	5	$1.4 \cdot 10^{-6}$
	14	9	$2.5 \cdot 10^{-6}$	9	$2.5 \cdot 10^{-6}$
	17	6	$1.7 \cdot 10^{-6}$	5	$1.4 \cdot 10^{-6}$
	15	18	$4.2 \cdot 10^{-6}$	4	$1.1 \cdot 10^{-6}$
	L18	35	$9.7 \cdot 10^{-6}$	5	$1.4 \cdot 10^{-6}$
	13	3	$8.3 \cdot 10^{-7}$	1	$2.8 \cdot 10^{-7}$
	18	2	$5.6 \cdot 10^{-7}$	0.3	$8.3 \cdot 10^{-8}$
	L10	69	$1.9 \cdot 10^{-5}$	8	$2.2 \cdot 10^{-6}$
	9	1	$2.8 \cdot 10^{-7}$	0.2	$5.6 \cdot 10^{-8}$
delyta f	L13	60	$1.7 \cdot 10^{-5}$	6	$1.7 \cdot 10^{-6}$

Tabell 3.3 forts

Område II	Benämning	f_o		f_c	
		mm/h	m/s	mm/h	m/s
delyta a	L22	39	$1.1 \cdot 10^{-5}$	7	$1.9 \cdot 10^{-6}$
	20	28	$7.8 \cdot 10^{-6}$	8	$2.2 \cdot 10^{-6}$
	L24	105	$2.9 \cdot 10^{-5}$	13	$3.6 \cdot 10^{-6}$
	21	19	$5.3 \cdot 10^{-6}$	4	$1.1 \cdot 10^{-6}$
	22	39	$1.1 \cdot 10^{-5}$	10	$2.8 \cdot 10^{-6}$
delyta b	L19	33	$9.2 \cdot 10^{-6}$	10	$2.8 \cdot 10^{-6}$
	23	15	$4.2 \cdot 10^{-6}$	9	$2.5 \cdot 10^{-6}$
	L20	83	$2.3 \cdot 10^{-5}$	15	$4.2 \cdot 10^{-6}$
	24	10	$2.8 \cdot 10^{-6}$	7	$2.2 \cdot 10^{-6}$
delyta c	L21	14	$3.9 \cdot 10^{-6}$	2	$5.6 \cdot 10^{-7}$
	26	25	$6.9 \cdot 10^{-6}$	7	$2.2 \cdot 10^{-6}$
	L23	21	$5.8 \cdot 10^{-6}$	7	$2.2 \cdot 10^{-6}$
	25	4	$1.1 \cdot 10^{-6}$	2	$5.6 \cdot 10^{-7}$
övrigt	27	95	$2.6 \cdot 10^{-5}$	28	$7.8 \cdot 10^{-6}$

3.2.3 Referens Holmstrand, Wedel, 1976

Syfte Undersökningarna startade 1973 då geohydrologiska forskningsgruppen på Chalmers påbörjade ett projekt kallat "Dagvattenstudier i Göteborg". Syftet med denna del av forskningsgruppens arbete var att försöka lösa markvattenfrågor i samband med avrinning och infiltration i ett bebyggt område. Man ville samtidigt studera och prova olika mätutrustningar för bestämning av infiltrationskapacitet och markvattenhalt.

Plats Fältundersökningar gjordes i nordvästra delen av Göteborg, kring Komettorget i stadsdelen Bergsjön. Området är bebyggt med flerfamiljshus och därtill hörande serviceanläggningar.

Tid Mätningar med ringinfiltrometer utfördes under tiden juli-december 1974, och med ränninfiltrometer september-november 1974.

Geologi Försöksområdet ligger inom en landskapstyp som karakteriseras av sprickdalar med mellanliggande bergsplatåer. Stora nivåskillnader råder inom området. Berggrunden består i huvudsak av gnejser.

Jordartsregionen är "Västkustens berg- och lerområde". Hela området kan anses ligga under marina gränsen.

Området är i hög grad urbant påverkat, och omfattande schakt- och utfyllnadsarbeten har skapat de nuvarande jordlagerförhållandena.

Infiltrometerförsöken har utförts på gräsmattor där grästorven har avskalats. De ytliga jordlagren består av matjord med en mekanisk sammansättning motsvarande lerig mo. Matjorden är ganska väl packad. De djupare liggande jordlagren består av fyllnadsmassor som innehåller sprängsten, byggavfall och annat grovt material med en struktur som kan förväntas ge stor vattengenomsläpplighet.

Geohydrologi Markvattenmagasinets variationer har kartlagts genom vattenhaltsbestämningar i sju mätrör under perioden 19740401 till 19750331. Man konstaterade att markvattenhalten varierar mest från markytan och ned till ca 1.0 m djup. Längre ner är vattenhalten ganska konstant. Också genom labförsök har man bestämt vattenhalten och fältkapaciteten. Nederbördsdata för perioden redovisas.

Utförande Infiltrometermätningarna utfördes på "mjuka" ytor, främst gräsmattor. De flesta mätningarna gjordes med dubbelringsinfiltrometer, men några gjordes också med en för projektet specialkonstruerad ränninfiltrometer.

Vid mätningar med ringinfiltrometer användes två infiltrometrar som placerades ca 1 m ifrån varandra. Försöken pågick i 3-4 timmar, vilket inte helt säkert gav slutlig infiltrationskapacitet. Syftet var dock att undersöka infiltrationen vid häftiga regn och för detta syfte räcker ett par timmars mätning.

Ränninfiltrometern användes på lutande mark. Mätningarna pågick någon timme. Infiltrationskapacitetens ändring med tiden kontrollerades inte, utan endast ett konstant värde uppmättes.

Resultat Infiltrationskapaciteten i Bergsjöområdet be-
fanns inte ändra sig något nämnvärt med tiden. Förklaring till detta kan vara att mätningarna utfördes på hösten och marken då var ganska fuktig. En annan förklaring kan vara att marken är anlagd och består av lerig mo på fyllnadsmassor. Ytlagren kan ha packats ganska mycket vid anläggandet och då fått en lägre vattengenomsläpplighet än de underliggande fyllnadsmassorna.

Värdena på infiltrationskapaciteten varierar mellan 0 och flera hundra mm per timme. Ingen korrelation mellan infiltrationskapaciteten och provtagningsdata (vattenhalt, humushalt mm) har påvisats. Möjligen finns en tendens till minskande infiltration vid ökande vat-

tenhalt i jorden vid försökets start. Lägst infiltrationskapacitet uppmättes på lera. Infiltrationsförmågan verkar till största delen bero av jordens mikroskopiska och makroskopiska struktur. Detta betyder att det bl a är porer, kornform, sprickor och maskhål som styr infiltrationen. För varje försök har en kurva för ackumulerad vattenförbrukning uppritats. Man har sedan försökt att med hjälp av infiltrationsmätningarna få fram områden med en bestämd infiltrationskapacitet. Detta var dock svårt eftersom få mätningar var gjorda och marken var inhomogen. Samtliga resultat redovisas i tabell 3.4.

Fältmätningar	storlek	antal
Dubbelringsinfiltrometer	$r_i=12,5$ cm	34
Ränninfiltrometer	$r_n=20$ cm	4

Tabell 3.4. Resultat från infiltrationskapacitetsmätningar och analyser. Efter Holmstrand, Wedel, 1976.

Prov Nr	Infiltrations- kapacitet. mm/tim	Ojämn- kornighet. d_{60}/d_{10}	Humus- halt. vikt %	Torr- densitet. g/cm^3	Naturlig vattenhalt. vol. %	Vattenhalt vid fältkap. vol. %
1	796					
2	39	31	9,36	1,11	35	42
3	217					
4	499	27	11,31	1,06	13	39
5	21					
6	29	42	3,40	1,46	2	27
7	617					
8	209	10	6,37	1,29	12	33
9	16					
10	22	22	9,95	1,04	37	44
11	20					
12	253	-	6,51	1,36	32	24
13	0					
14	1	-	5,72	1,58	30	28
15	73					
16	127	-	10,41	0,94	34	40
17	123					
18	49	-	10,10	0,99	36	43
19	653					
20	245	67	6,07	1,20	23	36
21	39					
22	16	-	7,29	1,24	30	37
23	11					
24	4	11	10,67	1,04	36	44
25	39					
26	23	-	7,78	1,18	35	36
27	17					
28	259	38	7,66	1,11	29	43
29	149					
30	199	-	7,13	1,26	27	37
31	127					
32	5	72	9,10	1,16	30	42
33	55					
34	19	-	-	1,45	27	31

3.2.4 Referens Hård, 1979

Syfte och omfattning Uppställningsplattan vid Ronneby flygplats har anlagts med ett klen dimensionerat dagvattensystem. Det dagvatten som inte kan avledas i ledningarna får infiltrera i grässlänter utanför plattan. Geohydrologiska forskningsgruppen vid CTH fick i uppdrag att följa upp infiltrationsanläggningens funktion och utarbetade ett program för att bestämma markytans infiltrationskapacitet. Rapporten redovisar utförda fält- och analysarbeten.

Plats tid Fältundersökningarna utfördes runt uppställningsplattan vid Ronneby flygplats under tiden 19781026 till 19781029.

Geologi Ronneby flygplats ligger inom Bredåkradeltats distala del, på nivå 55-56 m över havet. Deltat har bildats i anslutning till högsta kustlinjen invid Ronnebyåns sprickdalgång. Deltats utsträckning är 9-10 km i nord-sydlig riktning och 3-4 km i öst-västlig riktning. Området utjämnades vid anläggandet av flygplatsen.

Materialet i deltat är i huvudsak sand med mindre inslag av mo och grus.

Geohydrologi Inga uppgifter.

Utförande Runt flygplatsens uppställningsplatta utfördes 18 infiltrationsförsök med enkelringsinfiltrationsmeter och ett försök med dubbelringsinfiltrationsmeter. Mätningarna gjordes på markyta som saknade vegetation. Två mätningar gjordes också i spadborrhål, typ Auger hole, vars väggar stöttades med hönsnät. Hålen fylldes med vatten för att jorden skulle vattenmättas innan mätningen började.

En tredje metod, provgroppsmetoden, användes för att bestämma markens permeabilitet. Tre provgropar grävdes och även jorden runt dem vattenmättades innan mätningarna påbörjades.

Resultat Den genomsnittliga infiltrationskapaciteten från ringinfiltrationsförsöken blev $6.9 \text{ mm/h} = 1.9 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$. Till skillnad från vad som är normalt vid ringinfiltrationsförsök erhöles i flera fall en ökad infiltrationskapacitet med tiden. Detta berodde antagligen på att finmaterial i ytan transporterades bort under försökets gång och möjliggjorde större infiltration. Vegetation som kunde binda jordmaterialet saknades. De infiltrationsvärden som redovisas är medelvärden över två timmar, se tabell 3.5. Infiltrationskurvor redovisas. Spadborrhål- och provgroppsmätning gav en per-

meabilitet på 90-720 mm/h= $2.5 \cdot 10^{-5}$ - $2 \cdot 10^{-4}$ m/s, se tabell 3.6. De höga värdena kan förklaras med att andelen grovt material ökade med djupet i området. De ytliga lagren var hårt packade efter anläggningsarbete. Infiltrationskapaciteten förväntas öka i ytan när vegetation etableras.

Fältmätningar

	Storlek	Antal
Enkelringsinfiltrometer	r=19.5 cm	18
Dubbelringsinfiltrometer		1
Auger hole	r=5.5 cm, djup 1.15 m	2
Provgrop	ca 0.3·0.3·0.5 m ³	3

Tabell 3.5. Resultat från infiltrationskapacitetsmätningar. Efter Hård, 1979.

Infiltrationskapacitet vid ringinfiltrometerförsök. M12 avser dubbelringsmätning, övriga enkelringsmätning. De uppmätta fältvärdena är korrigerade med 0,3 förutom M12.

Försöksplats	Infiltrationskapacitet	
	(mm/tim)	(m/s)
M1	2,4	$6,67 \cdot 10^{-7}$
M2	54,9	$1,53 \cdot 10^{-5}$
M3	12,9	$3,58 \cdot 10^{-6}$
M4	2,7	$7,50 \cdot 10^{-7}$
M5	0,9	$2,50 \cdot 10^{-7}$
M6	4,2	$1,17 \cdot 10^{-6}$
M7	0,6	$1,67 \cdot 10^{-7}$
M8	0,6	$1,67 \cdot 10^{-7}$
M9	0,9	$2,50 \cdot 10^{-7}$
M10	0,6	$1,67 \cdot 10^{-7}$
M11	1,2	$3,33 \cdot 10^{-7}$
M12	28,0	$7,78 \cdot 10^{-6}$
M13	0,6	$1,67 \cdot 10^{-7}$
M14	0,3	$8,33 \cdot 10^{-8}$
M15	4,2	$1,17 \cdot 10^{-6}$
M16	0,3	$8,33 \cdot 10^{-8}$
M17	12,0	$3,33 \cdot 10^{-6}$
M18	2,1	$5,83 \cdot 10^{-7}$
M19	1,2	$3,33 \cdot 10^{-7}$
Medelvärde	6,87	$1,91 \cdot 10^{-6}$

Tabell 3.6. Resultat från spadborrhåls- och provgropsförsök. Efter Hård, 1979.

Infiltration i spadborrhål (Auger Hole)

Utförande

Så kallat Auger hole-försök har utförts i två spadborrhål $\emptyset$ 110, djup 1.15 m.

Resultat

Infiltrationskapacitet:

	mm/tim	m/s
A1	720	$2 \cdot 10^{-4}$
A2	720	$2 \cdot 10^{-4}$

Infiltration i provgropar

Utförande

Tre infiltrationsförsök utfördes i provgropar enligt SNV-publ 1974:15. Groparnas dimension var (m):

	Bottenarea	Area i markyta	Djup
P1	0.2·0.2	0.4·0.4	0.51
P2	0.2·0.2	0.33·0.33	0.47
P3	0.25·0.25	0.4·0.4	0.48

Provgroparna hölls vattenfyllda två timmar innan försöket påbörjades.

Resultat

Permeabilitet:

	mm/tim	m/s
P1	90	$2.50 \cdot 10^{-5}$
P2	113	$3.15 \cdot 10^{-5}$
P3	157	$4.35 \cdot 10^{-5}$

Provtagning i fält

3.2.5 Referens Jonasson, 1979

- Syfte** Geohydrologiska forskningsgruppen vid CTH bedrev åren 1976-1979 ett forskningsprojekt kallat "Lokalt omhändertagande av dagvatten". Detta examensarbete har bedrivits inom ramen för nämnda projekt. Syftet har varit att teoretiskt och i fält studera och jämföra olika metoder för att bestämma permeabiliteten i markens omättade zon.
- Plats** Fältundersökningar gjordes i ett övergivet husbehovssandtag beläget ca 20 km öster om centrala Göteborg. Sandtaget ligger vid norra dalsidan av Mölndalsåns dalgång, på Å-Ryafältet, strax söder om Stora Härsjön.
- Tid** Försöken i fält genomfördes 19781018 till 19781115.
- Geologi** Mölndalsåns dalgång är en markerad sprickdal. Mölndalsån ligger på nivån 70 m över havet medan de omgivande bergen når upp till 120-150 m över havet. Isälvsavlagringar och svämsediment är rikligt förekommande i dalgången.
- Å-Ryafältet utgörs av ett plan på nivån 86 m över havet. Marina gränsen ligger på 97 m över havet.
- Schaktbotten i sandtaget där undersökningarna gjordes ligger ca 3.5 m under ursprunglig markyta. Materialet mellan schaktbotten och grundvattenyta är i huvudsak sand med vissa inslag av (grov) moiga skikt. Under friktionsmaterialen finns lera med en mäktighet på upp till 8 m.
- Geohydrologi** Två grundvattenmagasin finns i området. Ett öppet ovanpå leran och ett slutet under leran. Det övre magasinet strömmar i sydvästlig riktning. I sandtaget ligger grundvattenytan ca 2 m under schaktbotten vilket motsvarar ca 5.5 m under ursprunglig markyta. Observationsrör var nedsatta för att kontrollera grundvattnets nivå och strömning.
- Utförande och resultat** Infiltrometerförsöken utfördes med både enkel och dubbelringsinfiltrometrar på tre olika platser på botten av sandtaget. De slutliga konstanta värdena på infiltrationskapaciteten varierade mellan $1.6 \cdot 10^{-4}$ och $4.8 \cdot 10^{-4}$.
- Två spadborrhål utfördes också. Hålen var uppstaga med en stödkorg. Permeabiliteten mättes genom att registrera vattnets avsänkning efter uppfyllnad av hålen.

Resultatet blev $K = 2.6 \cdot 10^{-4}$ m/s på nivån
70-100 cm under markytan och $K = 5.0 \cdot 10^{-4}$ m/s
0-70 cm under markytan, tabell 3.7.

Flera andra typer av fältförsök utfördes av
Jonasson bl a magasinsförsök.

Fältmätningar	Storlek	Antal
Enkelringsinfiltrometer	$r=19.5$ cm	3
Dubbelringsinfiltrometer	$r_i=19.5$, $r_n=29.5$	2
Auger hole	ϕ 16 cm	2

Tabell 3.7. Resultat från infiltrationskapacitetsmätningar och
spadborrhål. Efter Jonasson, 1979.

Infiltrometerförsök I (781027)

Enkelringsinfiltrometer: $K_{okorrigerat} = 5.1 \cdot 10^{-4}$ m/s

Med korrektion för sidospridning ($=x$ 0.3)
enligt Ericson (1978) ger detta:

Enkelringsinfiltrometer: $K_{okorrigerat} = 1.6 \cdot 10^{-4}$ m/s

Infiltrometerförsök II (781104)

Enkelringsinfiltrometer: $K_{okorrigerat} = 1.1 \cdot 10^{-4}$ m/s
 $K_{korrigerat} = 0.33 \cdot 10^{-4}$ m/s

Dubbelringsinfiltrometer: $K_{okorrigerat} = 0.56 \cdot 10^{-4}$ m/s
 $K_{korrigerat} = 0.32 \cdot 10^{-4}$ m/s

Infiltrometerförsök III (781115)

Enkelringsinfiltrometer: $K_{okorrigerat} = 1.46 \cdot 10^{-4}$ m/s
 $K_{korrigerat} = 0.44 \cdot 10^{-4}$ m/s

Dubbelringsinfiltrometer: $K_{okorrigerat} = 0.84 \cdot 10^{-4}$ m/s
 $K_{korrigerat} = 0.48 \cdot 10^{-4}$ m/s

	Avstånd från schaktbotten	Avstånd från schaktbotten
Spadborrhål	0.4 - 0.7 m	0.7 m
	$5.0 \cdot 10^{-4}$ m/s	$2.6 \cdot 10^{-4}$ m/s

3.2.6 Referens Kaufmann, Röine, 1978

- Syfte** Geohydrologiska forskningsgruppen vid CTH har bedrivit ett forskningsprojekt kallat "Markvattenförhållanden i urbana områden". Examensarbetet har initierats av projektet. Syftet med examensarbetet har varit att studera och jämföra olika enkla metoder för bestämning av den hydrauliska konduktiviteten i markens vattenomättade zon.
- Plats** Fältundersökningar utfördes i Härskogens fri-luftsområde som ligger några mil nordost om Göteborg.
- Tid** Sommaren 1978.
- Geologi** Härskogen tillhör sydsvenska höglandets nordvästra randzon. Området är kraftigt kuperat, med höjder från 50 m till 250 m över havet. Marina gränsen ligger på 100 m över havet. Berggrunden utgörs av skiffriga röda och grå gnejser.
- Den inom området dominerande jordarten är morän. Mäktigheten och formerna varierar. Isälvsavlagringar förekommer sporadiskt ovanför M G. Glacialleran påträffas i ett fåtal stråk genom området.
- Två olika områden har undersökts. Det första är en del av en glacifluvial bildning mellan två sjöar. Bildningen är åsformad och har ängsliknande vegetation. Ett 20-25 cm humusskikt underlagras av sorterat material, finsand till grovsand.
- Det andra området ligger på "Sövhultsdrumlinen". Den består av blockrik morän. Undersökningarna utfördes på en åker där blocken avlägsnats. Jordlagerföljden var här: ett ytskikt av nedbrytningsrester efter hö, under detta 25-30 cm humus som övergick i ett blandskikt av humus och morän. Under blandskiktet fanns moig sandig - sandig morän.
- Geohydrologi** Uppgifter om naturlig vattenhalt vid provplatserna redovisas.
- Utförande** Fältundersökningarna har utförts på två olika områden. Fem mätplatser utvaldes på varje område. Dessa låg med ca 10 m avstånd och var placerade som ett kors.
- Infiltrometerförsöken utfördes med enkelringsinfiltrometer med $r = 19.5$ cm. Infiltrometern placerades först i markytan på varje mätplats, och sedan 30 cm ner i marken. Mätningarna pågick 2 timmar på markytan och 3-5 timmar nere i marken.

som avslutande mätning på varje plats mättes hydrauliska konduktiviteten med hjälp av en provgrop. Jorden runt gropen vattenmättades 2-3 timmar innan försöket började.

Resultat Infiltrationskapaciteten i markytan varierade mellan $6.3 \cdot 10^{-6}$ och $1.7 \cdot 10^{-5}$ m/s. På 30 cm djup varierade kapaciteten mellan $4.2 \cdot 10^{-7}$ och $3.8 \cdot 10^{-5}$ m/s. Mätresultaten datorbearbetades och infiltrationskurvor räknades fram. Den hydrauliska konduktiviteten från provgropsförsöken varierade mellan $2.8 \cdot 10^{-7}$ och $1.1 \cdot 10^{-4}$ m/s, tabell 3.8.

Fältmätningar	Storlek	Antal
Enkelringsinfiltrometer	r=19.5 cm	20
Provgrop	D=20 cm, H=50 cm	10

PROV- PLATS	PERMEABILITET (m/s)			FORMEL Påse	LÄGSTA PERM. NORM.PERMEAM.	CYLINDER PROVER			PASPROV d ₁₀ Cu (mm)		
	INFILTRO* METER	RÖR PERM- EAMETER	PROVGROP			HAZENS Cyl	NATURLIG VATTENHALT (%)	POROSITET (1 - $\frac{1d}{1s}$)		d ₁₀ (mm)	Cu d ₆₀ / d ₁₀
M1	1,08·10 ⁻⁵	1,70·10 ⁻⁵	1,14·10 ⁻⁴	2,90· 10 ⁻⁵	4,64· 10 ⁻⁴	3·10 ⁻⁶	4,3	0,42	0,05	9,0	0,20 4,25
M2	0,92·10 ⁻⁵	0,65·10 ⁻⁵	9,04·10 ⁻⁵	4,64· 10 ⁻⁴	3,35· 10 ⁻⁴	2·10 ⁻⁶	2,3	0,39	0,20	5,8	0,17 2,25
M3	0,61·10 ⁻⁵	5,84·10 ⁻⁶	5,94·10 ⁻⁵	-	1,19· 10 ⁻⁵	2·10 ⁻⁶	16,7	0,49	-	-	0,032 4,33
M4	3,83·10 ⁻⁵	5,34·10 ⁻⁶	4,31·10 ⁻⁵	3,35· 10 ⁻⁴	2,90· 10 ⁻⁵	6·10 ⁻⁶	4,6	0,43	0,17	2,47	0,05 4,0
M5	1,32·10 ⁻⁵	6,92·10 ⁻⁶	5,15·10 ⁻⁵	3,76· 10 ⁻⁴	2,44· 10 ⁻⁴	-	3,4	0,42	0,18	3,3	0,15 2,57
M6	1,25·10 ⁻⁶	6,52·10 ⁻⁶	7,02·10 ⁻⁷	3,16· 10 ⁻⁶	3,35· 10 ⁻⁶	3·10 ⁻⁸	27,6	0,47	0,017	14,3	0,017 20
M7	1,67·10 ⁻⁶	3,62·10 ⁻⁶	3,59·10 ⁻⁷	2,97· 10 ⁻⁶	1,96· 10 ⁻⁶	1·10 ⁻⁸	26,3	0,53	0,016	20	0,013 25
M8	1,67·10 ⁻⁶	4,45·10 ⁻⁷	2,79·10 ⁻⁷	5,12· 10 ⁻⁶	9,40· 10 ⁻⁷	1·10 ⁻⁸	28,6	0,62	0,021	16,7	0,009 33
M9	6,26·10 ⁻⁷	9,40·10 ⁻⁷	1,19·10 ^{-6*}	1,16· 10 ⁻⁶	2,44· 10 ⁻⁶	2·10 ⁻⁸	25,8	0,54	0,010	33,3	0,015 25
M10	4,17·10 ⁻⁷	4,15·10 ⁻⁷	7,02·10 ⁻⁷	3,16· 10 ⁻⁶	1,40· 10 ⁻⁶	2·10 ⁻⁸	23,7	0,52	0,017	11,1	0,011 16,7
MY1	6,26·10 ⁻⁶					VID NORM. PACKNING					
MY2	6,94·10 ⁻⁶										
MY3	1,18·10 ⁻⁵										
MY4	9,94·10 ⁻⁶										
MY5	1,28·10 ⁻⁵										
MY6	5,83·10 ⁻⁶										
MY7	1,44·10 ⁻⁵										
MY8	1,46·10 ⁻⁵										
MY9	1,70·10 ⁻⁵										
MY10	1,21·10 ⁻⁵										

* erhållna värden på permeabilitet har minskats till 30% då infiltrometern använts utan ytterrering.

** troliga störningar från närbeläget dike, se bifogad områdesskiss, fig 4.4.

- uppgift saknas

Tabell 3.8. Resultat från infiltrationskapacitets- och permeabilitetsmätningar samt analyser. Efter Kaufmann, Röine, 1978.

* erhållna värden på permeabilitet har minskats till 30% då infiltrometern använts utan ytterring.

** troliga störningar från närbeläget dike, se bifogad områdesskiss, fig 4.4.

- uppgift saknas

Tabell 3.8. Resultat från infiltrationskapacitets- och permeabilitetsmätningar samt analyser. Efter Kaufmann, Röine, 1978.

