



CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN

Geologi

Geoteknik med grundläggning

Vattenbyggnad

Vattenförsörjnings - och avloppsteknik

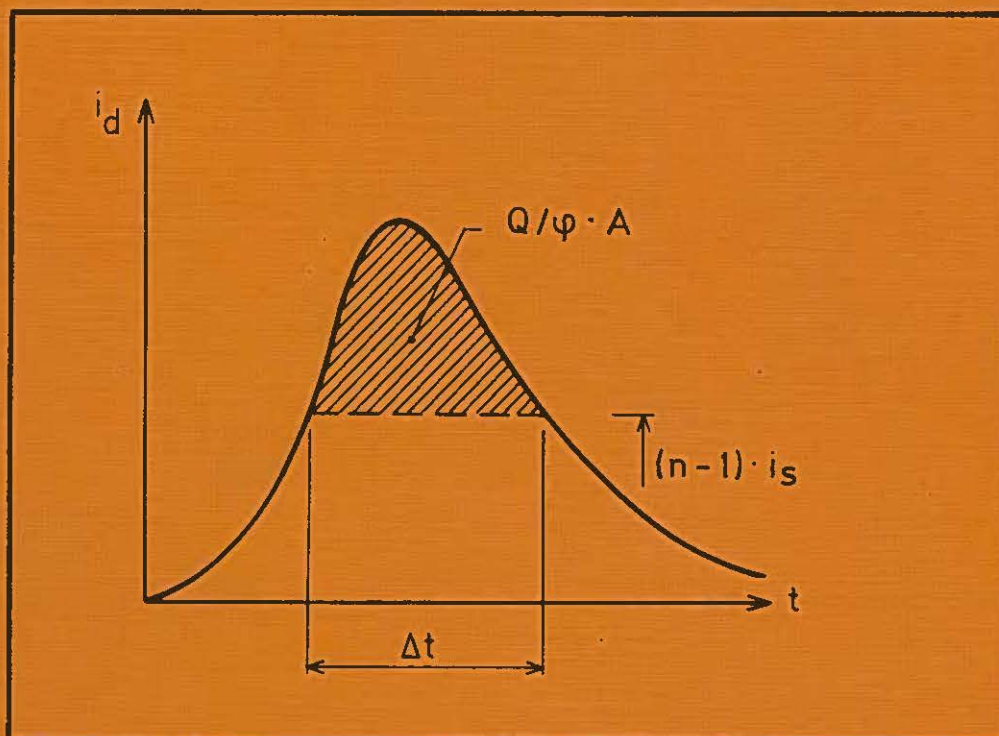


I samarbete med VA - VERKET GÖTEBORG

ISSN 0347 - 8165

Beräkning av bräddvattenmängder

NEDERBÖRDENS VARAKTIGHET OCH MÄNGD VID LUNDBY I GÖTEBORG 1921 - 1939



VIKTOR ARNELL
THOMAS ASP



CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN

Geologi

Geoteknik med grundläggning

Vattenbyggnad

Vattenförsörjnings - och avloppsteknik



I samarbete med VA - VERKET GÖTEBORG

ISSN 0347 - 8165

Beräkning av bräddvattenmängder

NEDERBÖRDENS VARAKTIGHET OCH MÄNGD VID LUNDBY I GÖTEBORG 1921 - 1939

ADRESS: Geohydrologiska forskningsgruppen
Chalmers tekniska högskola
412 96 Göteborg

VIKTOR ARNELL
THOMAS ASP

FÖRORD

Föreliggande rapport redovisar nederbördsstatistik för en mätstation i Göteborg. Resultatet är avsett att användas vid överslagsberäkning av bräddade vattenvolymer och uppskattning av bräddvaraktigheter. Rapporten är resultatet av ett samarbete mellan Göteborgs vatten- och avloppsverk och Chalmers tekniska högskola.

Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut har även deltagit i arbetet. Arbetet är finansierat av de deltagande institutionerna samt av Statens råd för byggnadsforskning (BFR proj.nr 750150-1 och 780257-8).

Programmering och datorbearbetningar har utförts av Thomas Asp. Rapporten har skrivits av Viktor Arnell. Figurer och diagram har ritats av Alicja Janiszewska.

Göteborg i september 1979.