3.2.7 Referens Lind, 1977

- Syfte** Syftet med arbetet har varit att utreda de hydrogeologiska förhållandena vid Geohydrologiska forskningsgruppens försöksanläggning i Halmstad och att i stora drag redovisa jordartsgeologin och grundvattenförhållanden i angränsande delar av Halmstad.
- Plats** Infiltrationsundersökningarna gjordes i en park mellan Falkens väg och Falkenbergsgatan i Halmstads centrala delar.
- Tid** Mätningarna gjordes 19760609.
- Geologi** Halmstad ligger inom jordartsregionen "Sydsveriges moränområde", närmare bestämt på Hallandskustens sandslätt. Kring Halmstad är slätten 7 km bred och täckt med lera och sand. Hela slätten är uppodlad. Jordlagerföljens mäktighet varierar från någon dm till över 100 m. Berggrunden tillhör sydvästra Sveriges gnejsområde.
- Parken där ett perkolationsmagasin är anlagt ligger på nivån 7 m över havet. Den ursprungliga marknivån är 1.5 m lägre. Tidigare var området uppdelat i kolonilotter. En markprofil strax intill den plats där två infiltrationsförsök gjordes ser ut som följer: överst 3 cm mo med inslag av grus och rötter, därunder 2 dm grovmo - sand som i sin tur vilar på 2.5 dm sand med lerklumpar, därunder ren sand. Underst finns ett torvlager som övergår i sand med rötter och tegelfragment.
- Geohydrologi** Grundvattnets läge och strömning bestämdes i området genom observationer i observationsrör och brunnar. Grundvattennivåkarta redovisas. Jämförelse med vattennivåer i brunnar och nederbördsdata gjordes under åren 1973-75 samtidigt som vattenståndet i Nissan jämfördes med vattennivån i en brunn.
- Grundvattenförhållandena i Halmstad är mycket komplicerade och författaren redovisar olika grundvattenmagasin och lagerföljder som styr grundvattenbildningen. Jordens vattenhalt och fältkapacitet redovisas på infiltrationsplatserna.
- Utförande** Infiltrationsmätningarna i parken gjordes med dubbelringsinfiltrometer på två närbelägna platser intill perkolationsmagasinet. Jämvikt inställde sig efter ca 2 timmar varvid försöken avbröts.

Resultat På en av platserna uppvisade infiltrationen ett normalt förlopp och sjönk under ca 2 tim från 660 mm/h till 420 mm/h.

På den andra platsen var infiltrationsförloppet annorlunda. Infiltrationen ökade först, för att efter ca en timma sjunka. Förklaringen kan vara att ytan var hård eftersom marken var uttorkad. När sedan ytan mjuknade blev marken till en början mer genomsläpplig. Slutvärdet för infiltrationskapaciteten blev 140 mm/h. Kurvor över infiltrationskapacitetens förändring med tiden redovisas.

Fältmätningar	Storlek	Antal
Dubbelringsinfiltrometer	$r_i=19.5$ cm	2
	$r_n=30$ cm	

3.2.8 Referens Lind, Nordin, 1978

Syfte I Karlskoga kommun började man 1977 planera för ett bostadsområde där man ville försöka anpassa bebyggelsen till områdets geohydrologiska och ekologiska förutsättningar. Kommunen tog därför kontakt med SIB, Statens institut för byggnadsforskning, i Lund och Geohydrologiska forskningsgruppen i Göteborg, för att få hjälp med utformning av stadsplanen. Rapporten redovisar vegetationsinventering och geohydrologiska undersökningar som gjorts i det aktuella området. Syftet med de geohydrologiska undersökningarna var att klarlägga geologiska förhållanden, infiltration, grundvattenbildning och grundvattenströmning

Plats Området kallas Dalen 5 och ligger i nordöstra delen av Karlskoga kommun. Området täcktes av ung granskog och genomkorsades av en motions-slinga.

Tid De geohydrologiska fältundersökningarna utfördes 10-22 oktober 1977.

Geologi Dalen 5 ligger i ett berggrundsområde som huvudsakligen utgörs av mycket gamla graniter. Jordarterna i området hänförs till regionen "inlandets morän- och myrområde".

HK ligger i området ca 163 m över havet. Det undersökta området ligger på södra delen av en N-S-lig ryggformad bildning vars krön ligger på ca 145 m över havet. Hela området ligger alltså under HK. Glaciallera påträffas på vissa ställen och det är gott om svallat material.

Geohyd- Ytavrinning sker endast på lerområdena, och där
rologi finns diken som bidrar till avvattningen. På
morän och svallsediment infiltrerar allt regn-
vatten som faller på marken, och även på en del
plana lerytor infiltrerar regnvattnet. Två
grundvattenmagasin har utbildats i området:
ett i moränen (huvudmagasin) och ett i sand
och mo, ovanpå lera. Grundvattenobservationer
har gett underlag för en karta som visar grund-
vattnets strömningsriktning.

I huvudsak följer grundvattenytan markytans topo-
grafi och rör sig från högt liggande infiltrations-
områden till lägre liggande utströmningsområden
(framför allt i östra sluttningen).

Utfö- Fältnätningarna utfördes dels med dubbelrings-
rande infiltrometer och dels med provgropar. Ring-
infiltrometermätningarna gjorde på sju olika
platser. Innan mätningarna startades genomfuk-
tades markens ytlager genom att vatten hälldes
i ringarna. Infiltrometermätningarna pågick i
ca 1.5 tim tills jämvikt hade uppnåtts.

Resul- Infiltrationskapaciteten varierade mellan 5 och
tat 500 mm, tabell 3.9. Det lägre värdet gäller
för styv lera och det högre för sand. På motions-
slingan genom området var infiltrationsförmågan
lägre än på den omgivande marken. Där siltlager
fanns i markytan var vattengenomsläppligheten
stor och sådana områden hade till följd härav
en låg markfuktighet.

Fältnätningar	Storlek	Antal
Dubbelringsinfiltrometer	$r_i=19.5$ cm $r_n=29.5$ cm	7
Provgrop		2

Tabell 3.9. Resultat från infiltrationskapacitetsmätningar på olika jordarter. Efter Lind, Nordin, 1978.

Jordart	Infiltrationskapacitet mm/h
Morän	ca 50
Silt	ca 70
Grov lera	ca 20
Styv lera	ca 5
Grovmo	ca 100
Sand	ca 500

3.2.9 Referens Lindblad, Sandstedt, 1980

- Syfte** Geohydrologiska forskningsgruppen har varit engagerade i utbyggnaden av bostadsområdet Dalen 5 i Karlskoga. Bostadsområdet har planerats så att naturlig vegetation och vattenomsättning i möjligaste mån skall bevaras. Examensarbetet har syftat till att kontrollera förutsättningarna för dagvatteninfiltration, och att studera anläggningsarbetet med dagvattenmagasin.
- Plats och tid** Fältarbetet utfördes i Dalen 5, Karlskoga, tidvis under 1979. Provgropsmätningar gjordes i augusti månad.
- Geologi** Berggrunden i området består av granit. Den huvudsakliga jordarten är morän men även lera och svallat material finns. Jordarterna på de platser där provgropsbestämningar av permeabiliteten gjordes, var moig morän på platserna 1, 3, 4, 5 och lera på plats 2.
- Geohydrologi** I nord-sydlig riktning genom området går en sammanfallande yt- och grundvattendelare. Mot öster sluttar området ner mot Svartälven och där är markfuktigheten förhöjd p g a utströmmande grundvatten. Där lera finns är markfuktigheten förhöjd p g a låg permeabilitet i ytan.
- Utförande** Fem provgropar med de ungefärliga måtten $30 \cdot 30 \cdot 30 \text{ cm}^3$ grävdes på fem olika platser. Groparna fylldes med vatten flera gånger innan försöken startades för att vattenmätta jorden runt om. Avsänkningen i groparna mättes sedan tills groparna var tömda.
- Resultat** Den genomsnittliga permeabiliteten blev: $2 \cdot 10^{-6} \text{ m/s}$ för gropen i lera och mellan $9 \cdot 10^{-6}$ och $6 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$ för groparna i morän, tabell 3.10. Marken var på samtliga ställen mycket genomväxt av både fina och grova rötter.

Fältmätningar	Storlek	Antal
Provgrop	ca $30 \cdot 30 \cdot 30 \text{ cm}^3$	5

Tabell 3.10. Resultat från infiltrationskapacitetsmätningar.
Efter Lindblad, Sandstedt, 1980.

Prov nr	Jordart	Permeabilitet
1	Moig morän	$2 \cdot 10^{-5} \text{ m/s}$
2	Lera	$2 \cdot 10^{-6} \text{ "}$
3	Moig morän	$9 \cdot 10^{-6} \text{ "}$
4	"	$3 \cdot 10^{-5} \text{ "}$
5	"	$6 \cdot 10^{-5} \text{ "}$

3.2.10 Referens Nyberg, 1980

- Syfte** Syftet med detta C-kursarbete har varit att söka finna samband mellan markanvändning och infiltrationskapacitet. Speciellt har jordens packningsgrad undersökts på och i närheten av en gångstig. Packningsgraden har mätts med en s k penetrometer som visar markens motstånd vid nedtryckning av en platta med känd diameter.
- Tid och plats** Fältmätningarna gjordes i Slottskogen i Göteborg, närmare bestämt i "Azaleadalen". Mätningarna utfördes under tiden 19790612 - 19790614.
- Geologi** Området som undersöktes är en flack yta mellan två höjder med kalt berg. Mitt på ytan finns en låg kal bergsformation. I kontakten mellan berg och jord är vegetationen tät.
- Marken är gräsbeväxt (anlagd gräsmatta) och en stig går genom området. Jordarten är mullrik mo eller lerig mo.
- Geohydrologi** Inga speciella uppgifter redovisas, mer än att det regnade före första mätserien. Jordens vattenhalt har uppmätts på några av mätplatserna.
- Utförande** Mätningarna utfördes med enkelringsinfiltrometer och penetrometer på en stig och på olika avstånd ut från denna, vid två olika tidpunkter.
- Resultat** Packningsgraden avtog med avståndet från stigen och samtidigt påvisades en ökad infiltrationskapacitet. Inga samband mellan sorteringsgrad, humus- eller vattenhalt och markanvändning har påvisats. Infiltrationskapaciteten varierar mellan $5 \cdot 10^{-6}$ m/s och $2.3 \cdot 10^{-4}$ m/s, tabell 3.11.

Fältmätningar	Storlek	Antal
Enkelringsinfiltrometer	r = 19.5 cm	21

Tabell 3.11. Resultat från infiltrationskapacitetsmätningar, penetrometermätningar och humushaltsbestämningar. Efter Nyberg, 1981.

Mätning		Infiltrationskapacitet		Humushalt vikts-%	Penetro- meter kg/cm ²	Vattenhalt %
		m/s	mm/h			
I	1	$7.91 \cdot 10^{-6}$	28.5	6.86	0.186	-
	2	$7.63 \cdot 10^{-6}$	27.5	5.13	0.205	-
	3	$9.17 \cdot 10^{-6}$	33.0	6.42	0.213	-
	4	$9.44 \cdot 10^{-6}$	34.0	7.40	0.191	-
	5	$1.40 \cdot 10^{-5}$	50.4	5.86	0.194	-
	6	$2.40 \cdot 10^{-5}$	86.4	6.03	0.169	-
	7	$1.39 \cdot 10^{-5}$	50.0	6.15	0.284	-
	8	$2.27 \cdot 10^{-4}$	817.2	6.21	0.486	-
	9	$2.36 \cdot 10^{-5}$	85.0	7.05	0.269	-
	10	$4.17 \cdot 10^{-6}$	15.0	7.26	0.186	-
	11	$2.02 \cdot 10^{-5}$	72.7	5.72	0.263	-
	12	$1.08 \cdot 10^{-5}$	38.9	7.96	0.174	-
	13	$2.19 \cdot 10^{-5}$	75.2	6.96	0.290	-
	14	$5.00 \cdot 10^{-6}$	18.0	6.37	0.256	-
	15	$2.22 \cdot 10^{-5}$	79.9	6.82	0.231	-
II	1	$1.00 \cdot 10^{-5}$	36.0	6.15	0.812	16.4
	2	$1.60 \cdot 10^{-5}$	57.6	6.60	0.220	18.6
	3	$5.27 \cdot 10^{-6}$	19.0	7.59	0.203	18.2
	4	$2.11 \cdot 10^{-5}$	76.0	6.86	0.260	17.2
	5	$2.92 \cdot 10^{-5}$	105.1	7.62	0.357	18.2
	6	$1.19 \cdot 10^{-5}$	42.8	9.69	0.223	19.7

3.2.11 Referens Olsson, Sääf, 1978

Syfte Examensarbetet initierades av forskningsprojektet "Markvattenförhållanden i urbana områden" som bedrivits vid CTH. Syftet med arbetet har varit att studera och jämföra olika metoder för bestämning av den hydrauliska konduktiviteten i markens vattenomättade zon.

Plats Fältundersökningar utfördes på ett område, Nolered, som ligger vid Torslanda kyrka på Hisingen i västra Göteborg. Området är delvis bebyggt.

Tid Sommaren 1978.

Geologi Området omfattar två lerfyllda dalgångar, omgivna av bergsområden. Berggrunden består av gnejs. Jordartsregionen är "Västkustens berg-

och lerområde". Hela området ligger under marina gränsen. Leran i dalarna är 10-30 m mäktig, och därav är 0.5-1.5 m torrskorpelera. Inom vissa områden underlagras leran av friktionsmaterial och på vissa ställen påträffas svallmaterial ovanpå leran. I övrigt förekommer friktionsmaterial sparsamt, dock som morän på två platser. Fältförsök har gjorts på fyra platser och där är jordlagerföljden följande:

A Tallskog	Barr 2-3 cm Humus 5-10 cm Morän 5-10 m
B Påverkat av bebyggelse	Torrskorpelera Lera 10-20 m
C	Torrskorpelera Lera 10-20 m
D Äng	Matjord 15-20 cm Morän 5-10 m

Geohydrologi - Markens vattenhalt och fältkapacitet uppmättes.

Utförande : Vid infiltrationsmätningarna användes enkelringsinfiltromter, $r=19.5$ cm. 10 försök utfördes på markytan och 10 under markens humuslager, på mineraljorden. Mätningarna pågick i tre timmar eller tills flödet stabiliserades.

10 försök utfördes också med SNV:s provgrop.

Resultat. Infiltrationskapaciteten varierade mellan $3.7 \cdot 10^{-7}$ och $1.1 \cdot 10^{-4}$ m/s. De lägre värdena uppmättes på lermark och de högre på moränmark. Kurvor över infiltrationsförloppet redovisas. Provgropsmätningarna visade att permeabiliteten varierade på motsvarande sätt mellan $1.6 \cdot 10^{-8}$ och $1.0 \cdot 10^{-6}$ m/s, tabell 3.12.

Fältmätningar	Storlek	Antal
Enkelringsinfiltrometer	$r = 19.5$ cm	20
SNV:s provgrop	$A_{\text{botten}} = 10 \cdot 10$ cm $H \approx 50$ cm	10

SAMMANSTÄLLNING AV FÖRSÖKSRESULTATEN VID TORSLANDA, HISINGEN

K-värden m/s

FÄLTMETODER	A1	A2	A3	B1	B2	B3	B4	C1	C2	C3
RINGINFILTROMETER:										
På mark	$4,1 \cdot 10^{-5}$	$5,3 \cdot 10^{-5}$	$2,2 \cdot 10^{-5}$	$8,1 \cdot 10^{-6}$	$9,1 \cdot 10^{-6}$	$5,0 \cdot 10^{-6}$	$3,7 \cdot 10^{-5}$	$5,2 \cdot 10^{-5}$	$1,1 \cdot 10^{-4}$	$1,1 \cdot 10^{-4}$
Korrigerat	$1,2 \cdot 10^{-5}$	$1,6 \cdot 10^{-5}$	$6,6 \cdot 10^{-7}$	---	---	---	---	$1,6 \cdot 10^{-5}$	$3,4 \cdot 10^{-5}$	$3,4 \cdot 10^{-5}$
Under humustäcket	$1,0 \cdot 10^{-5}$	$3,1 \cdot 10^{-5}$	$4,3 \cdot 10^{-7}$	---	---	---	---	$4,4 \cdot 10^{-6}$	$1,3 \cdot 10^{-5}$	$1,5 \cdot 10^{-5}$
Korrigerat	$3,0 \cdot 10^{-6}$	$3,3 \cdot 10^{-6}$	$1,3 \cdot 10^{-7}$	---	---	---	---	$1,3 \cdot 10^{-6}$	$3,8 \cdot 10^{-6}$	$4,3 \cdot 10^{-6}$
SNV'S PROVGROP	$1,1 \cdot 10^{-6}$	$2,1 \cdot 10^{-6}$	$1,0 \cdot 10^{-6}$	---	---	$3,2 \cdot 10^{-8}$	$1,6 \cdot 10^{-8}$	$1,5 \cdot 10^{-7}$	$1,9 \cdot 10^{-7}$	$6,2 \cdot 10^{-7}$
LABORATIONSMETODER										
RÖRPERMEAMETER	$2,8 \cdot 10^{-6}$	$6,7 \cdot 10^{-6}$	$1,8 \cdot 10^{-6}$	---	---	---	---	$2,6 \cdot 10^{-6}$	$2,3 \cdot 10^{-6}$	$8,5 \cdot 10^{-6}$
NORMERAD PROCTORPACKAD PERMEAMETERTEST	$4,6 \cdot 10^{-9}$	$4,6 \cdot 10^{-9}$	$1,1 \cdot 10^{-8}$	---	---	---	---	$1,9 \cdot 10^{-8}$	$8,5 \cdot 10^{-9}$	$8,0 \cdot 10^{-9}$
HAZEN'S FORMEL	$1,2 \cdot 10^{-7}$	$3,8 \cdot 10^{-7}$	$2,0 \cdot 10^{-7}$	$1,2 \cdot 10^{-9}$	$6,0 \cdot 10^{-10}$	$2,0 \cdot 10^{-9}$	$1,0 \cdot 10^{-9}$	$3,0 \cdot 10^{-7}$	$4,7 \cdot 10^{-7}$	$2,3 \cdot 10^{-6}$
NATURLIG VATTENHALT %	21,1	28,9	28,9	10,9	10,9	11,2	11,2	23,8	23,8	23,8
FÄLT-KAPACITET %	22,0	43,0	35,0	37,0	33,0	34,0	31,0	45,0	42,0	32,0
NORMERAD PROCTORPACKAD PERMEAMETERTEST										
Vid naturlig vattenhalt	$1,5 \cdot 10^{-8}$	$4,0 \cdot 10^{-8}$	$3,0 \cdot 10^{-8}$	---	---	---	---	$2,5 \cdot 10^{-8}$	$1,3 \cdot 10^{-8}$	$3,8 \cdot 10^{-8}$

Tabell 3.12. Resultat från fältmätningar och laboratorieanalyser.
Efter Olsson, Sääf, 1978.

3.2.12 Referens Torrång, 1979

Syfte C-kursarbetet syftade till att jämföra de vanligaste metoderna för mätning av vattnets genom- och inträngning i mark. Det ingår i geologiska institutionens forskning gällande nederbörds- vattnets infiltration i marklagren. De metoder som studerades var enkelringsinfiltrrometer, provgrop och rektangulärinfiltrrometer för bestämning av infiltrationskapacitet, samt cylind- derpermeameter och Hazens formel för bestäm- ning av permeabilitet.

Plats Fältmätningarna utfördes i ett grustag på Ryaheden i Härryda kommun.

Tid Mätningarna gjordes 8-11 okt samt 3 nov 1978.

Geologi Ryaheden är ett mäktigt randdelta som ligger i Mölndalsåns östliga dalgång. Deltat når 95 m över havet. Marina gränsen ligger på 97-98 m över havet. Materialet i deltat är huvudsak- ligen relativt väl sorterad sand och mo. Mät- området är exploaterat som grustag och nuva- rande marknivå är 4-10 m under ursprunglig marknivå.

Tre olika provplatser undersöktes.

- A huvudsakligen mellansand
- B huvudsakligen grovmo med inslag av finare och grövre skikt
- C huvudsakligen finmo med rikliga inslag av finare och grövre skikt.

Marken anses på alla tre provplatserna vara på- verkad av schaktmaskiner och lastbilar.

Geohyd- rologi Grundvattenytan ligger minst 50 cm under mark- ytan. Markens vattenhalt och fältkapacitet redovisas.

Utfö- rande Med enkelringsinfiltrrometer $r=19.5$ cm gjordes två försök på varje provtagningsplats A, B, C. Försöken pågick i 3-4 timmar. Två försök gjor- des också med av Torrång konstruerade rektang- ulärinfiltrrometrar. Även ett försök i provgrop per provplats utfördes.

Resul- tat Infiltrationskapaciteten uppmättes till 330 mm/h = $9 \cdot 10^{-5}$ m/s på mellansand, 70 mm/h = $1.8 \cdot 10^{-5}$ m/s på grovmo och 40 mm/h = $1 \cdot 10^{-5}$ m/s på finmo. Motsvarande värden på permea- biliteten blev $3.6 \cdot 10^{-4}$ m/s, $5.5 \cdot 10^{-5}$ m/s och $1.1 \cdot 10^{-5}$ m/s, tabell 3.13.

Infiltrometerresultaten bearbetades med hjälp av dator och kurvor över infiltrationsförlop- pet redovisas.

Permeabilitet/infiltrationskapacitet													
	Prov nr	Prov tagn djup cm	Sort grad $\sqrt{\frac{d_{75}}{d_{25}}}$	Vattenkvot %	Fältkap %	Korndensitet g/cm ³	Skrymdensitet g/m ³	Porositet %	Fältmetod		Lab.metod		Teoretiskt Hazens formel m/s $\times 10^Y$
									Ringinf. eller rektangulärinf. m/s $\times 10^Y$	Gropinf. m/s $\times 10^Y$	Östört prov rörpermeameter m/s $\times 10^Y$	Stört prov rörpermeameter m/s $\times 10^Y$	
Mellansand	A Gropinf. A □ 10 A □ 15								9.0 -5 7.5 -5	36.0 -5			
	A Ø 18 A Ø 1m A Ø 1v	0-05 15-20 35-40	1.66 1.58 1.61	(12.5) (9.1) (9.2)	16.4 20.4 23.0		2.01 1.81 1.74	32.8 37.8 40.2	7.6 -5		4.3 -5 7.5 -5 19.0 -5	3.3 -5	11.1 -5 40.0 -5 24.0 -5
	A Ø 28 A Ø 2m A Ø 2v	0-10 20-25 35-40	1.55 1.55 1.48	(12.4) (12.9) (12.3)	15.6 15.9 22.8	=2.66	2.03 2.03 1.79	32.1 32.1 40.1	8.2 -5		4.0 -5 3.3 -5 11.0 -5		2.0 -5
	B Gropinf. B □ 10 B □ 15								2.2 -5 1.6 -5	5.4 -5			
	B Ø 18 B Ø 1m B Ø 1v	0-10 25-30 35-40	1.58 1.3 1.60	24.3 25.7 36.7	24.3 25.3 25.8		1.98 1.91 2.08	39.3 43.1 43.1	1.0 -5		0.57 -5 0.99 -5 2.2 -5	0.58 -5	- - -
	B Ø 28 B Ø 2m B Ø 2v	0-10 25-30 35-40	1.34 1.8 1.34	22.6 26.0 -	21.8 24.5 -	=2.67	2.00 1.96 -	38.8 41.7 -	0.78 -5		0.62 -5 0.64 -5 3.9 -5		0.70 -5
	Finmo	C Gropinf. C □ 10 C □ 15								0.79 -5 1.1 -5	1.1 -5		
C Ø 18 C Ø 1m C Ø 1v		0-10 27-32 37-42	2.25 2.13 1.84	26.5 30.4 28.5	26.0 29.8 27.5		1.96 1.84 1.87	42.8 48.1 46.3	0.24 -5		1.6 -7 2.6 -7 6.8 -7	0.42 -5	2.9 -7 2.4 -7 4.2 -7
C Ø 28 C Ø 2m C Ø 2v		0-10 25-30 35-40	1.67 1.80 1.89	(23.6) 30.3 (22.1)	25.2 28.9 22.6	=2.71	1.95 1.95 1.96	41.8 47.2 40.9	0.67 -5		40.0 -7 4.9 -7 5.9 -7		1.1 -5

Tabell 3.13. Resultat från fältmätningar och laboratorieanalyser.
Efter Torräng, 1979.

Fältmätningar
Enkelringsinfiltrrometer
Rektangulärinfiltrrometer

Storlek
r = 19.5 cm

Antal
6
6

3.2.13 Referens Wedel, 1978

Syfte Rapporten redovisar resultatet av ett forskningsprojekt som Geohydrologiska forskningsgruppen vid CTH har bedrivit: "Markvattnets betydelse för ytavrinning och grundvattenbildning inom ett urbant område". Syftet med projektet var att beskriva de faktorer som bestämmer grundvattnets bildning, strömning och rörelse mellan jord- och berggrund. Projektet omfattar en mängd olika undersökningar och metoder. Endast en liten del behandlar ytinfiltration, se Engdahl (1975).

Plats Fältundersökningarna har utförts i Angeredsområdet nordost om Göteborg. Området är exploaterat för bostadsbebyggelse.

Tid Projektet genomfördes 1972-1976.

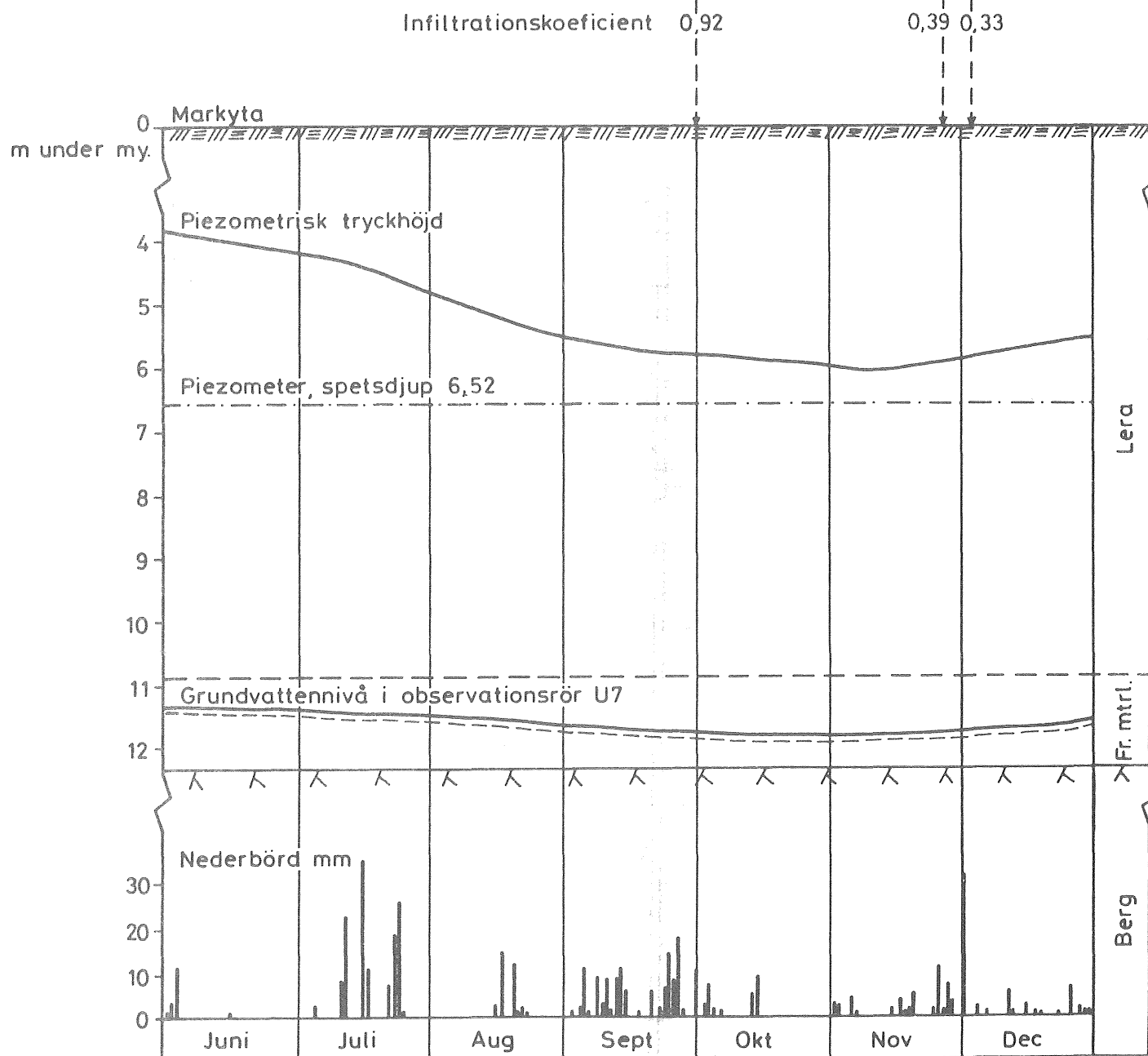
Geologi Området karakteriserades av långsträckta bergryggar i nordsydlig utsträckning med dalgångar emellan. Berggrunden består huvudsakligen av gnejser. Markytan utgörs av åker och äng med lövskog invid bergklackar. Ned till 30-40 cm djup är den huvudsakliga jordarten mullrik lera. Siltinslag i leran förekommer vid bergklackar och i raviner. Morän finns i ringa omfattning och då i anslutning till berg.

En ingående redogörelse över de geologiska förhållandena finns i rapporten.

Geohydrologi Inom projektets ram har omfattande mätningar gjorts av nederbörd, avrinning och grundvattenförhållanden, Fig 3.7. Även markvattenförhållandena är noggrant undersökta.

Utförande och resultat av infiltrationsmätningarna se Engdahl (1975), tabell 3.1.

Provtagning för markvattenhaltbestämning:



Figur 3.7 Grundvattenytans och den piezometriska trycknivåns fluktuation samt nederbörden i Gunnilse, juni-december 1975.
Efter Wedel, 1978.

4 BEARBETNING AV SAMMANSTÄLLDA MÄTRESULTAT

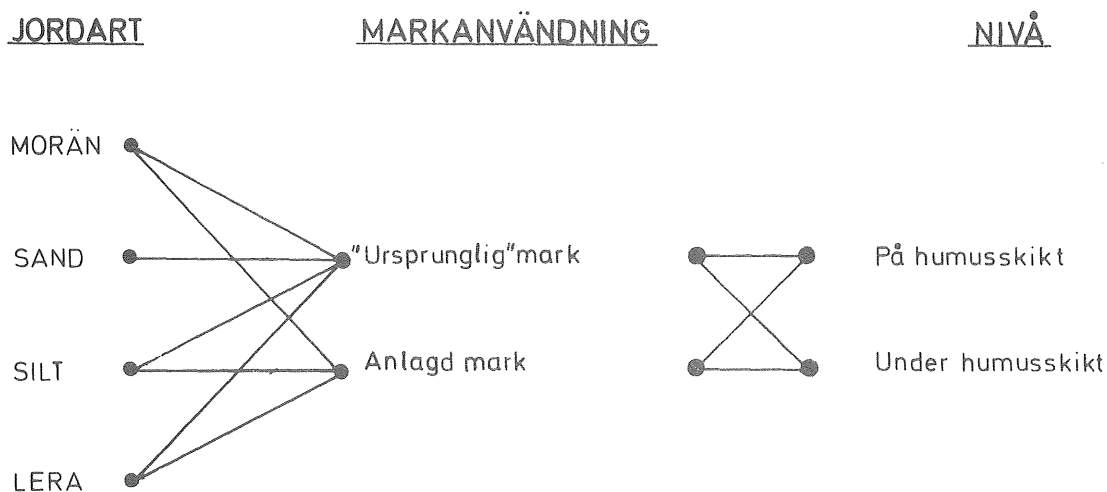
4.0 Inledning

I föregående kapitel redovisas sammanfattningar av skrifter som behandlar infiltrations- och permeabilitetsmätningar. Resultatet från varje utfört fältförsök finns tillsammans med relevanta uppgifter samlade på en speciell blankett, Fig 4.1. Dessa blanketter är tänkta att sparas och efterhand skall samlingen kompletteras med nya mätresultat.

4.1 Indelning av infiltrationsmätningarna i grupper

För att kunna göra en statistisk bearbetning av infiltrationsmätningarna måste dessa delas in i jämförbara grupper.

Den första indelningen gjordes efter jordart. Materialet delades in i fyra grupper: morän, silt, sand, lera. Därefter delades varje jordartsgrupp in i grupperna ursprunglig eller anlagd markyta. Sist gjordes en indelning efter vilken nivå mätningen var utförd på; på humusskiktet i markytan eller under humusskiktet, på opåverkad mineraljord, Fig 4.2. Vid insortering av mätvärden i grupperna uppstod problem, som löstes så gott det gick, med hjälp av de ibland ofullständiga uppgifterna i källmaterialet. Förklaringar till gruppindelningen, och några problem som begränsar den längre fram redovisade statistiska redovisningens tillförlitlighet, redovisas nedan.



Figur 4.2 Indelning av infiltrationsmätningarna i grupper efter jordart, marktyp och nivå.

	Ler	Silt	Sand	Morän
Urspr. markyta			X	
Anlagd markyta				

Referens Torräng 1979

Beteckning A Ø 20

Jordart Mellansand

Typgeologi Submarint delta

Markvattenförhållanden Vatten halt 12,4 % (Provet togs efter infiltrationsförsöket)
Fältkapacitet 15,6 %

Markanvändning F.d. sandtag

Mättidpunkt 1978 1008

Typ av mätning Enkelrings infiltrometer $r = 19,5 \text{ cm}$

$$f_0 = 375 \frac{\text{mm}}{\text{h}} = 1,0 \cdot 10^{-4} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

$$f_c = 8,2 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Ingen korrektion

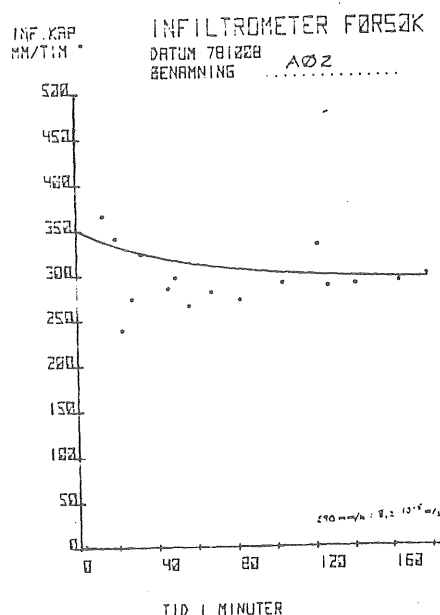
Övrigt $d_{10} = 0,14 \text{ mm}$

Korrigerat $\times 0,3$

$$f_c = 2,46 \cdot 10^{-5} \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

korr.faktor

korr.faktor



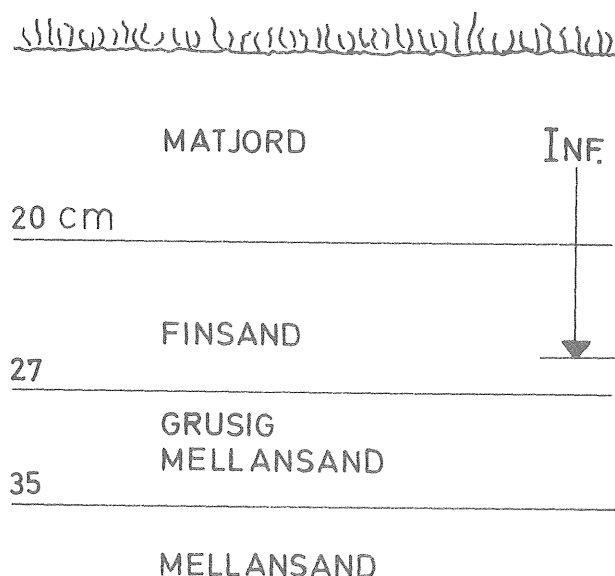
Figur 4.1 Blankett för beskrivning av och resultat från infiltrometer- och provgruppsförsök.

4.1.1 Jordartsindelning

Jordarterna var ibland svåra att bestämma eftersom sikt-kurvor saknades och de geologiska beskrivningarna var ofullständiga. Svårast var det att bestämma jordart där jordmaterialet bestod av fyllnadsmassor. Dessa kunde bestå av flera olika jordarter plus byggnadsavfall och sprängsten. Lättast att göra bedömning av jordart var det när jordprofiler eller en noggrann beskrivning av den lokala geologin redovisades. Lokala variationer inom ett område var ibland beskrivna i den geologiska redogörelsen, men det framgick sedan dåligt vad för material som finns just där infiltrationsmätningarna utfördes. Detta kan sammanhånga med att både mätningar och redogörelse inte är utförda för att beskriva infiltrationskapaciteter på enskilda platser utan ämnade att beskriva hur ett helt område kan ta hand om vissa vattenkvantiteter. Vissa lokala variationer är då inte så väsentliga.

För en statistisk bearbetning av mätningar är det dock viktigt att klart veta på vilket material mätningen är utförd, och vilken markanvändning man har på platsen.

Ett annat problem vid indelningen av mätningarna efter jordart var, vart man skall hänföra mark med ett tjockt matjordssikt, Fig 4.3. Underliggande jordarter kan variera mellan allt från lera till sand, medan det övre skiktet har likartad uppbyggnad och därmed likartade infiltrationsegenskaper. En extra grupp bildades på grund av detta, och till den gruppen hänfördes alla mätningar utförda på matjordssikt tjockare än 10 cm, oberoende av underliggande jordart.



Figur 4.3 Exempel på jordprofiler och tjocka matjordssikt.
Efter Kaufmann, Röine (1978).

4.1.2 "Marktyp"

Med "ursprunglig markyta" menas först och främst naturmark. Gruppen innefattar skogs- och ängsmark som inte påverkats av människan, genom t ex byggnation eller slitage. Med anlagd markyta menas mark som är bearbetad och förändrad av människor. Hit räknas gräsmattor, parkområden, åkrar osv. Åtminstone det övre markskiktet är stört av mänsklig aktivitet.

4.1.3 Nivå

Infiltrationsmätningarna är utförda antingen på markytan eller en bit ner i marken under humussiktet på den opåverkade mineraljorden. Enligt bl a Holmstrand, Wedel (1976) är det jordens makro- och mikrostruktur som till stor del avgör infiltrationskapaciteten. Dessa strukturer som innefattar rotkanaler, maskgångar, aggregat mm, är mest utvecklade i de övre markskikten. Det är därför viktigt att skilja mätningar gjorda på ytan från dem gjorda en bit ner i marken för att eventuellt påvisa skillnader.

Ibland har det varit svårt att ur rapporterna få fram på vilken nivå mätningarna är gjorda, varför endast indelning "över" resp "under" humussiktet har tillämpats. Detta kan medföra att mätningar utförda en bit ner i marken men med viss humushalt hamnar i gruppen under humussiktet. Värdena borde alltså inte tillhöra gruppen opåverkad mineraljord, utan någon slags mellangrupp.

4.2 Statistisk bearbetning

4.2.1 Inledning

Infiltrations- och permeabilitetsvärdena har, som tidigare nämnts, korrigerats och gruppindelats efter bl a jordart och markanvändning.

Varje grupp studerades sedan var för sig, för att möjliggöra en bedömning av mätvärdenas frekvens- och sannolikhetsfördelning.

4.2.2 Histogram

Den statistiska bearbetningen inleddes med att mätvärdena i de olika grupperna delades in i klasser. Med hänsyn till värdenas stora spridning valdes en logaritmisk skala, och för att få lämpliga klasser delades varje tio-potens upp enligt följande:

$$\begin{aligned} 10^Y &\leq x_i < 3 \cdot 10^Y \\ 3 \cdot 10^Y &\leq x_i < 10^{Y+1} \quad x_i = \text{mätvärde} \end{aligned}$$

Därefter uppritades ett histogram för varje grupp, Fig 4.4.

I tabell 4.1 redovisas det logaritmiska medelvärde, medianvärde, största och minsta värdena samt antal mätningar för varje grupp.

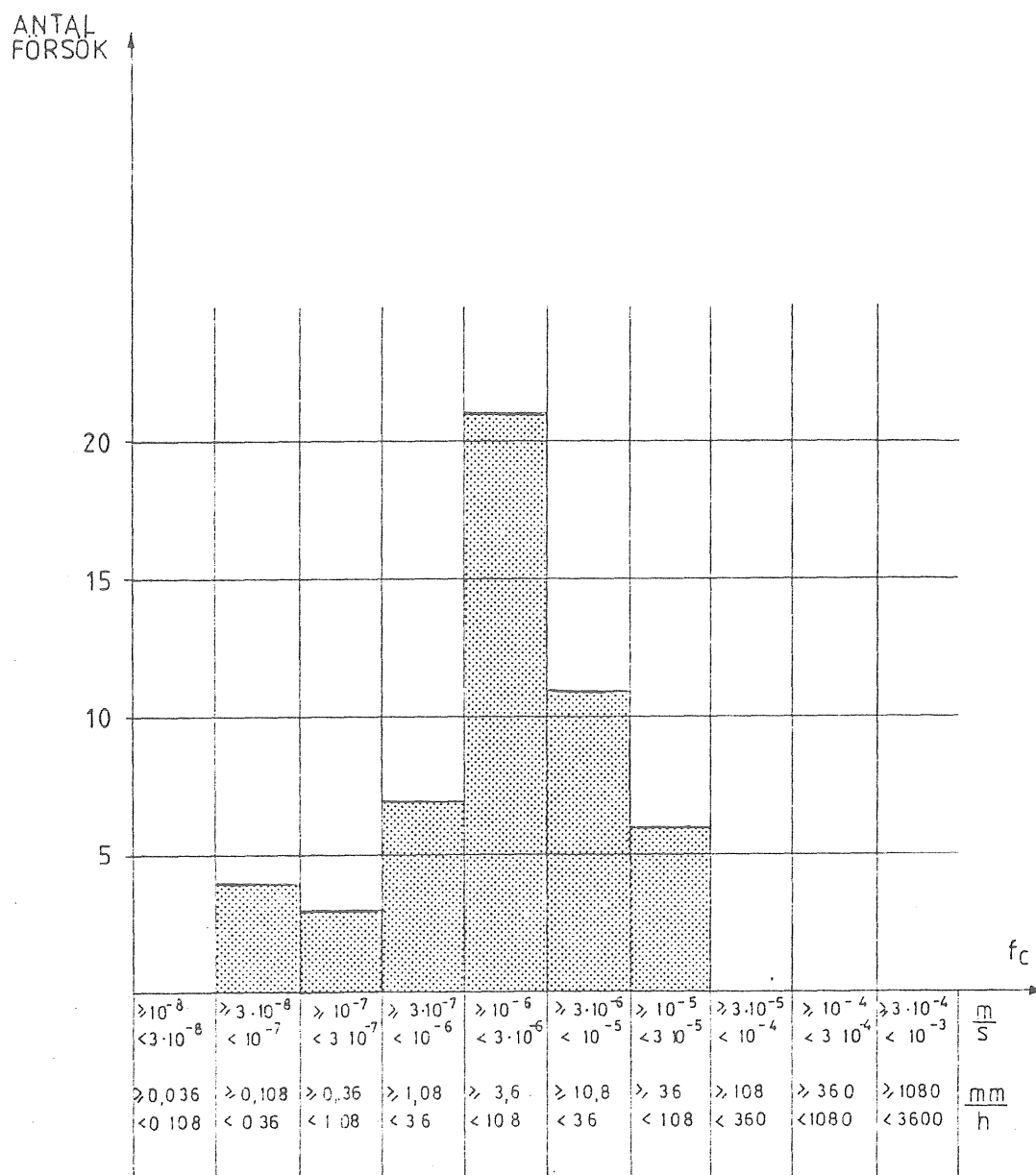
I Fig 4.5 redovisas resultaten grafiskt för varje grupp.

4.2.3 Frekvens och fördelningsfunktion

Vid mätserier med ett stort antal värden bildar histogrammet en kontinuerlig funktion, den s k frekvensfunktionen för de aktuella mätvärdena. På liknande sätt erhålls fördelningsfunktionen för en lång mätserie genom att upprita den kumulerade frekvensen för mätvärden i olika intervall.

Är däremot antalet mätvärden litet blir vissa klasser tomma eller kommer att innehålla få värden. Det är då bättre att använda sig av oklassade data vid framtagning av fördelningsfunktionen.

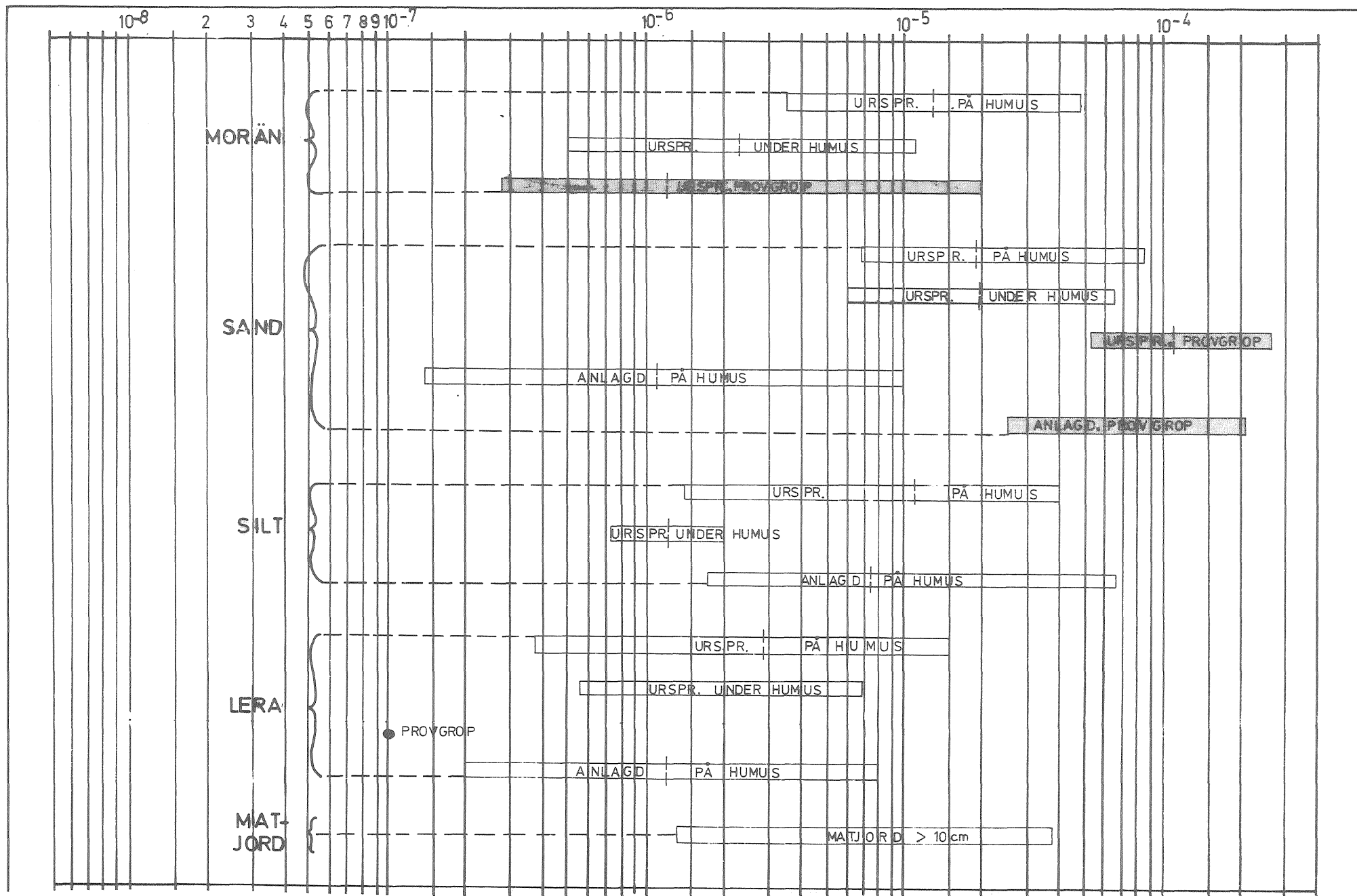
JORDART: LERA
 MARKTYP: BLANDAT
 MÄTMETOD: RINGINFILTROMETER
 ANTAL FÖRSÖK: 52 (5 MÄTOMRÅDEN, SAMTLIGA CTH/GU -MÄTNINGAR
 OBEROENDE AV MARKTYP)



Figur 4.4 Exempel på histogram.

Tabell 4.1 Sammanställning av den statistiska bearbetningen.

Jord- art	Marktyp	Nivå	Mätmetod	Antal mätom- råden	Antal mät- ningar	Log-medelvärde m/s	mm/h	Medianvärde m/s	mm/h	Max värde m/s	mm/h	Min värde m/s	mm/h
Morän	"Ursprunglig" mark	På humus- skikt	Ringinfilt- rometer	5	15	$1.3 \cdot 10^{-5}$	46.8	$1.5 \cdot 10^{-5}$	54	$5.3 \cdot 10^{-5}$	190.1	$6.6 \cdot 10^{-7}$	2.4
"	"	Under humus- skikt	"	3	16	$2.3 \cdot 10^{-6}$	8.6	$3.2 \cdot 10^{-6}$	11.5	$1.1 \cdot 10^{-5}$	39.6	$1.3 \cdot 10^{-7}$	0.5
"	"	-	Provgrop	3	15	$1.2 \cdot 10^{-6}$	4.0	$1.0 \cdot 10^{-6}$	3.6	$6.0 \cdot 10^{-5}$	216	$1.5 \cdot 10^{-7}$	0.5
"	Samtliga CTH/GU-mätningar		Ringinfilt- rometer	8	31	$5.5 \cdot 10^{-6}$	19.8	$8.0 \cdot 10^{-6}$	28.8	$5.3 \cdot 10^{-5}$	190.8	$1.3 \cdot 10^{-7}$	0.5
"	Samtliga CTH/GU-mätningar +jämförbara enl Lundberg (1974)		"	-	64	$1.9 \cdot 10^{-5}$	68.4	$2.0 \cdot 10^{-5}$	72.0	$1.5 \cdot 10^{-3}$	5400	$1.3 \cdot 10^{-7}$	0.5
Sand	"Ursprunglig" mark	På humus- skikt	Ringinfilt- rometer	2	8	$1.9 \cdot 10^{-5}$	68.4	$1.3 \cdot 10^{-5}$	46.8	$8.6 \cdot 10^{-5}$	309.6	$6.3 \cdot 10^{-6}$	22.7
"	"	Under humus- skikt	"	4	17	$2.0 \cdot 10^{-5}$	61.2	$2.3 \cdot 10^{-5}$	82.8	$1.6 \cdot 10^{-4}$	576	$3.0 \cdot 10^{-6}$	10.8
"	"	-	Provgrop	2	7	$1.1 \cdot 10^{-4}$	396	$9.0 \cdot 10^{-5}$	324	$5.0 \cdot 10^{-4}$	1800	$4.3 \cdot 10^{-5}$	154.8
"	Anlagd mark	På humus- skikt	Ringinfilt- rometer	3	30	$1.1 \cdot 10^{-6}$	26.6	$1.1 \cdot 10^{-6}$	3.9	$6.7 \cdot 10^{-5}$	241.2	$8.3 \cdot 10^{-8}$	0.3
"	"	-	Provgrop	1	4	$5.1 \cdot 10^{-5}$	255.6	$3.8 \cdot 10^{-5}$	136.8	$2.0 \cdot 10^{-4}$	720	$2.5 \cdot 10^{-5}$	90
"	"	På humus- skikt, ny- anlagd gräs- yta Hård(1978)	Ringinfilt- rometer	1	19	$6.2 \cdot 10^{-7}$	2.2	$3.3 \cdot 10^{-7}$	1.2	$1.5 \cdot 10^{-5}$	54	$8.3 \cdot 10^{-8}$	0.3
"	Samtliga CTH/GU-mätningar		"	9	55	$4.0 \cdot 10^{-6}$	14.4	$5.2 \cdot 10^{-6}$	18.7	$1.6 \cdot 10^{-4}$	576	$8.3 \cdot 10^{-8}$	0.3
Silt	"Ursprunglig" mark	På humus- skikt	"	1	1	$1.1 \cdot 10^{-5}$	39.6	-	-	-	-	-	-
"	"	Under humus- skikt	"	1	2	$1.2 \cdot 10^{-6}$	4.3	$1.2 \cdot 10^{-6}$	7.6	$2.1 \cdot 10^{-6}$	7.6	$7.2 \cdot 10^{-7}$	2.6
"	Anlagd mark	På humus- skikt	"	2	55	$7.4 \cdot 10^{-6}$	26.6	$6.1 \cdot 10^{-6}$	22.0	$1.3 \cdot 10^{-4}$	468.0	$2.8 \cdot 10^{-7}$	1.0
"	"	" Nyberg(1980)	"	1	21	$4.3 \cdot 10^{-6}$	15.5	$4.2 \cdot 10^{-6}$	15.1	$6.8 \cdot 10^{-5}$	244.8	$1.3 \cdot 10^{-6}$	4.7
"	"	Holmstrand, Wedel(1976)	"	1	34	$1.1 \cdot 10^{-5}$	39.6	$7.1 \cdot 10^{-6}$	25.6	$1.3 \cdot 10^{-4}$	468	$2.8 \cdot 10^{-7}$	1.0
Lera	"Ursprunglig" mark	På humus- skikt	Ringinfilt- rometer	2	9	$2.9 \cdot 10^{-6}$	10.4	$4.4 \cdot 10^{-6}$	15.8	$2.6 \cdot 10^{-5}$	93.6	$1.4 \cdot 10^{-7}$	0.5
"	"	Under humus- skikt	"	1	6	$3.0 \cdot 10^{-6}$	10.8	$5.0 \cdot 10^{-6}$	18.0	$1.3 \cdot 10^{-5}$	46.8	$5.6 \cdot 10^{-7}$	2.0
"	"	-	Provgrop	2	3	$1.0 \cdot 10^{-7}$	0.4	$3.2 \cdot 10^{-8}$	0.1	$2.0 \cdot 10^{-6}$	7.2	$1.6 \cdot 10^{-8}$	0.06
"	Anlagd mark	På humus- skikt	Ringinfilt- rometer	2	37	$1.2 \cdot 10^{-6}$	4.3	$1.7 \cdot 10^{-6}$	5.8	$1.2 \cdot 10^{-5}$	43.2	$5.5 \cdot 10^{-8}$	0.2
"	Samtliga CTH/GU-mätningar		"	5	52	$1.6 \cdot 10^{-6}$	5.8	$1.9 \cdot 10^{-6}$	6.8	$2.6 \cdot 10^{-5}$	93.6	$5.5 \cdot 10^{-8}$	0.2
Mat- jord el humus- skikt ≥ 10 cm	Anlagd + "ursprunglig" mark	På humus- skikt	"	9	91	$6.9 \cdot 10^{-6}$	24.8	$5.3 \cdot 10^{-6}$	22.7	$1.3 \cdot 10^{-4}$	468	$8.3 \cdot 10^{-8}$	0.3



Figur 4.5 Infiltrationskapacitet för de olika grupperna. Medelvärde samt 90%- och 10%-värden redovisas. Skuggade rektanglar anger permeabilitet uppmätt med provgrop. Beträffande beteckningar i figuren se kap 4.1.

4.2.4 Plottningsposition

Vid analys av oklassade data ordnas värdena i fallande eller stigande storleksordning. För att sedan få fram fördelningsfunktionen plottas mätvärdena och den empiriska fördelningen jämförs med en vald teoretisk fördelning. Det finns flera olika s k plottningspositioner att välja mellan, när man skall ange hur mätvärdena skall plottas. Den vanligaste är Weibulls formel som anses uppfylla kraven på en plottningsformel.

Weibulls formel: $p(x_m) = \frac{m}{N+1}$

där m = ordningsnummer
 x_m = observationsvärde
 N = totalt antal observationer

(Institutionen för vattenbyggnad, CTH (1978))

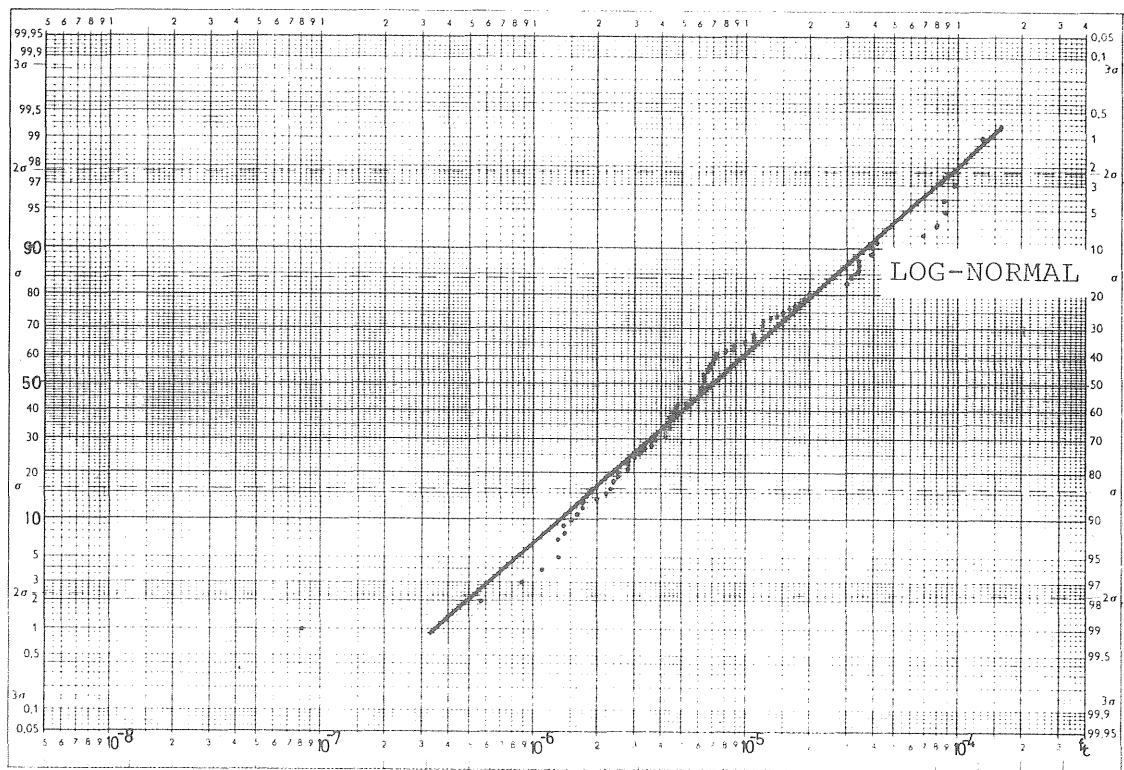
4.2.5 Valda fördelningsfunktioner

Vid framtagandet av histogram för de sammanställda infiltrations- och permeabilitetsmätningarna framgick det att en del klasser innehöll få eller inga mätvärden. Enligt ovan var det då bäst att använda sig av oklassade data vid bestämning av fördelningsfunktionerna.

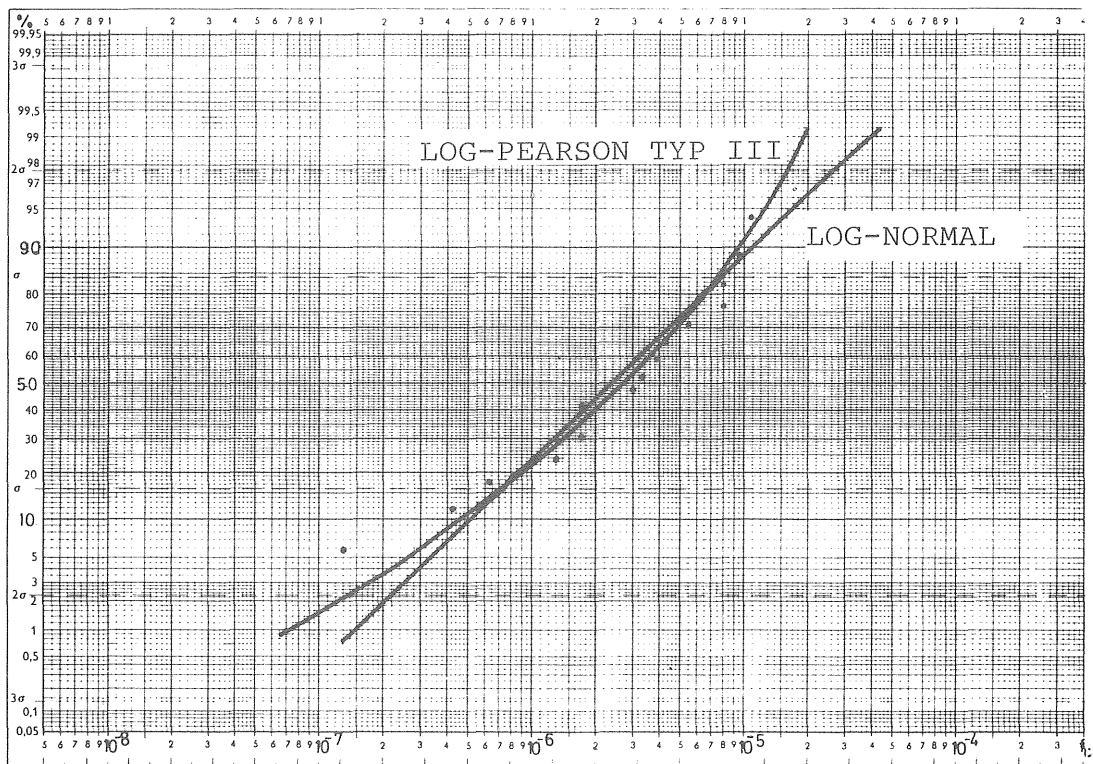
Samtliga mätvärden inom varje grupp gavs en plottningsposition enligt Weibull. Mätserierna antogs till att börja med vara log-normalfördelade och därför plottades värdena på log-normal-fördelningspapper. Den ideala log-normal-fördelningen, som utgörs av en rät linje på log-normalfördelningspapperet konstruerades med hjälp av mätvärdenas medelvärde och standardavvikelse.

En annan fördelning som också jämfördes med den empiriska fördelningen var log-Pearson typ III fördelningen. Den fördelningen är en s k förflyttad gamma fördelning som använts mycket i hydrologiska sammanhang, speciellt i USA. För att konstruera en log-Pearson typ III kurva använder man mätvärdenas snedhet, spridning och medelvärde.

Resultatet från jämförelserna mellan teoretiska och empiriska fördelningar tyder på att infiltrationskapacitetsvärden är log-normalfördelade. Grupper med många mätvärden och grupper med få värden men med en enhetlig geologi, har en bra anpassning till fördelningen, Fig 4.6. Grupper som består av få mätningar från flera olika platser uppvisar en större snedhet och då passar log-Pearson typ III fördelningen bättre, Fig 4.7.



Figur 4.6 Exempel på en indelningsgrupp med god anpassning till log-normalfördelningen.



Figur 4.7 Exempel på en indelningsgrupp med god anpassning till log-Pearson typ III-fördelningen.

5 RESULTAT

5.1 Jämförelse mellan olika grupper

För att få en uppfattning om skillnaderna i infiltrationskapacitet och permeabilitet mellan olika marktyper, har en jämförelse och en tolkning av resultaten gjorts. Resultattolkningen gör inga anspråk på att vara fullständig. För det krävs att många fler parametrar än jordart, markanvändning och nivå undersöks och jämförs.

Vid jämförelsen har jordarterna tagits som utgångspunkt och mätresultat på olika djup och på mark med olika användning jämförts med varandra.

För varje jordart redovisas mätresultat, antalet mätningar och korta kommentarer som visar hur olika förhållandena kan vara inom en sk grupp. Detta görs för att förhindra att fördelningskurvorna tas som "direkta sanningar".

Mätvärdet som redovisas för varje jordart är det logaritmiska medelvärdet för de slutliga infiltrationskapacitetsvärdena. Kommentarer till mätresultaten kan verka lite inkonsekventa men det beror på det komplexa material de är hämtade ifrån.

5.2 Infiltrationskapacitet

5.2.1 "Ursprunglig" markyta, på humusskikt

Morän, 5 mätområden, 15 mätningar,	$\bar{f}_C = 1.3 \cdot 10^{-5}$ m/s=46.8 mm/h
Sand, 2 mätområden, 8 mätningar,	$\bar{f}_C = 1.9 \cdot 10^{-5}$ m/s=68.4 mm/h
Lera, 2 mätområden, 9 mätningar,	$\bar{f}_C = 2.9 \cdot 10^{-6}$ m/s=10.4 mm/h

Morän 5 av mätningarna är från morän överlagrad med 25-30 cm matjord. De övriga från varierande miljöer med mellan 5 och 20 cm matjord på morän. Ingen nämnvärd skillnad kan observeras mellan infiltrationskapaciteten på de olika platserna, Fig 5.1

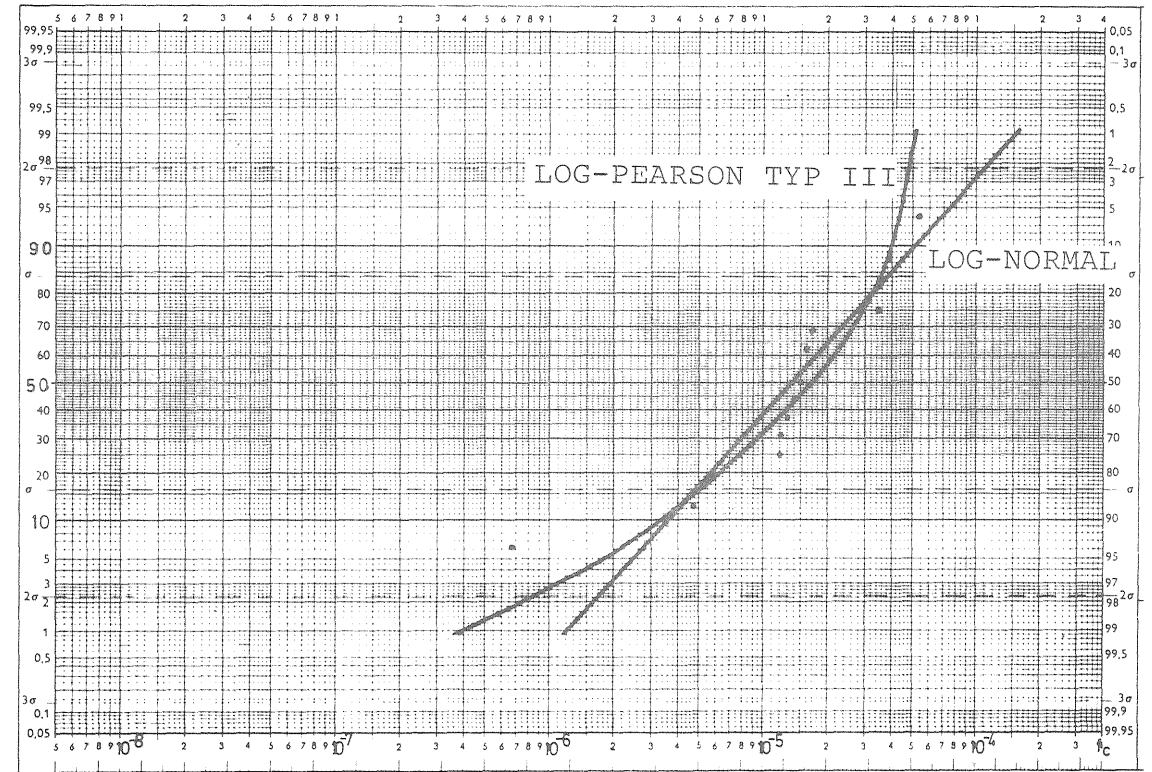
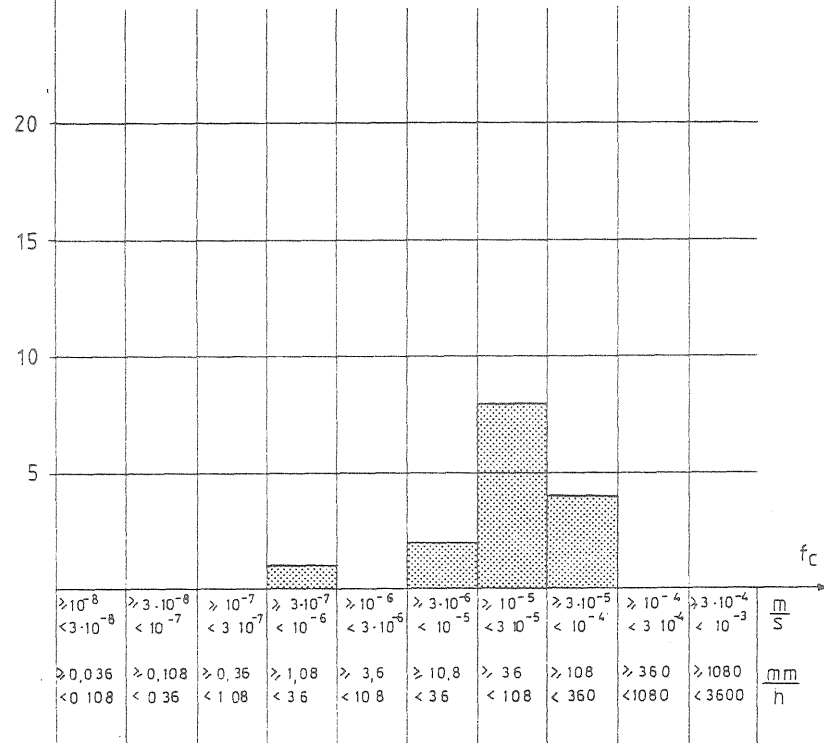
Sand 5 av mätningarna kommer från sandjord överlagrad av 20-25 cm matjord. De övriga 3 från sandigt material med hög humushalt (21-29%). Dessa 3 värden ligger ca 7 ggr högre än de på matjorden, Fig 5.2.

Lera Mätningarna är gjorda på torrskorpelera, 7 st på moig lera, några med hög humushalt. Spridningen är stor bland värdena, Fig 5.3.

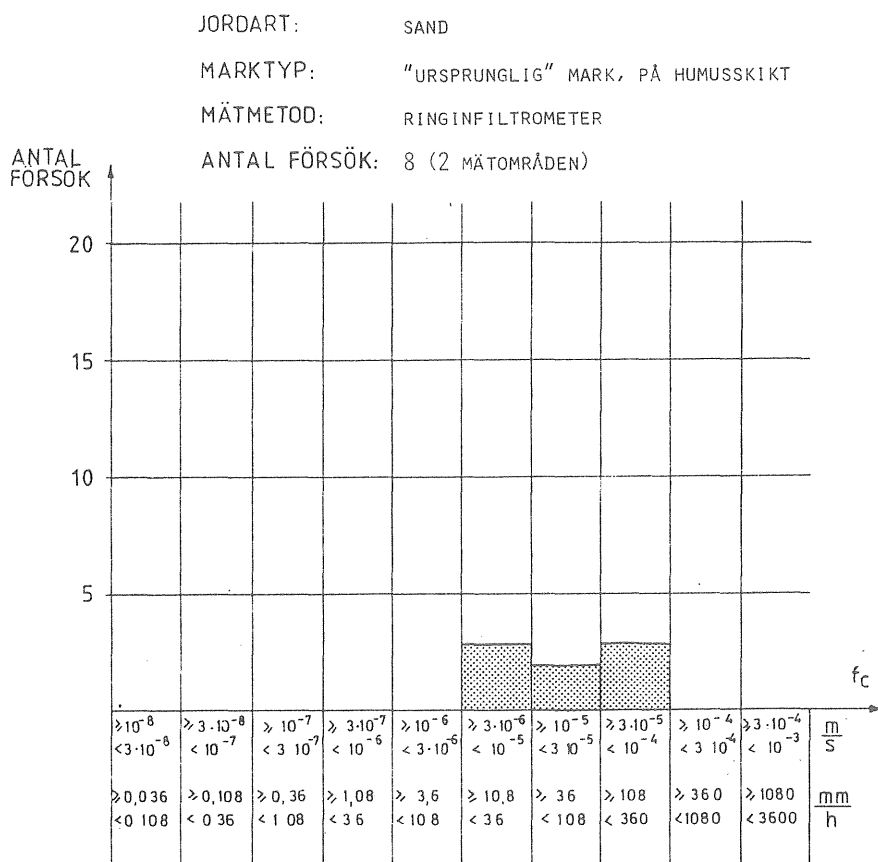
Kommentar Resultaten från sand och moränmätningarna är ganska lika. Det kan tänkas bero av matjordskiktet som täcker bägge jordarterna. Lerjorden ger ett 10 ggr lägre värde vilket är

ANTAL
FÖRSÖK

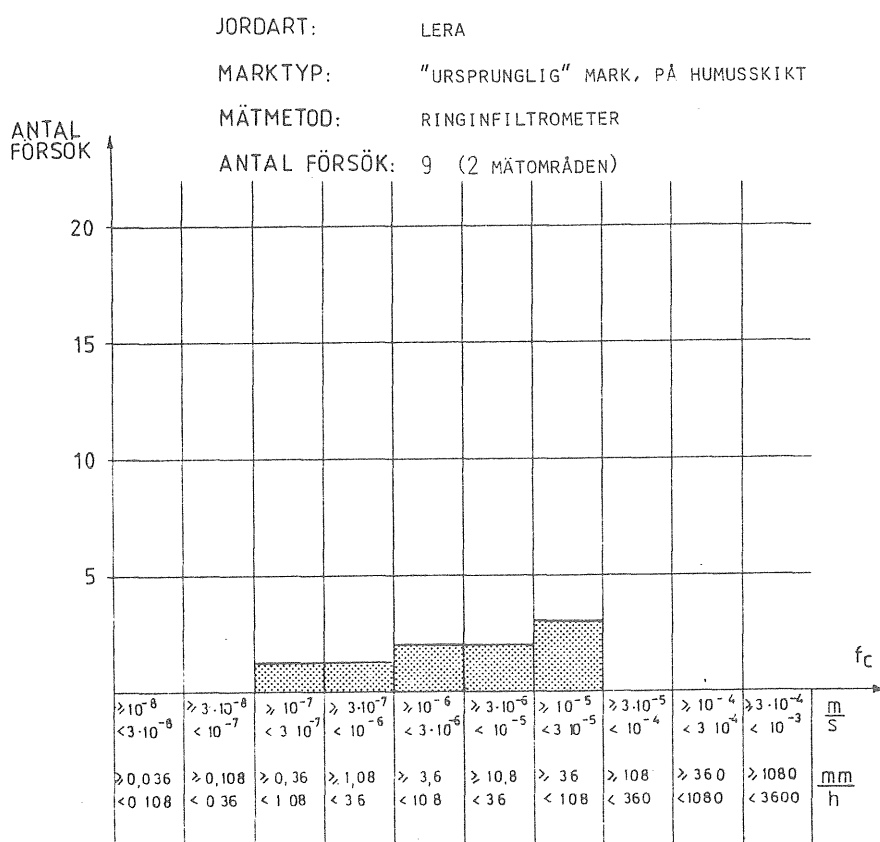
JORDART: MORÄN
 MARKTYP: "URSPRUNGLIG" MARK, PÅ HUMUSSKIKT
 MÄTMETOD: RINGINFILTROMETER
 ANTAL FÖRSÖK: 15 (5 MÄTOMRÅDEN)



Figur 5.1 Histogram och fördelningskurvor för infiltrationsmätningar på morän, "ursprunglig" markyta, på humusskikt.



Figur 5.2 Histogram för infiltrationsmätningar på sand, "ursprunglig" markyta, på humusskikt.



Figur 5.3 Histogram för infiltrationsmätningar på lera, "ursprunglig" markyta, på humusskikt.

naturligt dels med tanke på kornstorleken och dels med tanke på att ingen matjord täcker leran som i de båda andra fallen.

5.2.2 "Ursprunglig" markyta, under humusskikt

Morän, 3 mätområden, 16 mätningar, $\bar{f}_C = 2.4 \cdot 10^{-6}$ m/s = 8.6 mm/h
 Sand, 4 mätområden, 17 mätningar, $\bar{f}_C = 1.7 \cdot 10^{-6}$ m/s = 61.6 mm/h
 Silt, 1 mätområde, 2 mätningar, $\bar{f}_C = 1.2 \cdot 10^{-6}$ m/s = 4.3 mm/h
 Lera, 1 mätområde, 6 mätningar, $\bar{f}_C = 3.0 \cdot 10^{-6}$ m/s = 10.8 mm/h

Morän På dessa mätningar kan man observera skillnad mellan våt och torr mark. Den torra marken ger genomgående högre värde på infiltrationskapaciteten. Ex. Torrt varierar mellan $1.3 \cdot 10^{-6}$ och $1.1 \cdot 10^{-5}$, vått varierar mellan $1.3 \cdot 10^{-7}$ och $3.0 \cdot 10^{-6}$, Fig 5.4.

Sand De flesta mätningarna är gjorda på mellansand och de visade infiltrationsvärden mellan $5 \cdot 10^{-6}$ och $1 \cdot 10^{-4}$ m/s. Två mätningar på grovmo gav ca $3 \cdot 10^{-6}$ m/s, Fig 5.5.

Silt Endast två mätningar är utförda på finmo, varför det är svårt att kommentera denna grupp, Fig 5.6.

Lera Något humus finns kvar i leran trots att mätningarna räknas till gruppen under humusskiktet. Spridningen är ganska stor. Infiltrationskapaciteten varierar mellan $5.6 \cdot 10^{-7}$ och $1.3 \cdot 10^{-5}$ m/s, Fig 5.7.

Kommentar Sand har den klart högsta infiltrationskapaciteten även i denna jämförelse. De övriga jordarterna har i stort sett samma värden. Att leran ger så pass höga värden kan kanske förklaras med att den innehåller humus.

5.2.3 Anlagd markyta, på humusskikt

Sand, 3 mätplatser, 30 mätningar, $\bar{f}_C = 1.1 \cdot 10^{-6}$ m/s = 4.0 mm/h
 Silt, 2 mätplatser, 55 mätningar, $\bar{f}_C = 7.4 \cdot 10^{-6}$ m/s = 26.6 mm/h
 Lera, 2 mätplatser, 37 mätningar, $\bar{f}_C = 1.2 \cdot 10^{-6}$ m/s = 4.3 mm/h

Sand Mätningarna är gjorda på mer homogent material än silt- och lermätningarna. 19 st är utförda på packad sand med en nyanlagd gräsmatta. Medelvärde $6.2 \cdot 10^{-7}$ m/s. 9 st mätningar är gjorda i ett bostadsområde på en anlagd gräsmatta. Jorden består av matjordsfyllning på grovmo och isälvsmaterial. Hälften av mätningarna är utförda under våta förhållanden och hälften under torra förhållanden. De förra har ett medelvärde på $1.7 \cdot 10^{-6}$ och de senare $3.1 \cdot 10^{-6}$, Fig 5.8.

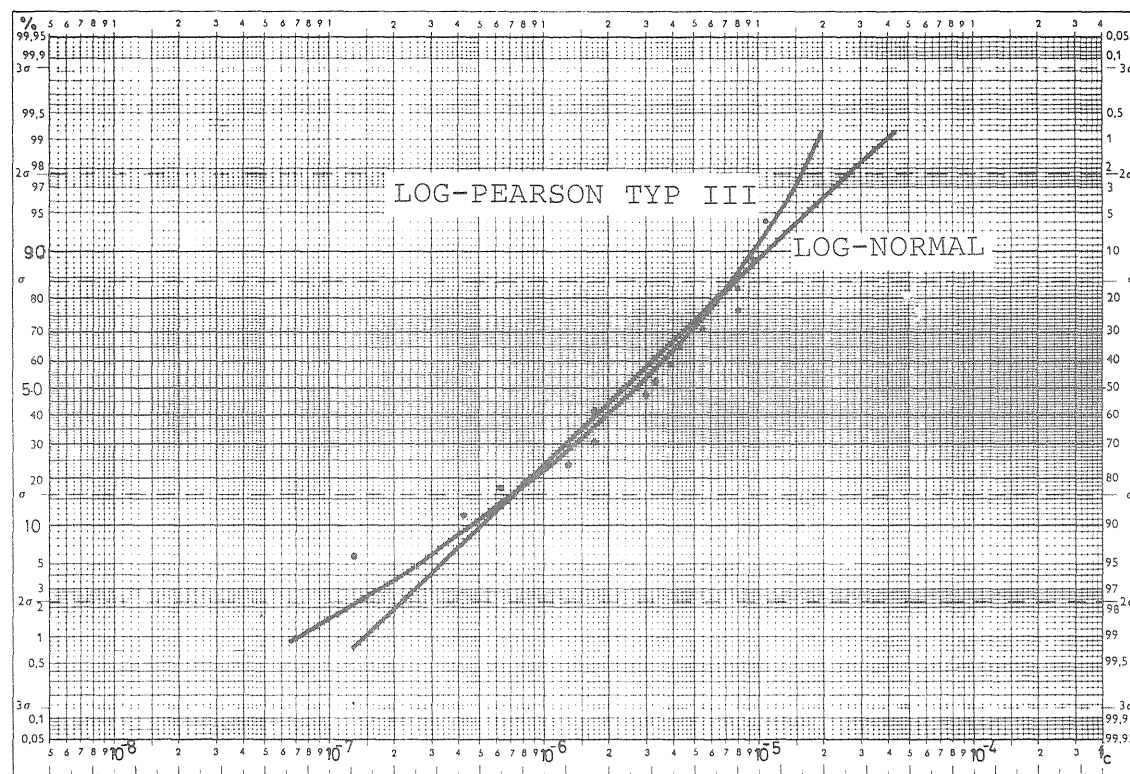
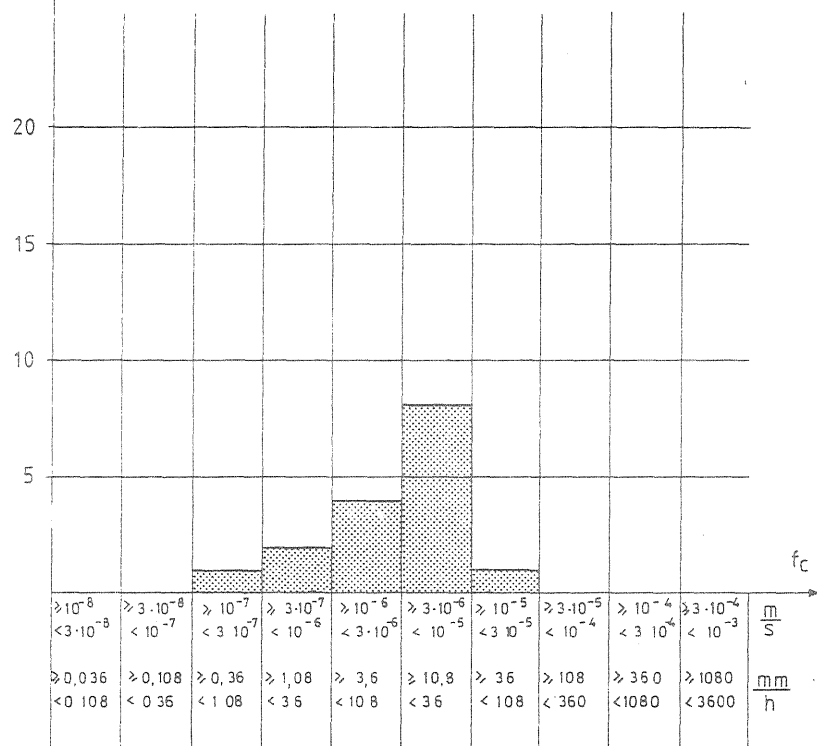
ANTAL
FÖRSÖK

JORDART: MORÄN

MARKTYP: "URSPRUNGLIG" MARK, UNDER HUMUSSKIKT

MÄTMETOD: RINGINFILTROMETER

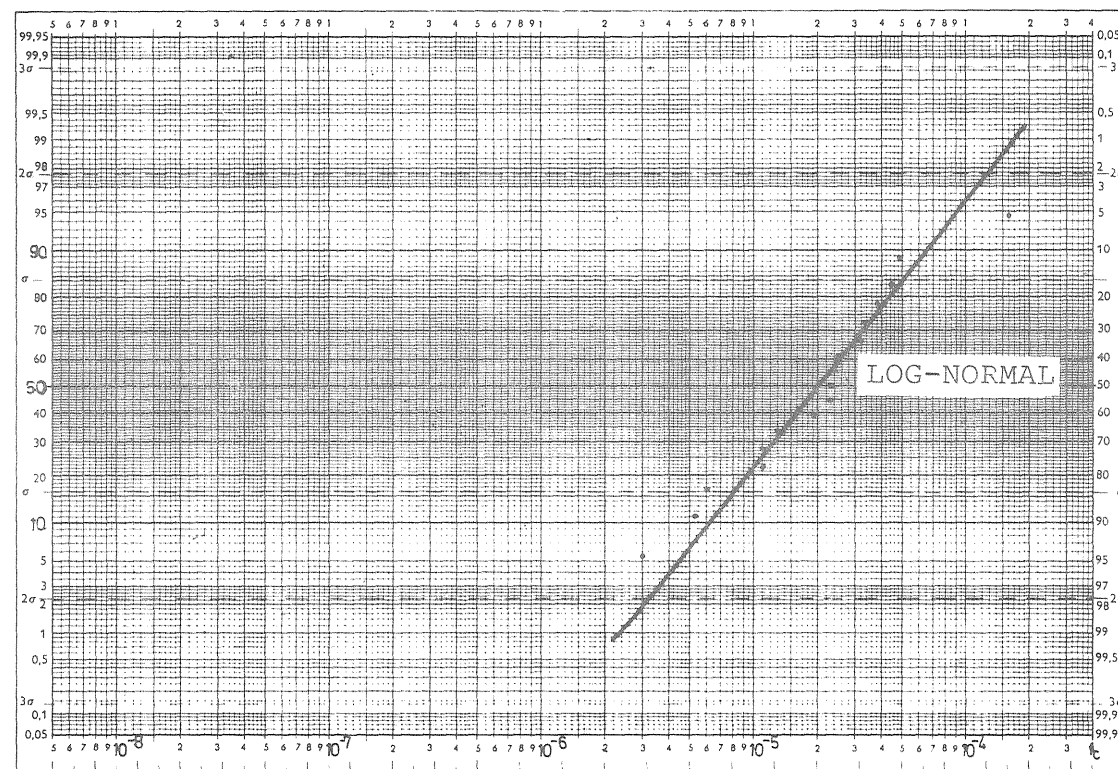
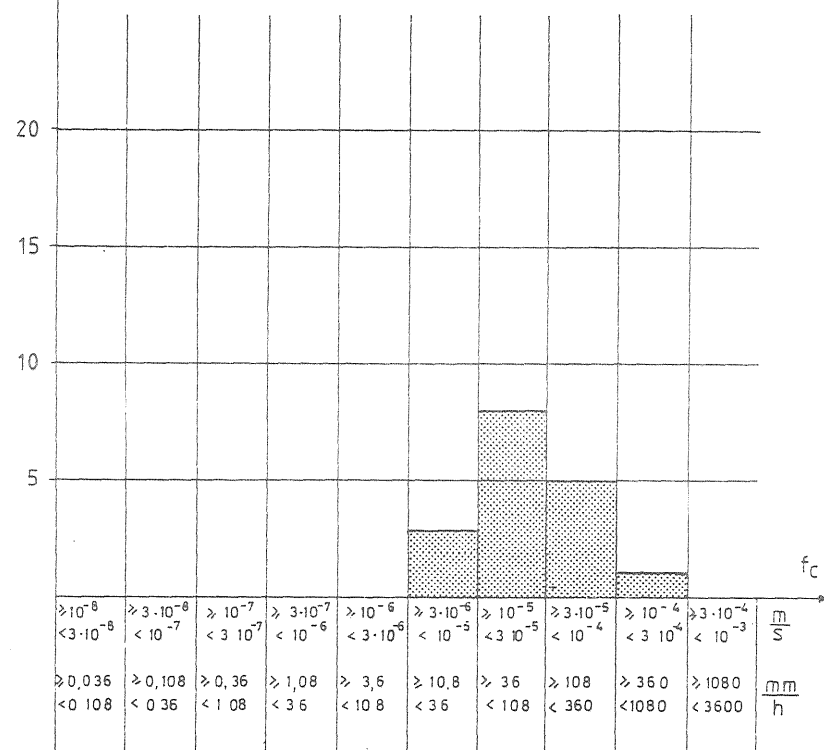
ANTAL FÖRSÖK: 16 (3 MÄTOMRÅDEN)



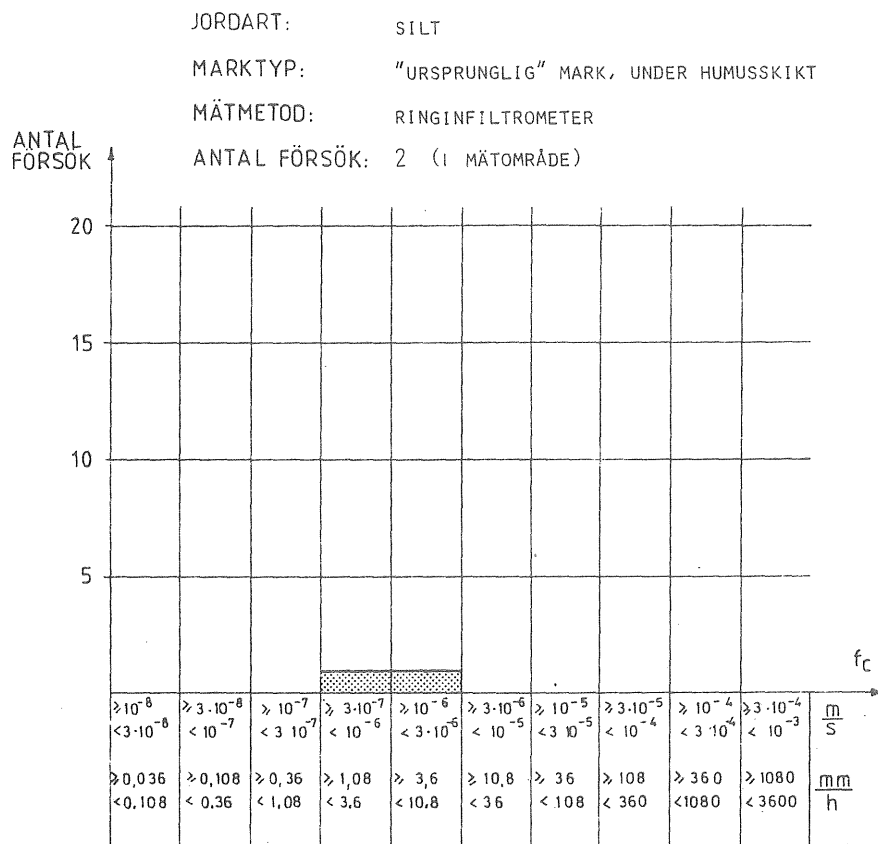
Figur 5.4 Histogram för fördelningskurvor för infiltrationsmätningar på morän, "ursprunglig" markyta, under humus-skikt.

ANTAL
FÖRSÖK

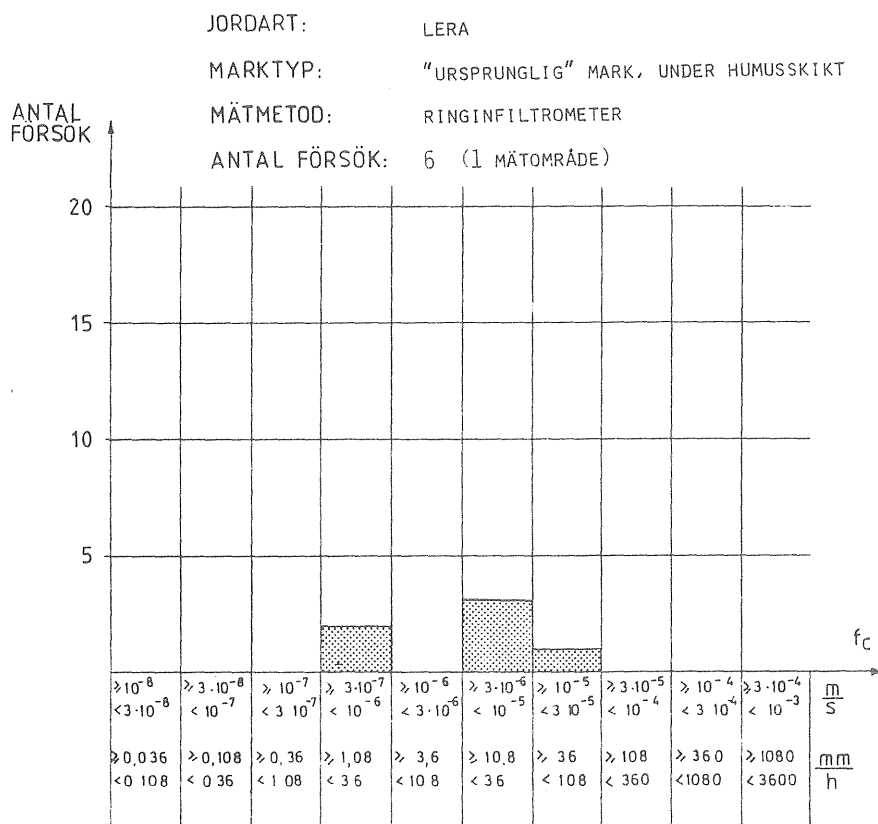
JORDART: SAND
 MARKTYP: "URSPRUNGLIG" MARK, UNDER HUMUSSKIKT
 MÄTMETOD: RINGINFILTROMETER
 ANTAL FÖRSÖK: 17 (4 MÄTOMRÅDEN)



Figur 5.5 Histogram och fördelningskurva för infiltrationsmätningar på sand, "ursprunglig" markyta, under humusskikt.

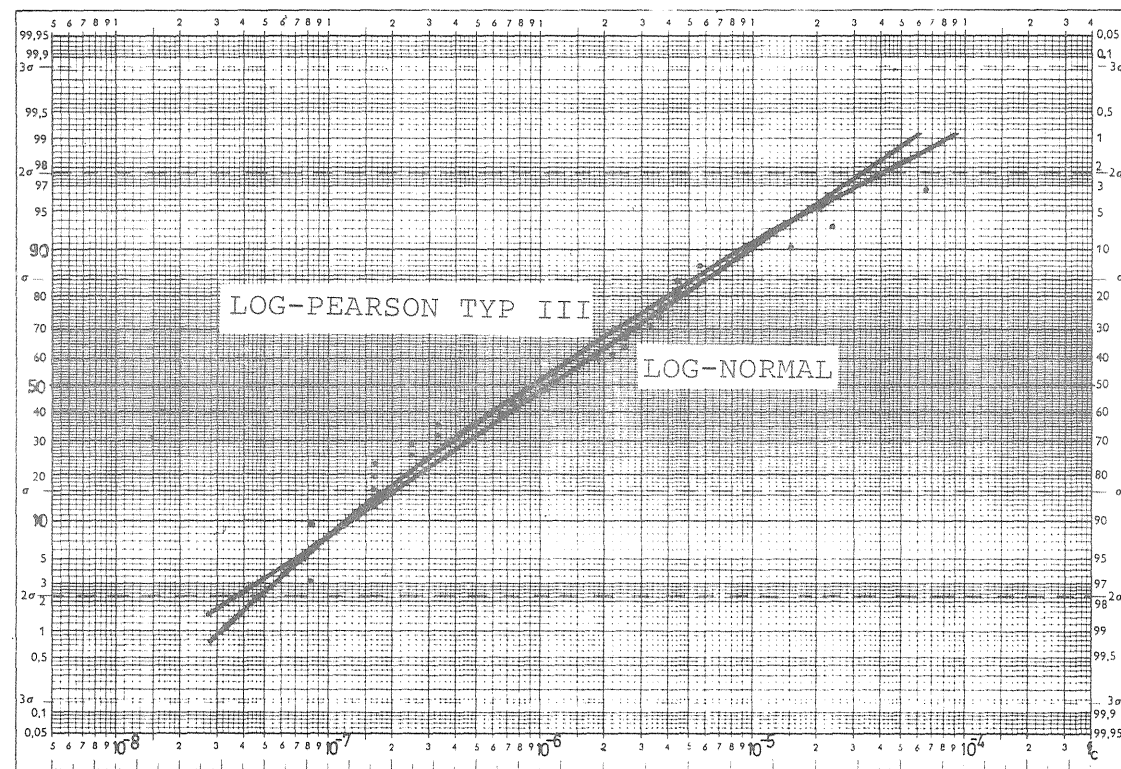
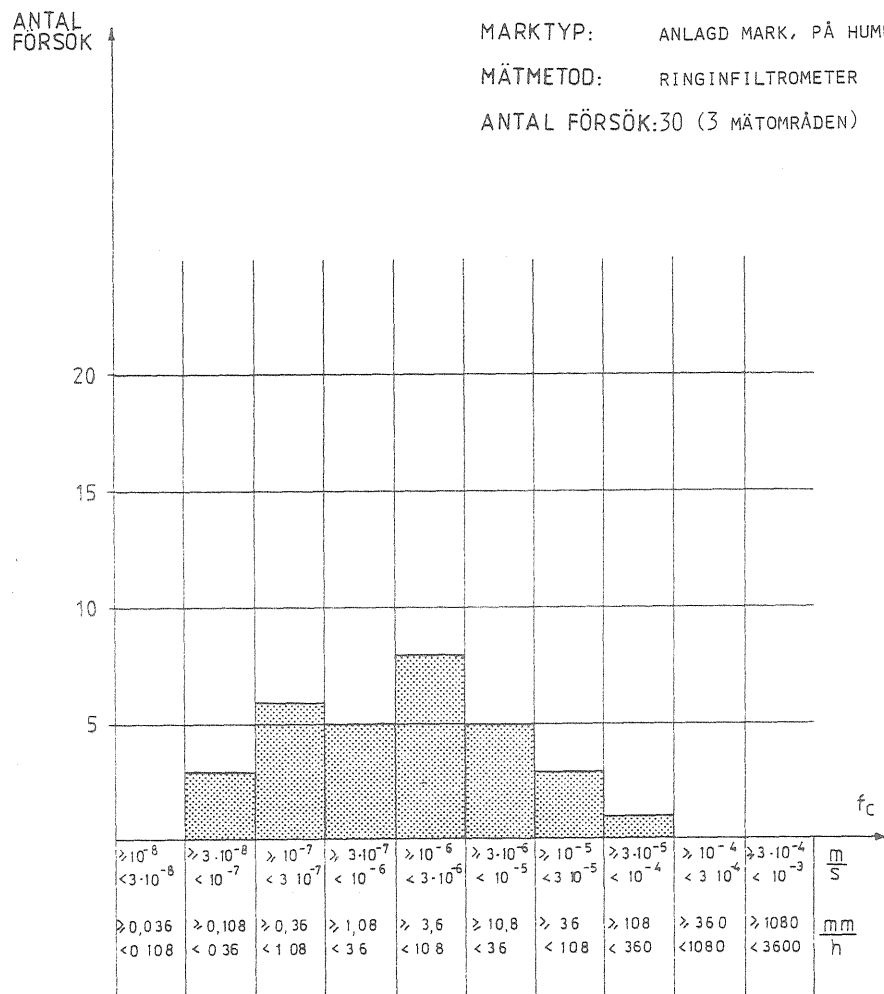


Figur 5.6 Histogram för infiltrationsmätningar på silt, "ursprunglig" markyta, under humusskikt.



Figur 5.7 Histogram för infiltrationsmätningar på lera, "ursprunglig" mark, under humusskikt.

JORDART: SAND
 MARKTYP: ANLAGD MARK, PÅ HUMUSSKIKT
 MÄTMETOD: RINGINFILTROMETER
 ANTAL FÖRSÖK: 30 (3 MÄTOMRÅDEN)



Figur 5.8 Histogram och fördelningskurvor för infiltrationsmätningar på sand, anlagd markyta, på humusskikt.

Silt 34 av mätningarna är gjorda på gräsytor anlagda på fyllnadsmassor av sprängsten och byggavfall i ett bostadsområde. Det är tveksamt om jortarten skall kallas silt, men åtminstone de översta lagret är enligt siktkurvor siltigt. Medelvärde för dessa 34 mätningar blev $1.1 \cdot 10^{-5}$ m/s. Det kan jämföras med medelvärdet $4.3 \cdot 10^{-6}$ m/s för de övriga 21 mätningarna som också är gjorda på en anlagd gräsyta men med sandigt material under det siltiga materialet, Fig 5.9.

Lera 35 av de s k lermätningarna är utförda i ett bostadsområde. Marken består här av lerig matjordsfyllning, blandad med friktionsmaterial och byggavfall. Medelvärde på infiltrationskapaciteten var $1.2 \cdot 10^{-6}$ och det är nästan samma som för de två resterande mätningarna gjorda på sprickig torrskorpelera. De 35 mätningarna i bostadsområdet kan delas upp i torra och våta mätningar. 16 st torra mätningar ger ett medelvärde på $2.9 \cdot 10^{-6}$ m/s och 19 st våta ger $5.8 \cdot 10^{-7}$ m/s, Fig 5.10, 5.11.

Kommen- Silt- och lergrupperna innehåller mätningar
tar gjorda på mycket inhomogent material. Det är därför lämpligt att vara försiktig med att dra slutsatser. Jämförelsen visar dock att infiltrationskapaciteten på anlagd mark är ungefär lika stor oberoende av jordart. Skillnaden mellan jordarterna tycks utjämnas p g a markbearbetning och inblandning av fyllnadsmassor. Samtidigt kan man konstatera att spridningen har blivit större.

5.2.4 Matjord

Matjord 10 cm, 91 mätningar, $\bar{f}_c = 6.9 \cdot 10^{-6}$ m/s = 24.8 mm/h

Många av mätningarna är gjorda på ett tjockt humusrikt matjordsskikt. Vid den tidigare beskrivna gruppindelningen har alla mätningar indelats efter den underliggande huvudsakliga jordarten. För att se hur "matjordsmätningarna" fördelade sig statistiskt gjordes en sammanställning av infiltrationsmätningar på matjord eller humusskikt tjockare än 10 cm. Denna grupp uppvisar en god anpassning till log-normalfördelningen, Fig 5.12.

5.3 Permeabilitet

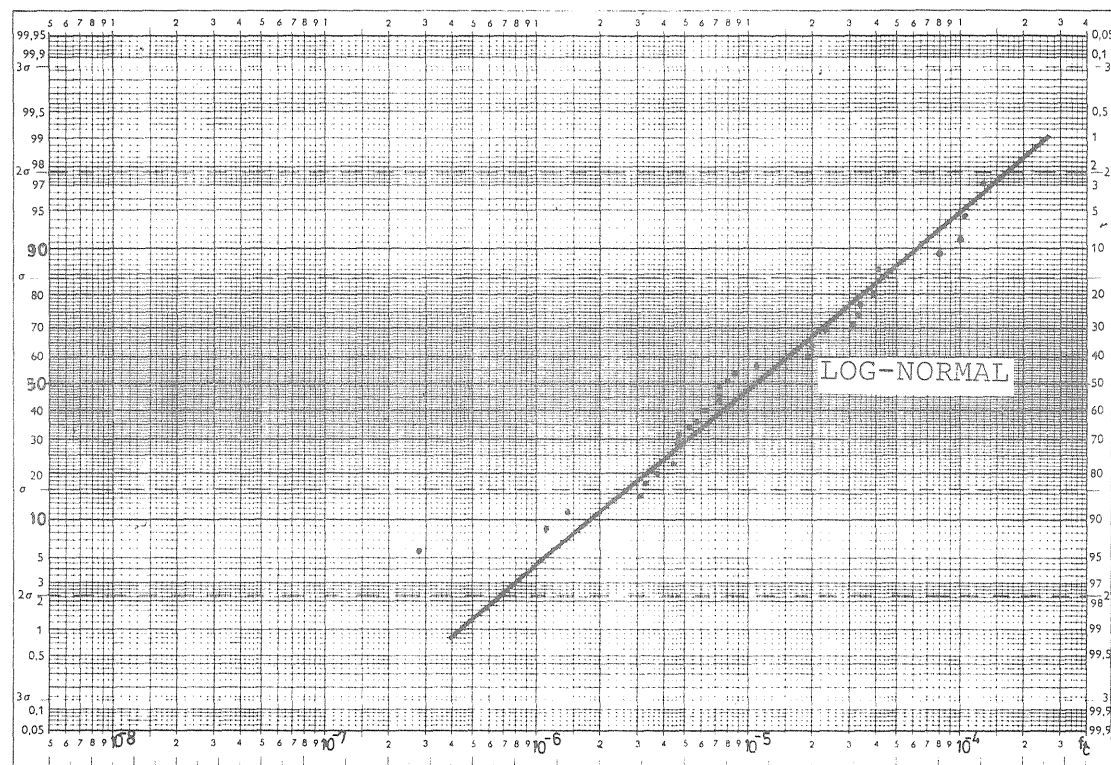
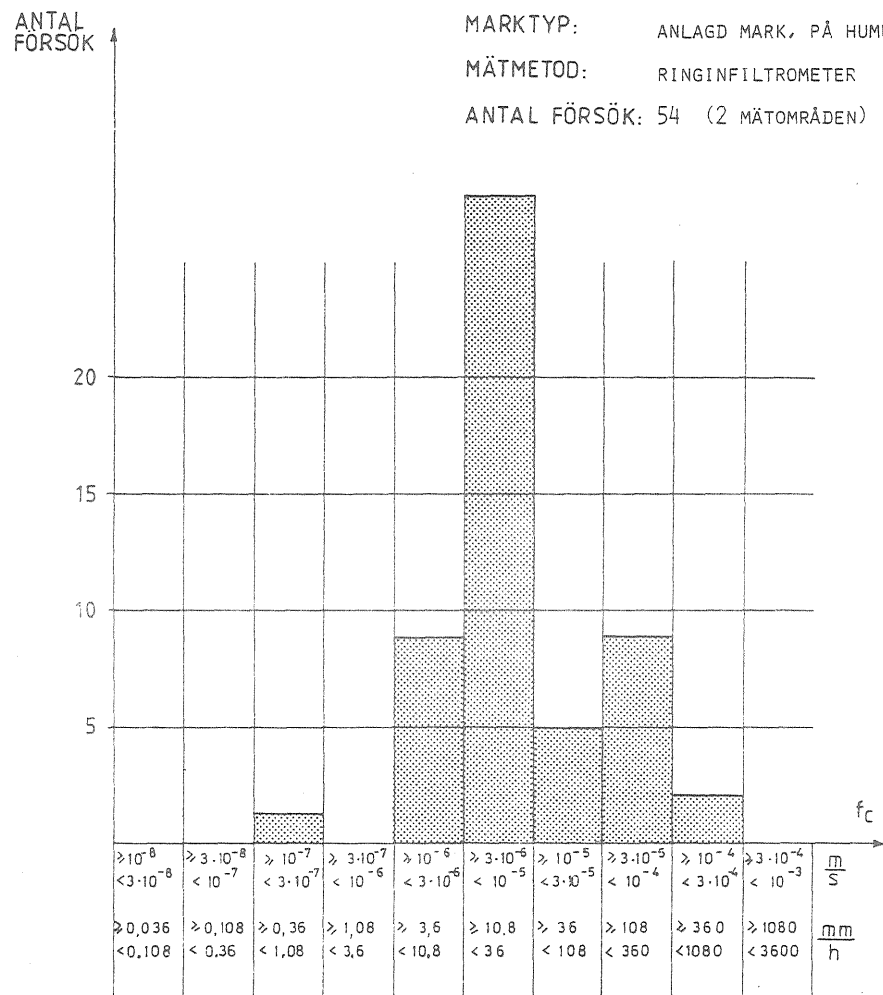
5.3.1 Ursprunglig markyta, provgrop och spadborrhål

Morän, 3 mätplatser, 15 mätningar, $\bar{K} = 1.1 \cdot 10^{-6}$ m/s = 4.4 mm/h

Sand, 2 mätplatser, 7 mätningar, $\bar{K} = 1.1 \cdot 10^{-4}$ m/s = 396 mm/h

Lera, 2 mätplatser, 3 mätningar, $\bar{K} = 1.0 \cdot 10^{-7}$ m/s = 0.4 mm/h

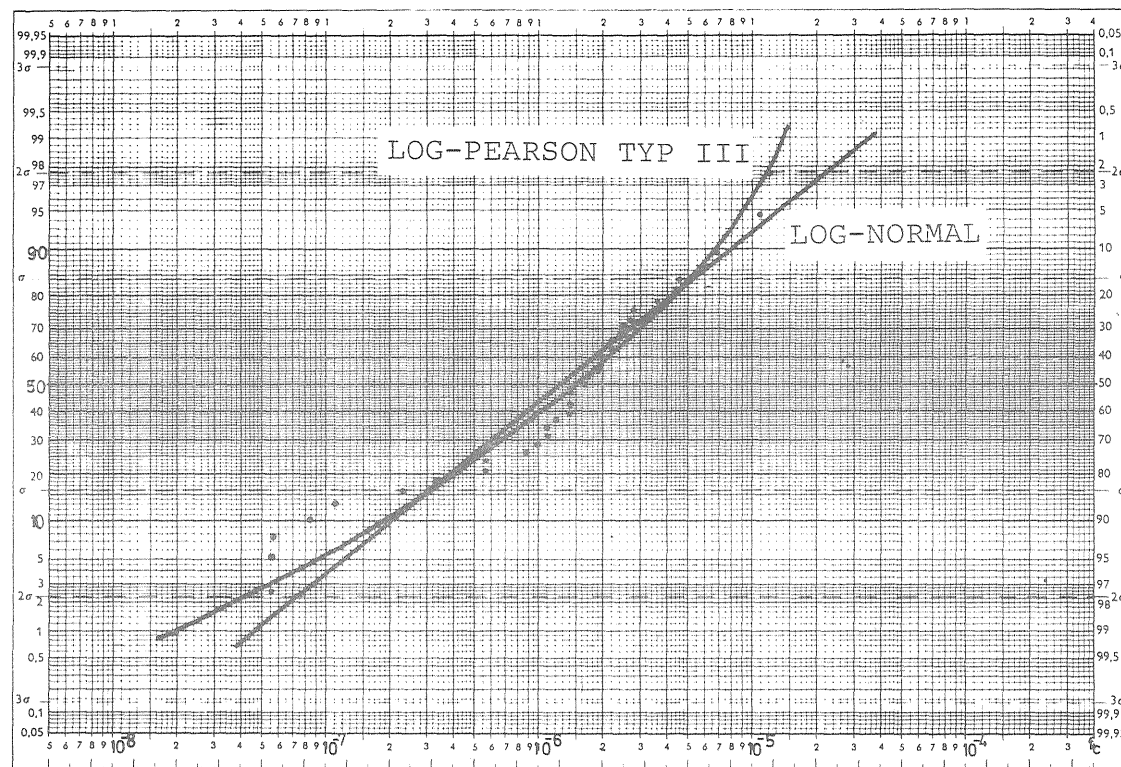
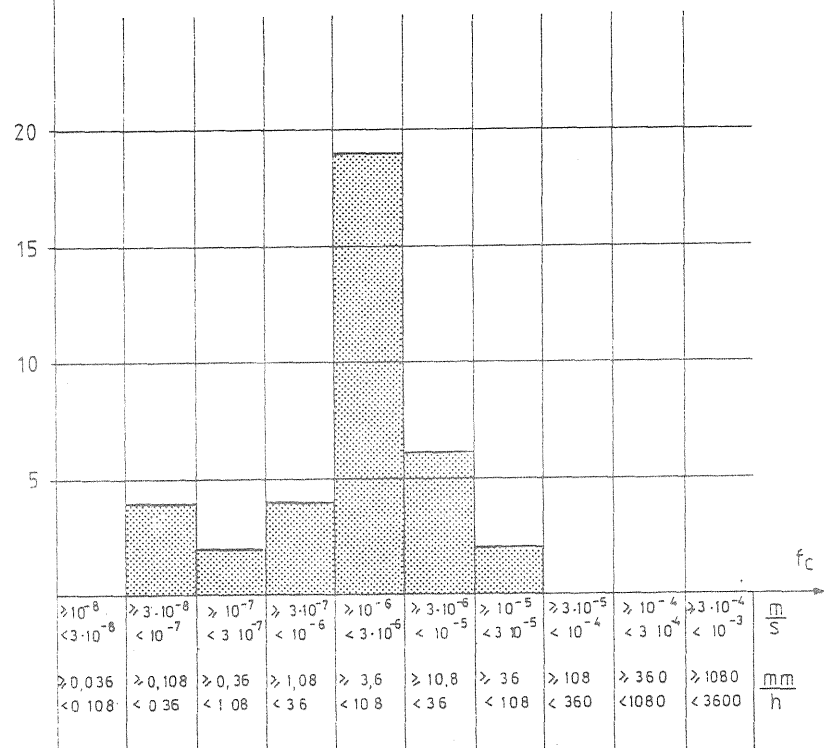
JORDART: SILT
 MARKTYP: ANLAGD MARK, PÅ HUMUSSKIKT
 MÄTMETOD: RINGINFILTROMETER
 ANTAL FÖRSÖK: 54 (2 MÄTOMRÅDEN)



Figur 5.9 Histogram och fördelningskurvor för infiltrationsmätningar på silt, anlagd markyta, på humusskiikt.

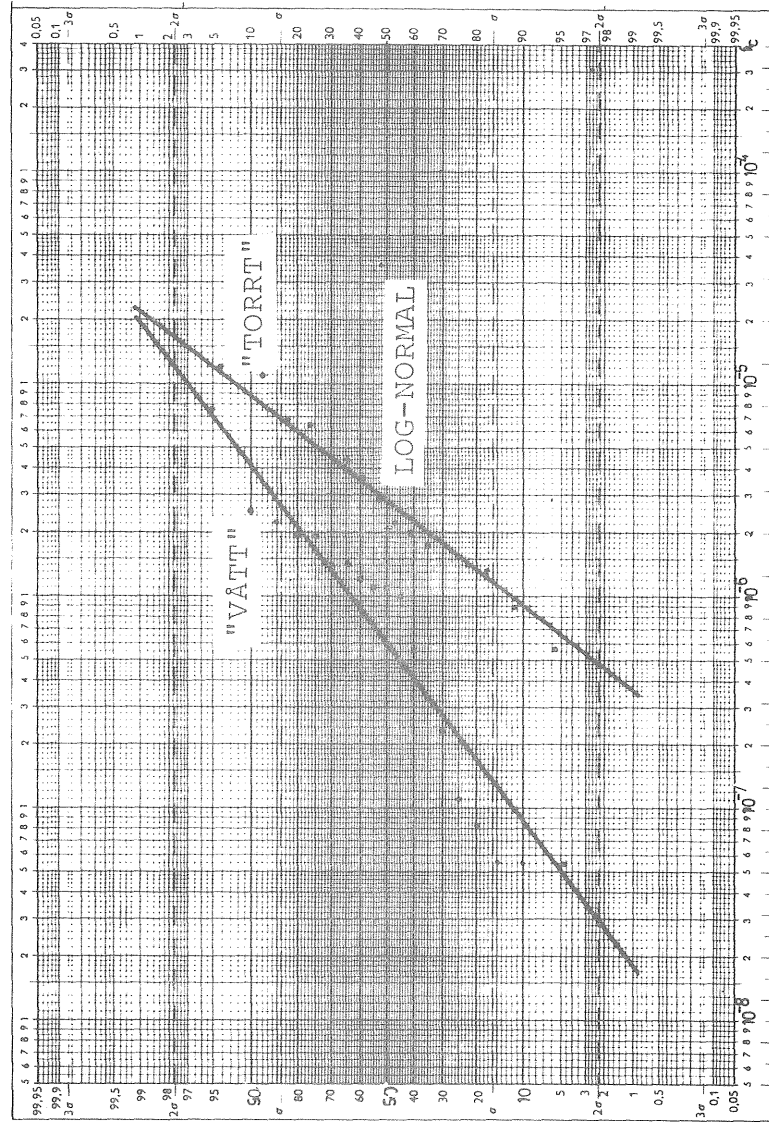
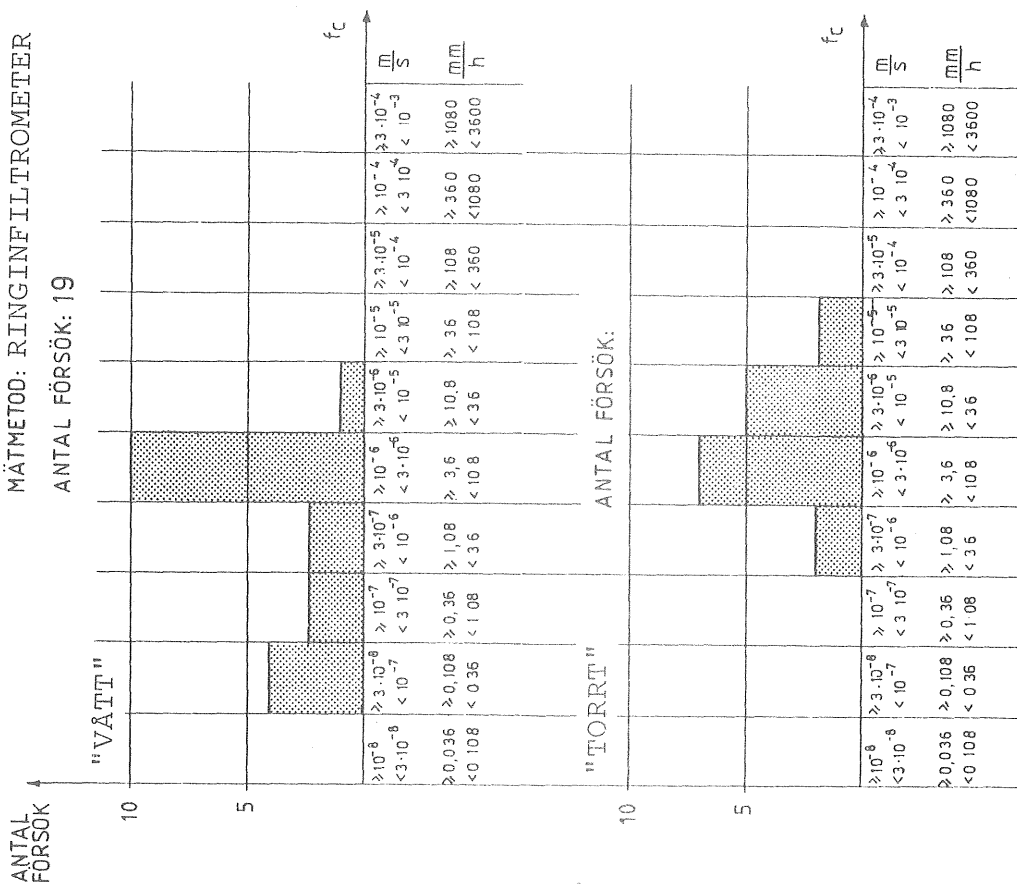
ANTAL
FÖRSÖK

JORDART: LERA
 MARKTYP: ANLAGD MARK, PÅ HUMUSSKIKT
 MÄTMETOD: RINGINGILTROMETER
 ANTAL FÖRSÖK: 37 (2 MÄTOMRÅDEN)



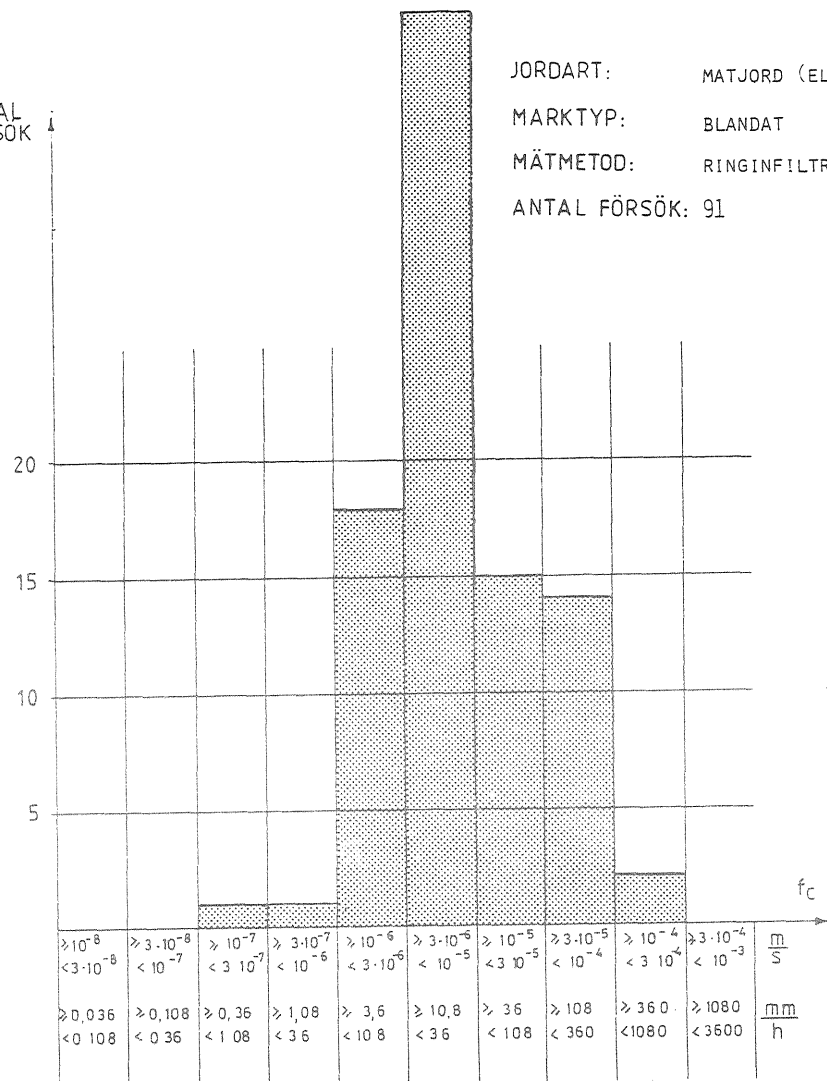
Figur 5.10 Histogram och fördelningskurvor för infiltrationsmätningar på lera, anlagd markyta, på humusskiikt.

JORDART: LERA
 MARKTYP: ANLAGD MARK PÅ HUMUSSKIKT
 MÄTMETOD: RINGINFILTRMETER
 ANTAL FÖRSÖK: 19



Figur 5.11 Jämförelse mellan "torra" och "våta" mätningar på lera.
 Histogram och fördelningskurvor.

ANTAL
FÖRSÖK

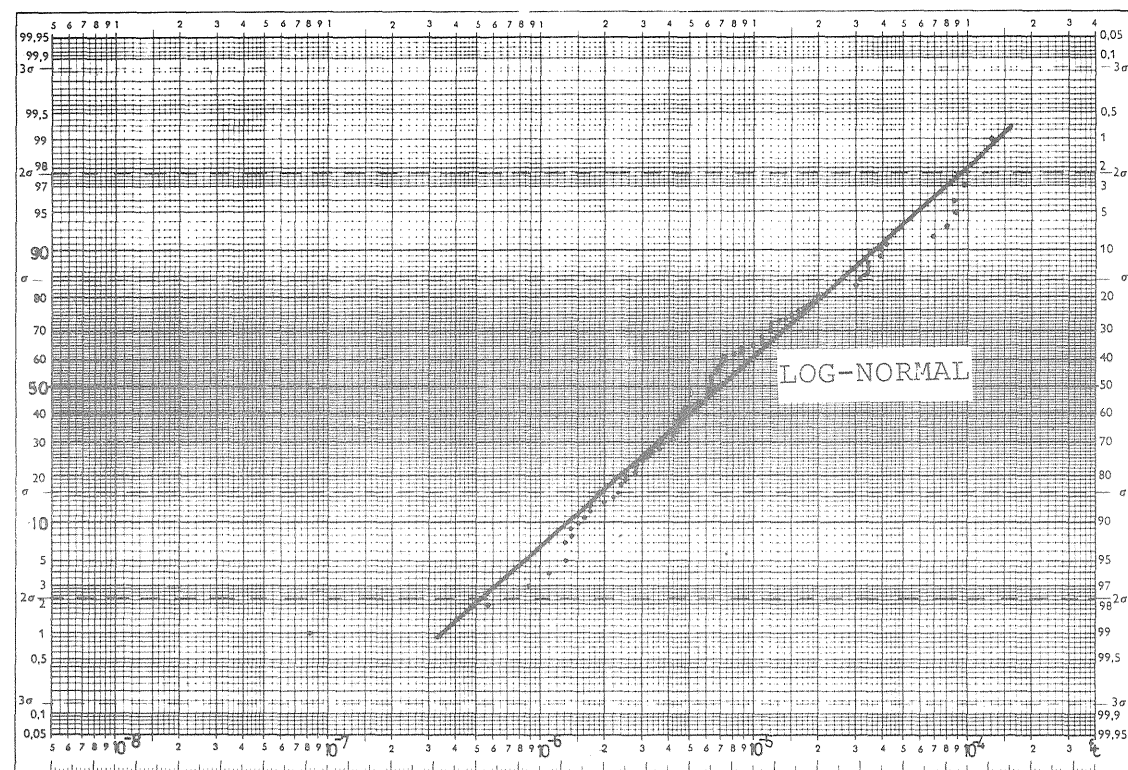


JORDART: MATJORD (ELLER HUMUSSKIKT) > 10 CM

MARKTYP: BLANDAT

MÄTMETOD: RINGINFILTRMETER

ANTAL FÖRSÖK: 91



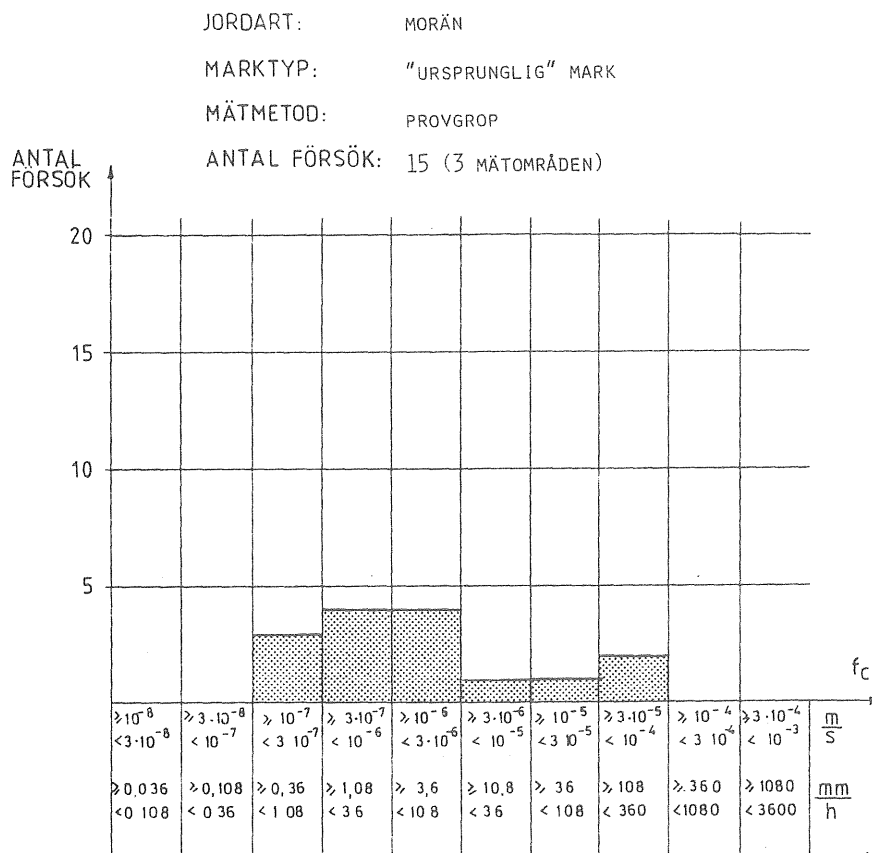
Figur 5.12 Histogram och fördelningskurva för infiltrationsmätningar på matjord.

- Morän 11 av mätningarna är utförda i morän som varit täckt med 10-30 cm matjord. Dessa värden varierar från $1.5 \cdot 10^{-7}$ till $2.1 \cdot 10^{-6}$ m/s. De fyra övriga mätningarna är gjorda i morän i skogsmark med mycket rötter. Här varierar värdena mellan $9 \cdot 10^{-6}$ och $2 \cdot 10^{-6}$, Fig 5.13.
- Sand Mätningarna är gjorda i sand med låg vattenhalt. Sex av de sju mätningarna kommer från mellansand. 2 mätningar är utförda i spadborrhål och de ger högre värden än provgropsmätningarna, Fig 5.14.
- Lera Endast tre provgropar är utförda i lera. En av dessa grävdes i skogsmark med mycket rötter. Permeabiliteten var i den gropen $2 \cdot 10^{-6}$ m/s medan den i de andra två, som grävdes i torrsorpelera var ca $2 \cdot 10^{-8}$ m/s, Fig 5.15.
- Kommen- I detta fall är det lättare att observera
tar skillnaden mellan jordarterna än vad det var i infiltrationsmätningarna.

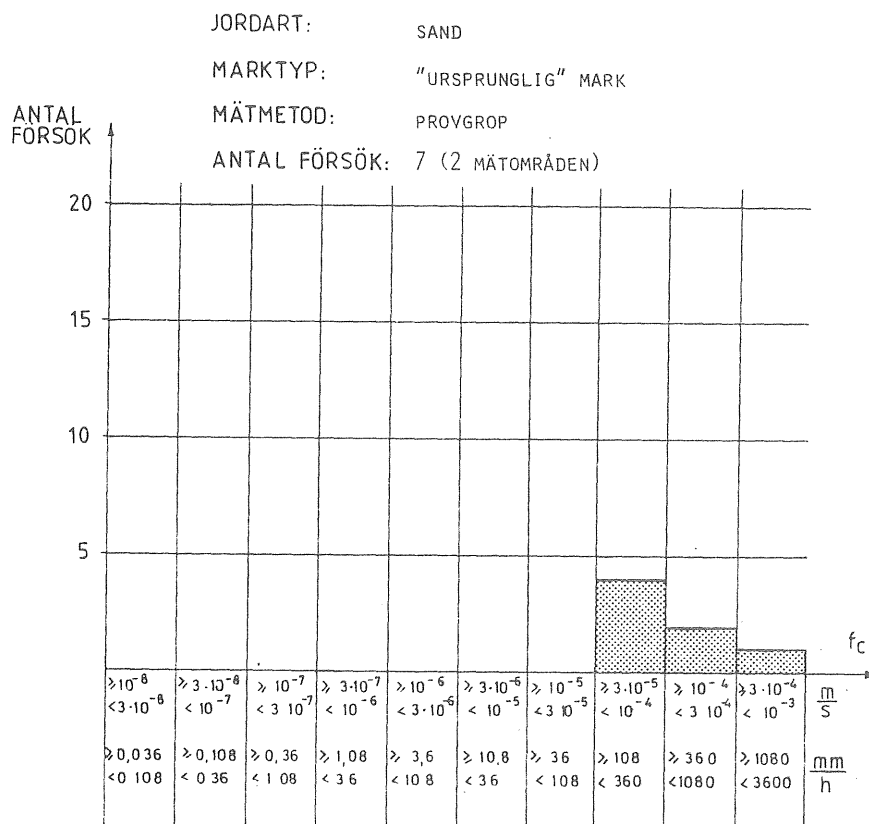
5.3.2 Anlagd markyta, provgrop och spadborrhål

Sand, 1 mätområde, 4 mätningar, $\bar{K}=7.1 \cdot 10^{-5}$ m/s=255.6 mm/h

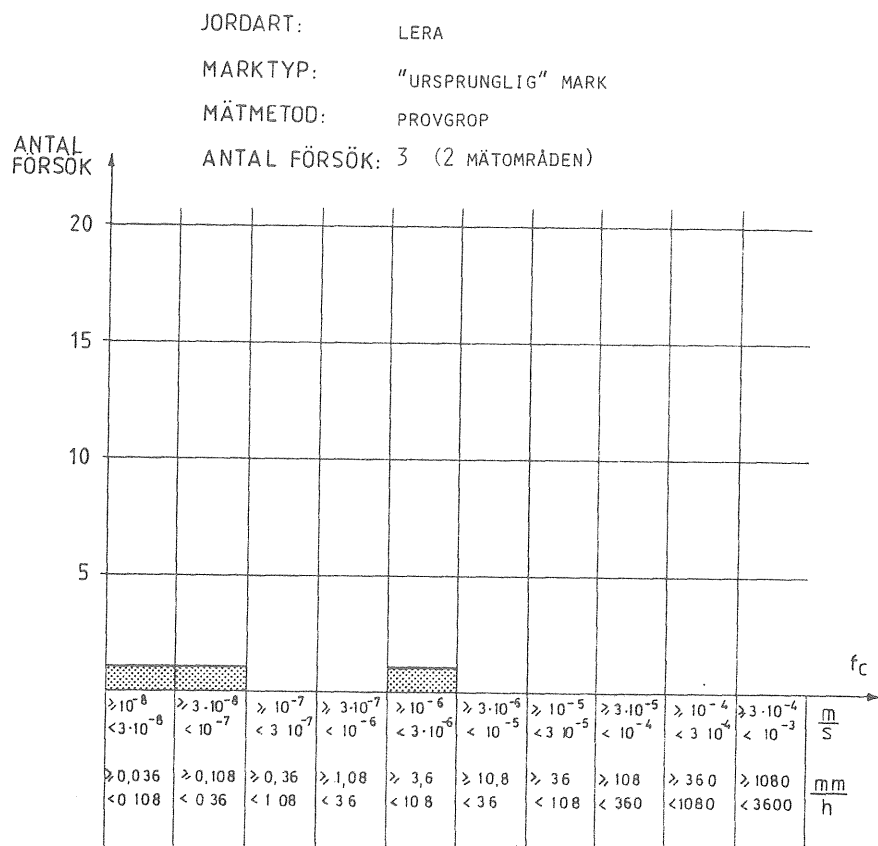
Samtliga mätningar är gjorda i packad sand. 3 st i provgrop och en i Auger hole. Den sistnämnda gav det högsta permeabilitetsvärdet $2 \cdot 10^{-4}$ och de andra varierade mellan $2.5 \cdot 10^{-5}$ och $4.4 \cdot 10^{-5}$ m/s, Fig 5.16.



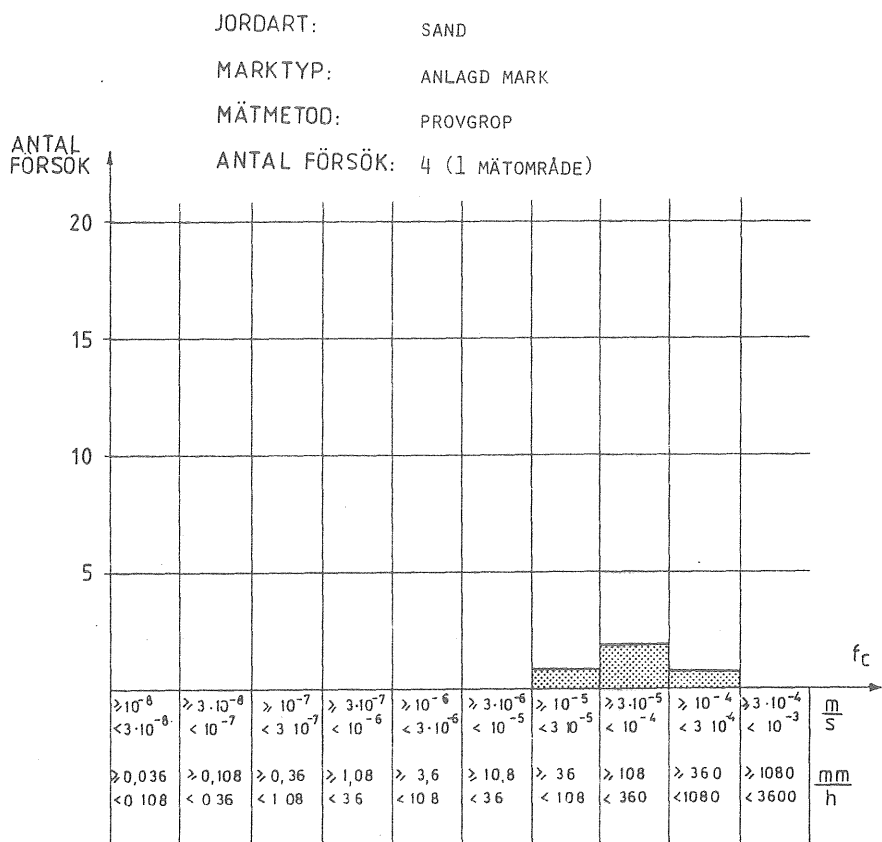
Figur 5.13 Histogram för provgropsmätningar i morän, "ursprunglig" markyta.



Figur 5.14 Histogram för provgropsmätningar i sand, "ursprunglig" markyta.



Figur 5.15 Histogram för provgropsmätningar i lera, "ursprunglig" markyta.



Figur 5.16 Histogram för provgropsmätningar i sand, anlagd markyta.

6. SLUTORD

6.1 Diskussion och kommentarer

I denna sammanställning har hydrogeologiska mätningar, utförda på olika områden, gruppindelats och bearbetats statistiskt. Gruppindelningen medför att områden med likartade geologiska förhållanden, ej identiska, sammanförs och på så sätt erhålls en förenkling av verkligheten.

Detta medför att fördelningskurvan för en grupp inte riktigt stämmer med kurvorna för de undersökta områdena. Som exempel kan visas mätningar gjorda på silt, anlagd markyta. Tittar vi först på den statistiska fördelningen för hela gruppen, fig 5.17, så ser vi att fördelningskurvan är bra anpassad till den empiriska fördelningen, men att olika lutningar kan urskiljas på olika avsnitt av den empiriska kurvan.

Mätningarna är utförda på två olika områden; område 1 (Nyberg, 1980), område 2 (Holmstrand, Wedel, 1976). Plottas varje område för sig, fig 5.18, erhålls två fördelningar, som skiljer sig från den totala fördelningen. Tittar vi på 10%- respektive 90%-värdena från fördelningskurvorna ser vi följande:

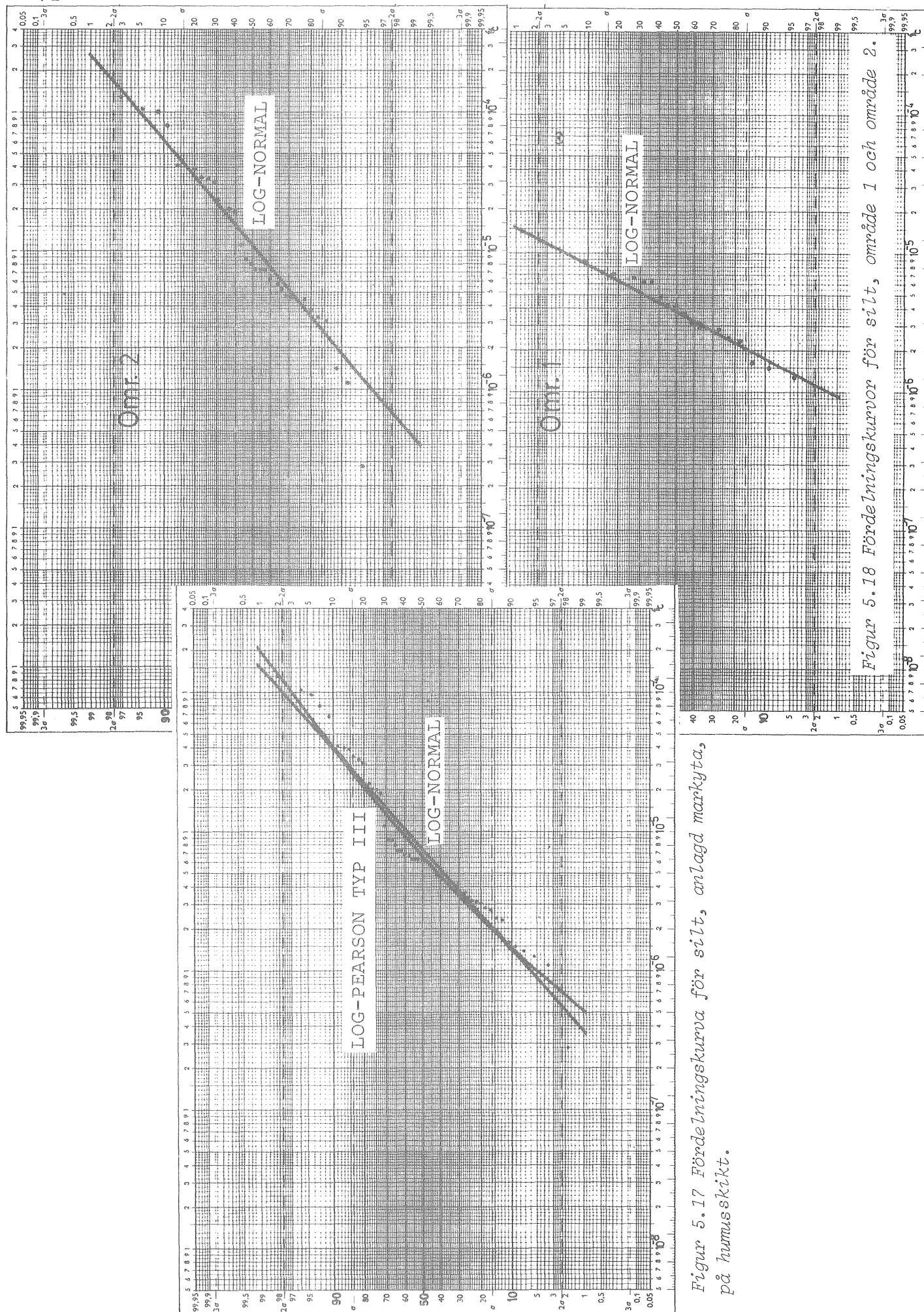
	10%	50%	90%
Hela gruppen	$1.4 \cdot 10^{-6}$	$7.4 \cdot 10^{-6}$	$4 \cdot 10^{-5}$ m/s
Område 1	$1.8 \cdot 10^{-6}$	$3.7 \cdot 10^{-6}$	$8 \cdot 10^{-6}$ "
Område 2	$1.7 \cdot 10^{-6}$	$1.1 \cdot 10^{-5}$	$6.2 \cdot 10^{-5}$ m/s

Mätvärdena från område 1 ligger inom ett snävt område medan värdena från område 2 är högre och mer spridda, därav lutningsändringen vid $f_c = 10^{-5}$ på den empiriska fördelningskurvan för hela gruppen, fig 5.17. 10%-värdena är ungefär lika men 90%-värdena skiljer sig ganska mycket åt.

På liknande sätt kan andra grupper delas upp och man ser då hur spridningen ökar med antalet områden. Detta är viktigt att tänka på om kurvorna används vid dimensionering.

Ytterligare problem som kan diskuteras:

- Mätvärden från område 1 (Nyberg, 1980) kan illustrera behandling av extremvärden vid framtagna av fördelningskurvor. 20 av mätvärdena ligger mellan 10^{-6} och 10^{-5} medan ett värde ligger på $7 \cdot 10^{-5}$. Uppritas en log-Pearson typ III fördelningskurva med extremvärdet i datamängden erhålls en krökt kurva. Om istället det extrema värdet stryks kommer log-Pearson typ III fördelningen och log-normalfördelningen att sammanfalla och kurvan får även en brantare lutning.



Figur 5.17 Fördelningskurva för silt, anlagd markyta, på humusläck.

Figur 5.18 Fördelningskurvor för silt, område 1 och område 2.

- Vissa av indelningsgrupperna innehåller få eller inga värden alls. Detta gör att sammanställningen är ofullständig eftersom fördelningskurvor saknas för några grupper. Speciellt skulle ytterligare mätningar på rena friktionsjordar, särskilt på silt, behöva utföras.
- Som avslutning på den statistiska bearbetningen grupperades mätningarna efter jordarten de var utförda på. Ingen hänsyn togs till marktyp eller mät-nivå. På så sätt kunde fördelningskurvor för de olika jordarterna konstrueras, fig 5.19, 5.20, 5.21, 5.22 + 5.23. Dessa kurvor kan användas för att be-döma lämplig jordart för infiltration.

Figur 5.23 redovisar samtliga CTH/GU-mätningar plus mätningar sammanställda av Lundberg, 1974. Mätning-arna från Lundberg är inte korrigerade.

6.2 Tillämpning av resultaten

Fördelningskurvorna är tänkta att användas vid dimen-sionering av infiltrationsanläggningar. Genom att sam-tidigt arbeta med statistiskt material över nederbörds-förhållanden och infiltrationskapacitet kan man få en god uppfattning om hur mycket vatten, som med olika sannolikheter skall tas om hand och hur mycket som kan tas om hand.

6.3 Felkällor och begränsningar

Som tidigare nämnts finns det många faktorer som bi-drager till att resultaten måste användas med försik-tighet. Än en gång kan nämnas att vissa av grupperna innehåller få mätningar, den geologiska miljön är ofull-ständigt beskriven, det är svårt att bedöma den domi-nerande jordarten mm. Se vidare kap 4.1.

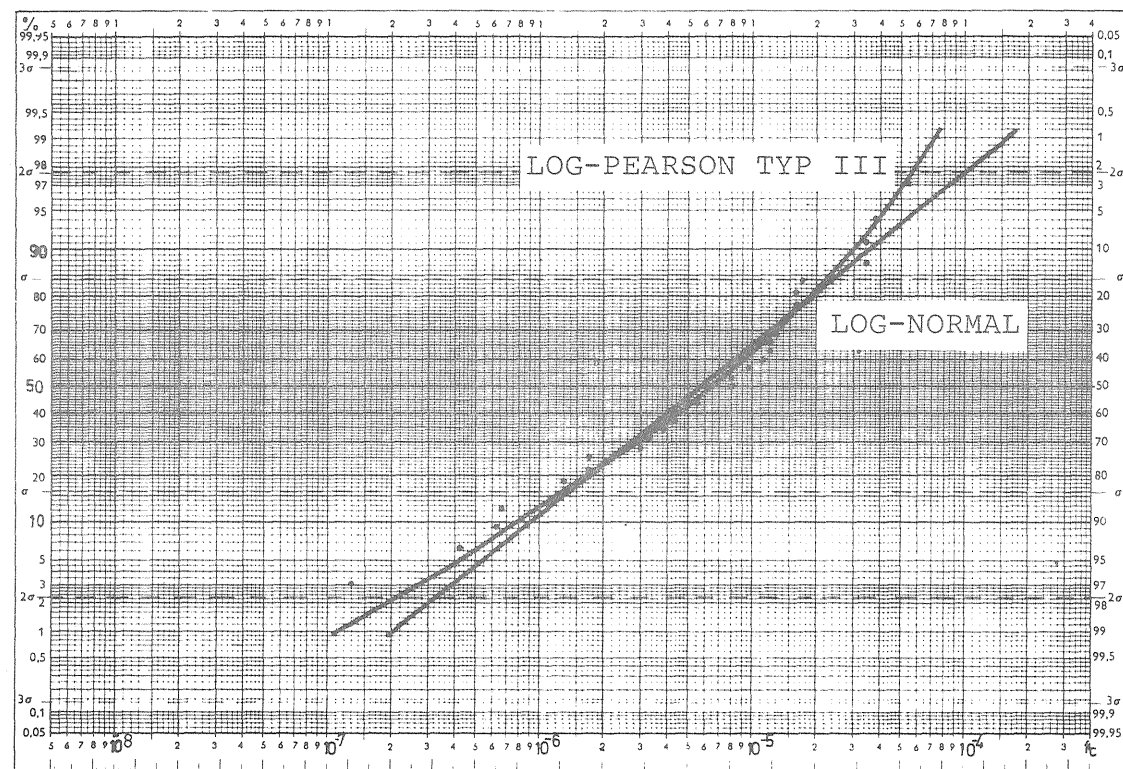
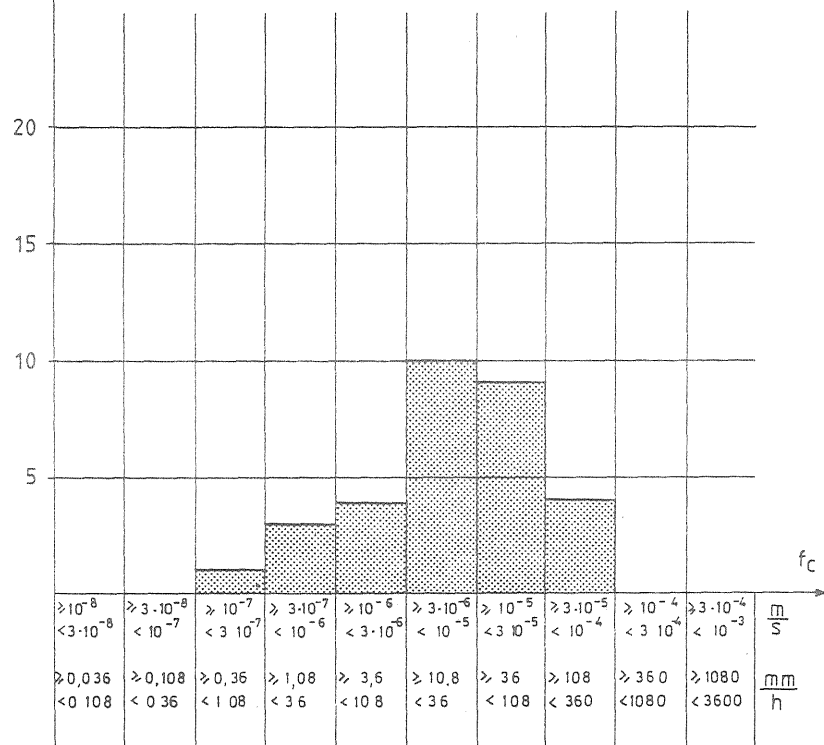
En annan orsak till resultatens begränsade tillförlit-lighet är att infiltrationsmätningarna utförts av många olika personer. Skillnader i utförandet, speciellt i fråga om infiltrometermätningarnas varaktighet, kan ge olika värden på infiltrationskapaciteten. Vid prov-gropsförsök har markens vattenhalt stor betydelse. Det är därför viktigt att vattenmätta material runt provgropen före försökets start. Har inte detta skett kan slutresultatet bli felaktigt.

För att ge ett mer tillfredsställande underlag för bedömningar borde flera parametrar jämföras, t ex hu-mushalt, vattenhalt och grundvattenförhållanden.

Med ovanstående begränsningar i åtanke, kan man använda fördelningskurvorna, för att få en ungefärlig uppfatt-ning om hur stor och hur varierande infiltrationskapa-citeten är i en speciell geologisk miljö.

ANTAL
FÖRSÖK

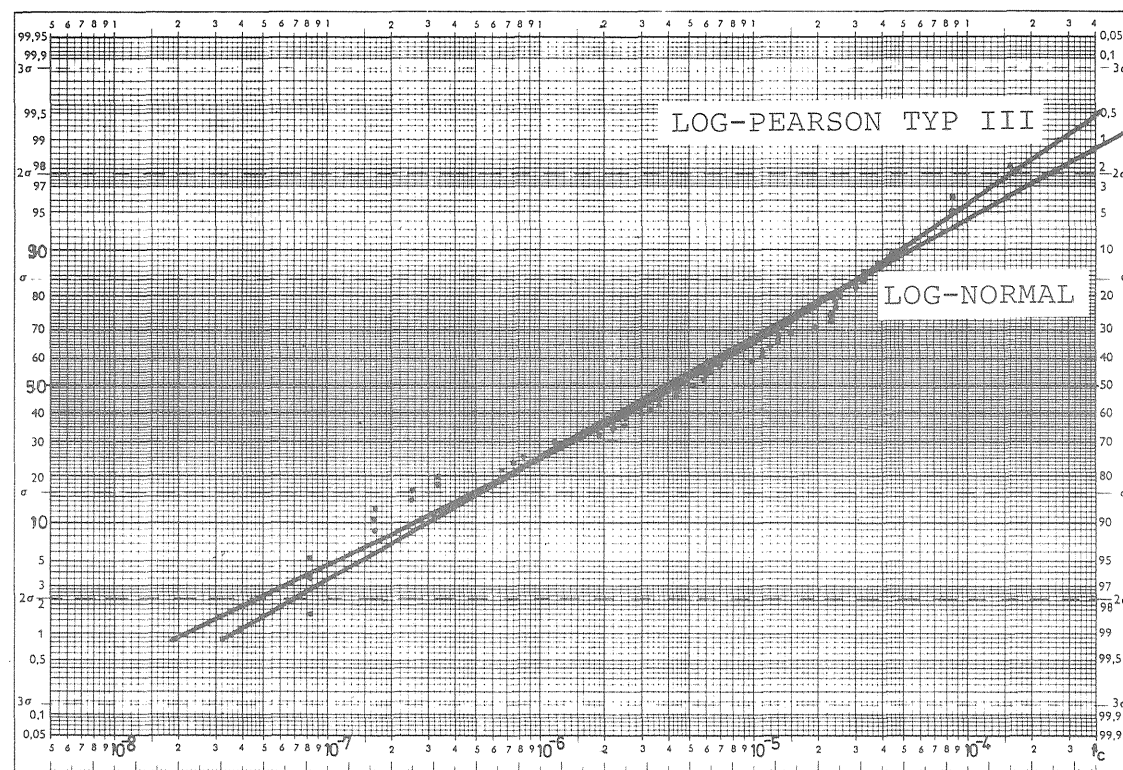
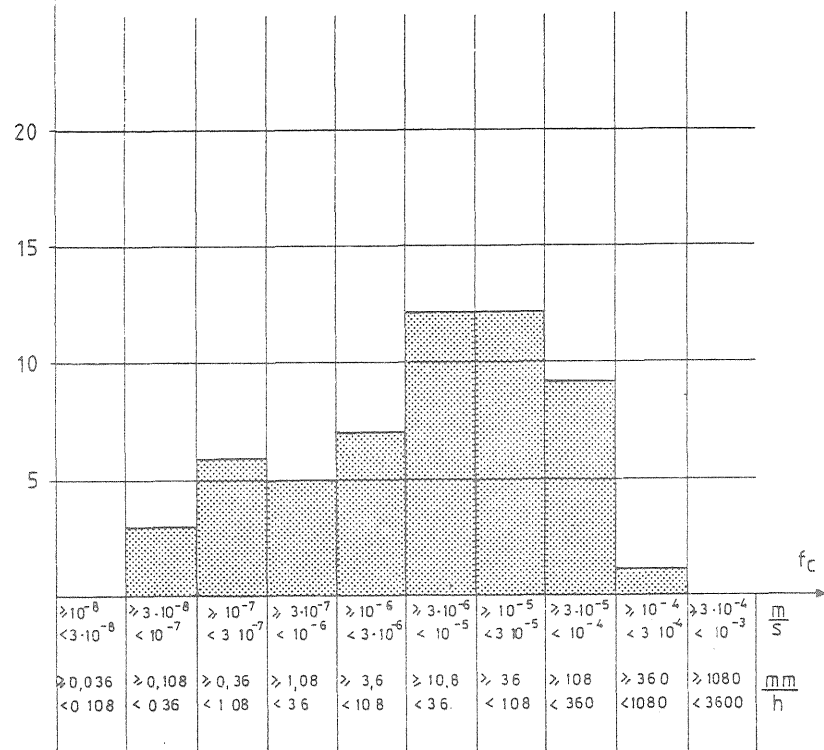
JORDART: MORÄN
 MARKTYP: "BLANDAT"
 MÄTMETOD: RINGINFILTRMETER
 ANTAL FÖRSÖK: 31 (8 MÄTOMRÅDEN, SAMTLIG CTH/GU-MÄTNINGAR
 OBEROENDE AV MARKTYP)



Figur 5.19 Histogram och fördelningskurva för samtliga moränmätningar.

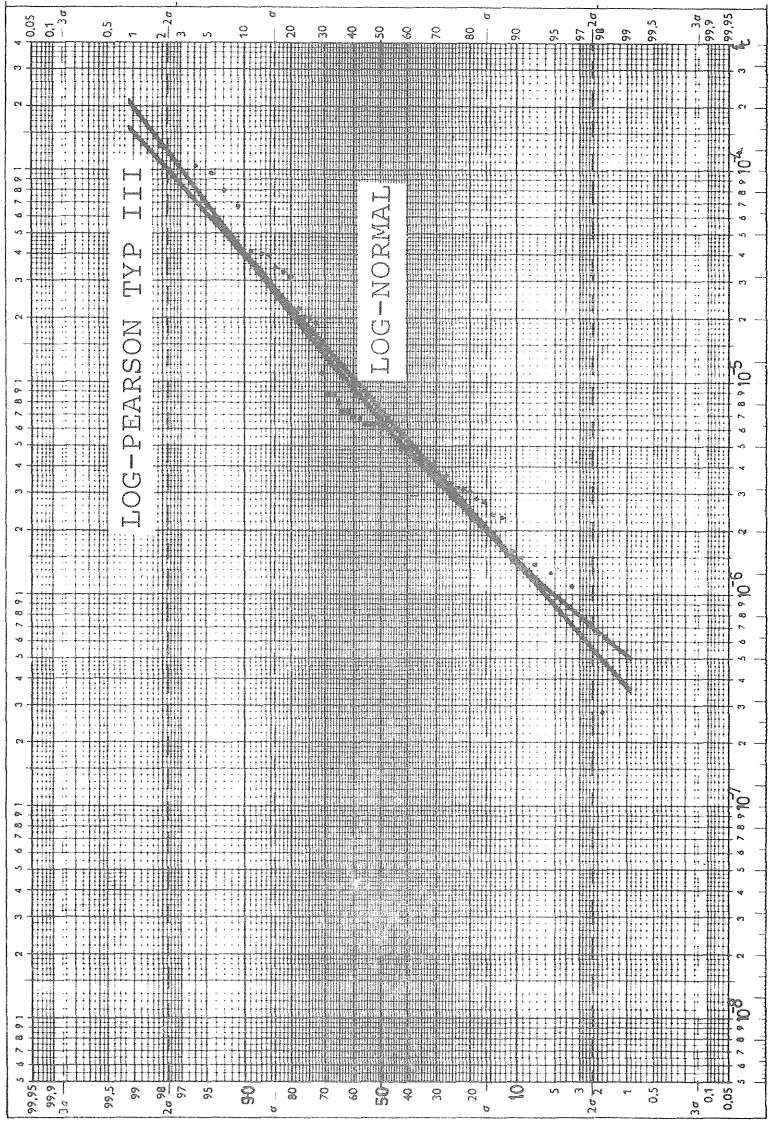
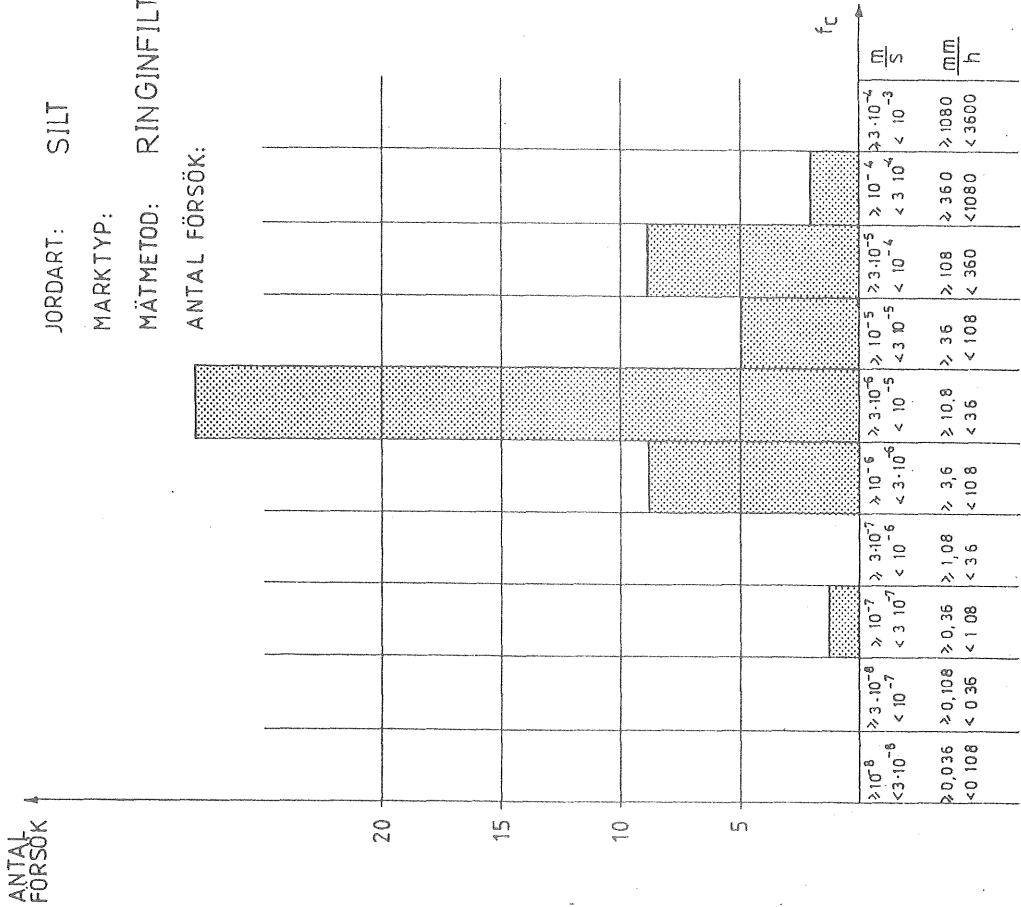
ANTAL
FÖRSÖK

JORDART: SAND
 MARKTYP: BLANDAT
 MÄTMETOD: RINGINFILTROMETER
 ANTAL FÖRSÖK: 55 (9 MÄTOMRÅDEN, SAMTLIGA CTH/GU-MÄTNINGAR
 OBEROENDE AV MARKTYP)



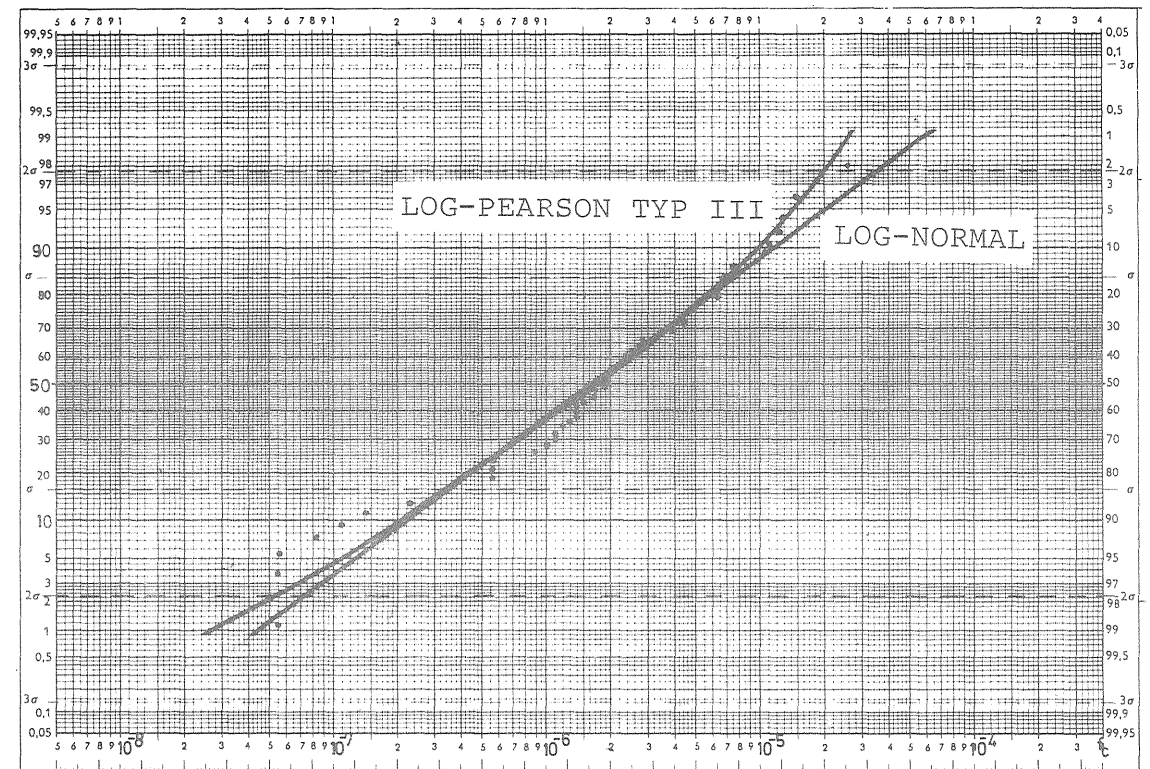
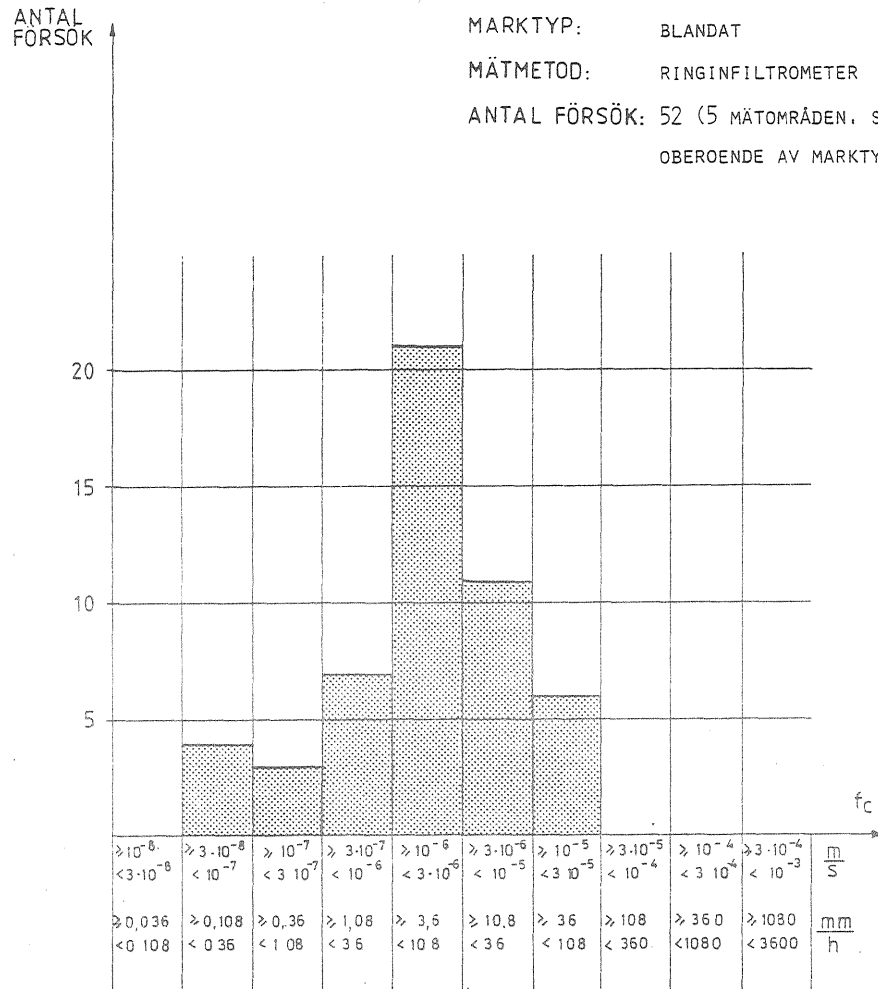
Figur 5.20 Histogram och fördelningskurva för samtliga sandmätningar.

JORDART: SILT
MARKTYP:
MÄTMETOD: RINGINFILTRROMETER
ANTAL FÖRSÖK:



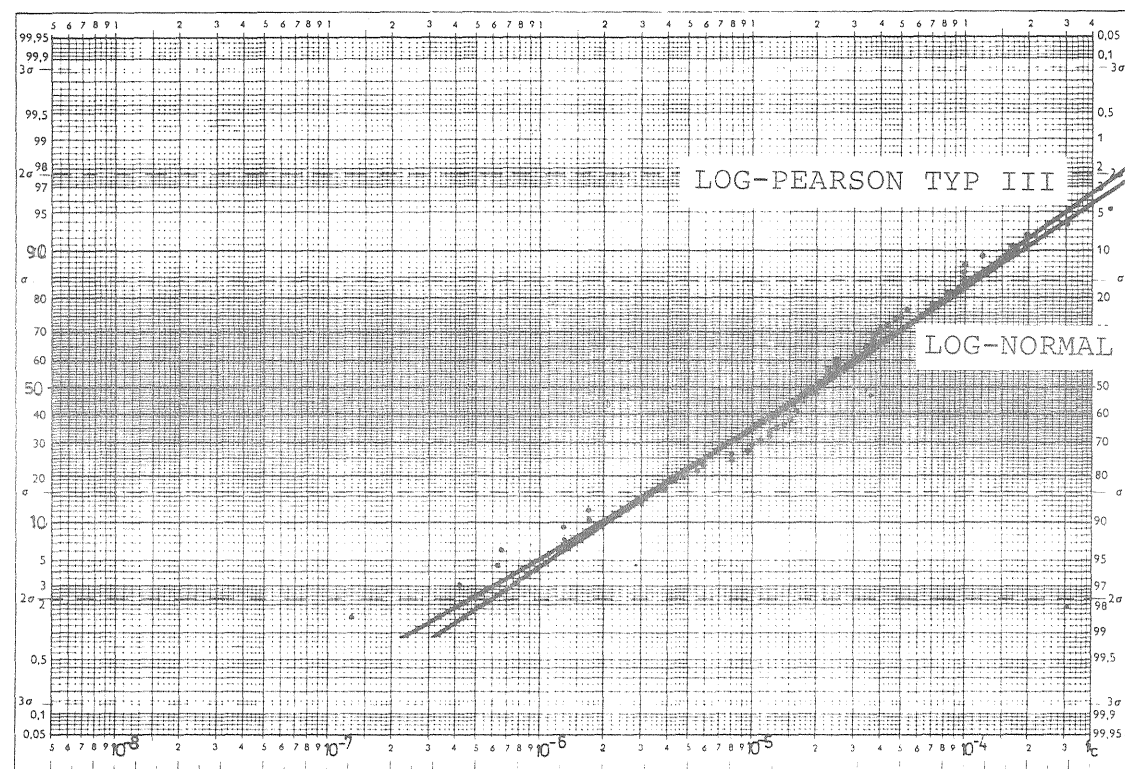
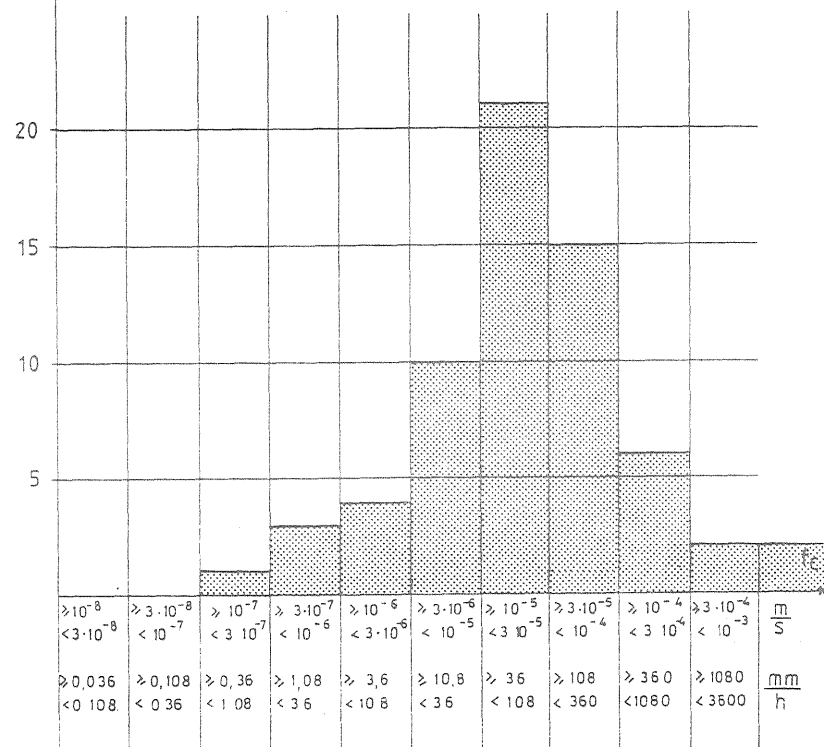
Figur 5.21 Histogram och fördelningskurva för samtliga silt-mätningar.

JORDART: LERA
 MARKTYP: BLANDAT
 MÄTMETOD: RINGINFILTROMETER
 ANTAL FÖRSÖK: 52 (5 MÄTOMRÅDEN, SAMTLIGA CTH/GU -MÄTNINGAR
 OBEROENDE AV MARKTYP)



Figur 5.22 Histogram och fördelningskurva för samtliga lermätningar.

JORDART: MORÄN
 MARKTYP: BLANDAT
 MÄTMETOD: RINGINFILTROMETER
 ANTAL FÖRSÖK: 64 (SAMTLIGA CTH/GU-MÄTNINGAR + MÄTNINGAR
 SAMMANSTÄLLDA ENLIGT LUNDBERG, 1974)

 ANTAL
 FÖRSÖK


Figur 5.23 Histogram och fördelningskurvor för samtliga moränmätningar + mätningar sammanställda enligt Lundberg, 1974.

REFERENSER

- Engdahl, M, 1975. Bestämning av infiltrationskapacitet i främst lerjordar inom Angered, Göteborg (CTH/GU, Geologiska institutionen). C-kursarbete, Publ B49. Göteborg.
- Ericsson L O, Hård S, 1978. Infiltrationsundersökningar i stadsdelen Ryd, Linköping. (CTH, Geohydrologiska forskningsgruppen). Meddelande nr 32. Göteborg.
- Ericsson L O, 1978. Infiltrationsprocessen i en dagvattenmodell. (CTH, Geohydrologiska forskningsgruppen.) Meddelande nr 30. Göteborg.
- Ericsson L O, 1978. Permeabilitetsbestämning i fält vid perkolationsmagasin (CTH, Geohydrologiska forskningsgruppen.) Meddelande nr 31. Göteborg.
- Holmstrand O, Wedel P, 1976. Markvattenundersökningar i ett urbant område. (CTH, Geohydrologiska forskningsgruppen.) Meddelande nr 17. Göteborg.
- Hydrologi för V2, 1978. Undervisningsskrift 1978:06. (CTH, Institutionen för vattenbyggnad.) Göteborg.
- Hård S, Jonasson S, Holm T, 1979. Dagvatteninfiltration på grönytor - litteraturstudie, kunskapssammanställning och hypotes. (CTH, Geohydrologiska forskningsgruppen.) Meddelande nr 45. Göteborg.
- Hård S, 1979. Bestämning av markytans infiltrationskapacitet vid Ronneby flygplats. (CTH/GU, Geologiska institutionen). Rapport Publ. B 135. Göteborg.
- Jonasson S A, 1979. Dimensionering av perkolationsmagasin. (CTH/GU, Geologiska institutionen). Examensarbete, Publ B 138. Göteborg.
- Kaufman H, Röine D, 1978. Bestämning av hydraulisk konduktivitet i markens omättade zon. (CTH/GU, Geologiska institutionen). Examensarbete, Publ B 122. Göteborg.
- Lind B B, 1977. Kvartära avlagringar och geohydrologiska förhållanden i Halmstad. (CTH/GU, Geologiska institutionen). C-kursarbete, Publ B 85. Göteborg.
- Lind B B, Nordin G, 1978. Geohydrologi och vegetation i Dalen 5, Karlskoga (CTH, Geohydrologiska forskningsgruppen). Meddelande nr 34. Göteborg.

- Lindblad A, Sandstedt L, 1980. Naturanpassad stadsplanering i Dalen 5, Karlskoga. Uppföljning under byggnadsskedets inledning. (CTH/GU, Geologiska institutionen). Examensarbete, Publ B 154. Göteborg.
- Lundberg A, 1974. Infiltration och perkolation i det översta markskiktet. En sammanställning av utförda undersökningar i Norden. IHD, Statens Naturvetenskapliga Forskningsråd. Rapport nr 35. Stockholm.
- Nyberg T, 1980. Infiltration på grönytor. Differenser i infiltration orsakade av skillnader i packningsgrad av grönytor. (CTH/GU, Geologiska institutionen). C-kursarbete, Konzept. Göteborg.
- Olsson J-A, Sääf L-J, 1978. Bestämning av hydraulisk konduktivitet i markens omättade zon. (CTH/GU, Geologiska institutionen). Examensarbete, Publ B 116. Göteborg.
- Rudemo M, Råde L, 1965. Sannolikhetslära och statistik med tekniska tillämpningar. Del I. Biblioteks-förlaget, Stockholm.
- Torrång O, 1979. Mätning av infiltrationskapacitet och permeabilitet - metodbeskrivning och jämförelse av mätresultat. (CTH/GU, geologiska institutionen). C-kursarbete, Publ B 126. Göteborg
- Wedel P, 1978. Grundvattenbildning, samspelet jordlager och berggrund. (CTH, Geohydrologiska forskningsgruppen). Meddelande nr 22. Göteborg.

Institutionerna för
Geologi
Geoteknik med grundläggning
Vattenbyggnad
Vattenförsörjnings- och avloppsteknik

Meddelande:

- nr 1 Urbaniseringsprocessens inverkan på ytvattenavrinning och grundvattenbildning. Lägesrapporter (1972-07-01 - 1973-03-01). 1973. 100 sidor. (Utgången)
- nr 2 Leif Carlsson: Grundvattenavsänkning Del 1. Evaluering av akviferers geohydrologiska data med hjälp av provpumpningsdata. 1973. 67 sidor.
- nr 3 Leif Carlsson: Grundvattenavsänkning Del 2. Evaluering av lågpermeabla lagers hydrauliska diffusivitet med hjälp av provpumpningsdata. 1973. 17 sidor.
- nr 4 Viktor Arnell: Nederbördsräknare. En sammanställning av några olika mätartyper. 1973. 39 sidor. (Utgången)
- nr 5 Viktor Arnell: Intensitets-varaktighetskurvor för häftiga regn i Göteborg under 45-årsperioden 1926-1971. 1974. 68 sidor.
- nr 6 Urbaniseringsprocessens inverkan på ytvattenavrinning och grundvattenbildning. Lägesrapporter (1973-03-01 - 1974-02-01). 1974. 167 sidor.
- nr 7 Olov Holmstrand, Per O Wedel: Ingenjörsgelogiska kartor - litteraturstudier. 1974. 55 sidor. (Utgången)
- nr 8 Anders Sjöberg: Interim Report. Mathematical Models for Gradually Varied Unsteady Free Flow. Development and Discussion of Basic Equations. Preliminary Studies of Methods for Flood Routing in Storm Drains. 1974. 74 sidor. (Utgången).
- nr 9 Olov Holmstrand (red.): Seminarium om ingenjörsgelogiska kartor. 1974. 38 sidor. (Utgången).
- nr 10 Viktor Arnell, Börje Sjölander: Mätning av nederbördsintensiteter i Göteborgsregionen. Stationsbeskrivning. 1974. 53 sidor. (Utgången).
- nr 11 Per-Arne Malmquist, Gilbert Svensson: Dagvattnets beskaffenhet och egenskaper. Sammanställning av utförda dagvattenundersökningar i Stockholm och Göteborg 1969-1972. Engelsk sammanfattning. 1974. 46 sidor. (Utgången).
- nr 12 Viktor Arnell, Sven Lyngfelt: Interimrapport. Beräkningsmodell för simulering av dagvattenflöde inom bebyggda områden. Geohydrologiska forskningsgruppen i samarbete med VA-verket i Göteborg, meddelande nr 12, 1975. 50 sidor.
- nr 13 Viktor Arnell, Sven Lyngfelt: Nederbörds-avrinningsmätningar i Bergsjön, Göteborg 1973-1974. 1975. 92 sidor.
- nr 14 Per-Arne Malmquist, Gilbert Svensson: Delrapport. Dagvattnets sammansättning i Göteborg. Engelsk sammanfattning. 1975. 73 sidor.
- nr 15 Dagvatten. Uppsatser presenterade vid konferens om urban hydrologi i Sarpsborg 1975. 1976. 33 sidor. 15:--. Följande uppsatser ingår:
Arnell V. Beräkningsmetod för analys av dagvattenflödet inom ett urbant område.
Lyngfelt S. Nederbörds-avrinningsstudier i Bergsjön, Göteborg.
Sjöberg A. CTH-ledningsnätmodell DAGVL-A.
Svensson G. Dagvattnets sammansättning, inverkan av urbanisering. (Utgången).
- nr 16 Grundvatten. Uppsatser presenterade vid konferens om urban hydrologi i Sarpsborg 1975. 1976. 43 sidor. 15:--. Följande uppsatser ingår:
Andréasson L, Cederwall K. Rubbningar av grundvattenbalansen i urbana områden.
Carlsson L. Djupinfiltration i slutna akviferer.
Torstensson B-A. Följder av grundvattensänkning inom lerområden.
Wedel P. Exempel på dränering av jordlager på grund av tunnelbyggande. (Utgången).
- nr 17 Olov Holmstrand, Per Wedel: Markvattenundersökningar i ett urbant område. 1976. 127 sidor.
- nr 18 Göran Ejdeling: Beräkningsmodeller för prognos av grundvattenförhållanden. 1978. 130 sidor.
- nr 19 Viktor Arnell, Jan Falk, Per-Arne Malmquist: Urban Storm Water Research in Sweden. 1977. 30 sidor.
- nr 20 Viktor Arnell: Studier av amerikansk dagvattenteknik. Resa i december 1976. 1977. 64 sidor.
- nr 21 Leif Carlsson: Reserapport från studieresa i USA samt deltagande i 2nd International Symposium on Land Subsidence in Anaheim, USA. 29 nov-17 dec 1976. 1977. 61 sidor.
- nr 22 Per O Wedel: Grundvattenbildning, samspelet jordlager och berggrund. Exemplifierat från ett försöksområde i Angered. 1978. 130 sidor.
- nr 23 Viktor Arnell: Nederbördsdata vid dimensionering av dagvattensystem med hjälp av detaljerade beräkningsmodeller. En inledande studie. 1977. 29 sidor.
- nr 24 Leif Carlsson, Klas Cederwall: Urbaniseringsprocessens inverkan på ytvattenavrinning och grundvattenbildning. Geohydrologisk forskning vid CTH, Sektion V, under perioden 1972-75. 1977. 17 sidor
- nr 25 Lars O Ericsson (red.): Lokalt omhändertagande av dagvatten. Delrapport från första verksamhetsåret 1976-02-01 - 1977-01-31. 1977. 120 sidor.
- nr 26 Ann-Carin Andersson, Jan Berntsson: Kontrollerad grundvattenbalans genom djupinfiltration. En inventering av djupinfiltrationsprojekt. 1978. 273 sidor.
- nr 27 Anders Eriksson, Per Lindvall: Lokalt omhändertagande av dagvatten. Resultatredovisning av enkät rörande drift och konstruktion av perkolationsanläggningar. 1978. 126 sidor.

- nr 28 Olov Holmstrand (red.): Lokalt omhändertagande av dagvatten. Delrapport nr 2 från perioden 1977-02-01 - 1977-11-30. 1978. 69 sidor.
- nr 29 Leif Carlsson: Djupinfiltrationsstudier i Angered. 1978. 70 sidor.
- nr 30 Lars O Ericsson: Infiltrationsprocessen i en dagvattenmodell. Teori, Undersökning, Mätning och Utvärdering. 1978. 45 sidor.
- nr 31 Lars O Ericsson: Permeabilitetsbestämning i fält vid perkolationsmagasin. Dimensionering. 1978. 15 sidor.
- nr 32 Lars O Ericsson, Stig Hård: Infiltrationsundersökningar i stadsdelen Ryd, Linköping. 1978. 145 sidor.
- nr 33 Jan Hällgren, Per-Arne Malmquist: Urban Hydrology Research in Sweden 1978. Swedish Coordinating Committee for Urban Hydrology Research. 1978. 14 sidor.
- nr 34 Bo Lind, Göte Nordin: Geohydrologi och vegetation i Dalen 5, Karlskoga. 1978. 63 sidor.
- nr 35 Eivor Bucht, Bo Lind: Metodfrågor vid naturanpassad stadsplanering - erfarenheter från studie i Karlskoga. 1978. 65 sidor.
- nr 36 Anders Sjöberg, Jan Lundgren, Thomas Asp, Henriette Melin: Manual för ILLUDAS (version S2). Ett datorprogram för dimensionering och analys av dagvattensystem. 1979. 67 sidor.
- nr 37 Per-Arne Malmquist m fl: Papers on Urban Hydrology 1977-78. 99 sidor.
- nr 38 Viktor Arnell, Per-Arne Malmquist, Bo-Göran Lindquist, Gilbert Svensson: Uppsatser om Dagvattenteknik 1978. 30 sidor.
- nr 39 Bo Lind: Dagvatteninfiltration - förutsättningar inom ett bergsområde, Östra Gårdsten i Göteborg. 1979. 32 sidor.
- nr 40 Per-Arne Malmquist (red.): Geohydrologiska forskningsgruppen 1972-78. Sammanställning av uppnådda resultat. 1979. 96 sidor. Kostnadsfri.
- nr 41 Gilbert Svensson, Kjell Øren: Planeringsmodeller för avloppssystem. NIVA-modellen tillämpad på Torslanda avrinningsområde. 1979. 71 sidor.
- nr 42 Per-Arne Malmquist (red.): Infiltrera dagvatten. Diskussioner och figurer från CTH-seminarium 1979-04-20. 1979. 86 sidor.
- nr 43 Bo Lind: Dagvatteninfiltration - perkolationsanläggning i Halmstad. 1979. 58 sidor.
- nr 44 Viktor Arnell, Thomas Asp: Beräkning av bräddvattenmängder. Nederbördens varaktighet och mängd vid Lundby i Göteborg 1921-1939. 1979. 80 sidor.
- nr 45 Stig Hård, Thomas Holm, Sven Jonasson: Dagvatteninfiltration på grönytor - Litteraturstudie, kunskapssammanställning och hypotes. 1979. 278 sidor.
- nr 46 Per-Arne Malmquist, Per Lindvall: Dräneringsrörs igensättning - en jämförande laboratoriestudie. 1979. 44 sidor.
- nr 47 Per-Arne Malmquist, Gunnar Lannér, Erland Högberg, Per Lindvall: SÖDRA NÄSET - ett exempel på för- enklad utformning av gator och dagvattensystem i ett upprustningsområde. 1980.
- nr 48 Viktor Arnell, Håkan Strandner, Gilbert Svensson: Dagvattnets mängd och beskaffenhet i stadsdelen Ryd i Linköping, 1976-77. 1980.
- nr 49 Lars O. Ericsson, Stig Hård: Termisk registrering, en metod att kartera markvattenhalt - Termovisionsförsök i klimatkammare. 1980. 65 sidor.
- nr 50 Viktor Arnell: Dimensionering och analys av dagvattensystem. Val av beräkningsmetod. 1980. 56 sidor, 22 figurer.
- nr 51 Lars O Ericsson: Markvattenförhållanden i urbana områden. Slutrapport.
- nr 52 Olov Holmstrand (red): Ingenjörsgelogisk kartering. Seminarium 1980-04-17. 110 sid, 25:- kr.
- nr 53 Olov Holmstrand: Lokalt omhändertagande av dagvatten. Sammanfattning av forskning om dagvatteninfiltration vid CTH 1976-79. 90 sid. 25:- kr.
- nr 54 Olov Holmstrand, Bo Lind, Per Lindvall, Lars-Ove Sörman: Perkolationsmagasin i ett lerområde. Lokalt omhändertagande av dagvatten i Bratthammar, Göteborg. 172 sidor. 25:- kr.
- nr 55 Erland Högberg, Gunnar Lannér: Gatuplanering i bostadsområden i utlandet. Nya principer och lösningar i Danmark, Holland och England. 1981. 25:- kr. 110 sidor.
- nr 56 Sven Lyngfelt: Dimensionering av dagvattensystem. Rationella metoden. 1981. 25:- kr. 82 sidor.
- nr 57 Erland Högberg: Samband mellan gatustandard och trafiksäkerhet i bostadsområden. En förstudie. 1981. 25:- kr.
- nr 58 Jan A Berntson: Portryckförändringar och markrörelser orsakade av trädvegetation. 1980. 25:- kr. 121 sidor.
- nr 59 Per-Arne Malmquist, Stig Hård: Grundvattenpåverkan av dagvatteninfiltration. 1981. 25:- kr
- nr 60 Annika Lindblad: Infiltrationsmätningar utförda vid Geologiska institutionen, CTH/GU, 1972-1980. Sammanställning och statistisk bearbetning. 1981. 78 sidor. 25:- kr.