Viktor Arnell

INNEHÅLL	SID
SAMMANFATTNING	1
TABELLFÖRTECKNING	5
FIGURFÖRTECKNING	6
BETECKNINGAR OCH DEFINITIONER	8
1. BERÄKNINGSMETODIK FÖR ANALYS AV BRÄDDADE VATTENMÄNGDER	9
1.1 Inledning	9
1.2 Definition av varaktighet och volym vid en viss bräddintensitet	10
1.3 Beräkning av bräddvaraktighet och bräddad mängd	12
2. BESKRIVNING AV NEDERBÖRDSSTATIONEN LUNDBY	17
2.1 Beskrivning av mätplatsen	17
2.2 Beskrivning av instrumentet	18
3. RÅBEARBETNING OCH KONTROLL AV NEDERBÖRDS- REGISTRERINGARNA	21
3.1 Råbearbetning av nederbördsregistreringarna	21
3.2 Kontroll av originaldiagrammen och det bearbetade materialet	22
4. UTVÄRDERING AV NEDERBÖRDENS VARAKTIGHET OCH MÄNGD PER MÅNAD OCH PER ÅR VID OLIKA INTENSITETER	27
4.1 Tillvägagångssätt vid utvärderingen	27
4.2 Resultat	29
5. UTVÄRDERING AV NEDERBÖRDENS VARAKTIGHET OCH MÄNGD VID OLIKA INTENSITETER MED HÄNSYN TAGEN TILL REGNFÖRLUSTER	33
5.1 Beräkning av avrinning med hänsyn tagen till regnförluster	33
5.2 Definition av en regnhändelse	35
5.3 Uppskattning av regnförluster samt utvärdering av nederbördens varaktighet och mängd.	37
5.4 Resultat	38

	SID
6. FELANALYS	43
6.1 Förekommande fel	43
6.2 Mätfel	43
6.3 Instrumentfel	44
6.4 Stansfel	44
6.5 Databortfall	45
6.6 Mätplatsen och den bearbetade periodens representativitet	45
6.7 Snönederbörd	47
6.8 Sammanfattning av felanalysen	48
7. LITTERATUR	49

BILAGOR

NEDERBÖRSDIAGRAM UTAN HÄNSYN TAGEN TILL REGNFÖRLUSTER

1. Varaktighet per år av nederbörd överstigande viss intensitet.
2. Varaktighet per månad av nederbörd överstigande viss intensitet.
3. Volym per år av bräddvatten (dagvatten+spillvatten) överströmmande tänkta bräddavlopp verksamma fr o m motsvarande intensitet.
4. Volym per månad av bräddvatten (dagvatten+spillvatten) överströmmande tänkta bräddavlopp verksamma fr o m motsvarande intensitet.

NEDERBÖRSDIAGRAM MED HÄNSYN TAGEN TILL REGNFÖRLUSTER

5. Varaktighet per år av nederbörd överstigande viss intensitet med hänsyn tagen till regnförluster 0.5, 1.0 och 2.0 mm.
6. Varaktighet per månad av nederbörd överstigande viss intensitet med hänsyn tagen till regnförluster 0.5, 1.0 och 2.0 mm.

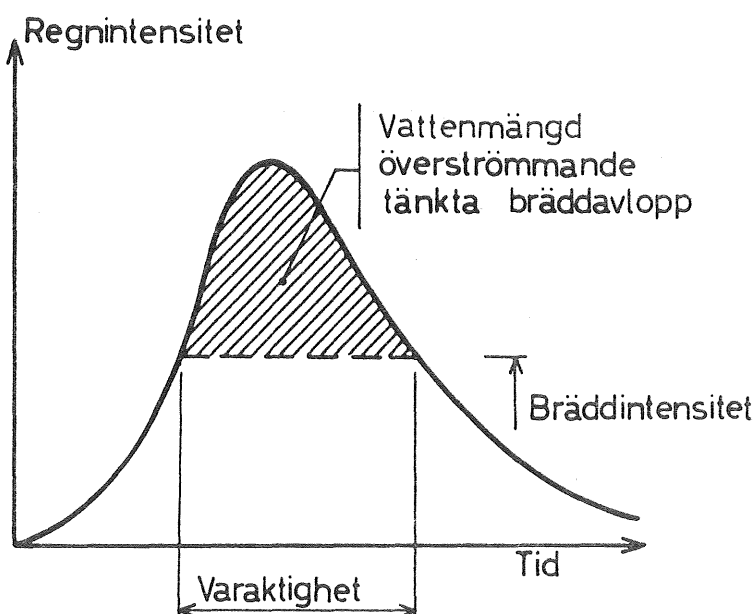
7. Volym per år av bräddvatten (dagvatten+spillvatten) överströmmande tänkta bräddavlopp verksamma fr o m motsvarande intensitet med hänsyn tagen till regnförluster 0.5, 1.0 och 2.0 mm.
8. Volym per månad av bräddvatten (dagvatten+spillvatten) överströmmande tänkta bräddavlopp verksamma fr o m motsvarande intensitet med hänsyn tagen till regnförluster 0.5, 1.0 och 2.0 mm.
9. Skillnader i varaktigheter per år av nederbörd överstigande viss intensitet vid olika regndefinitioner. Uppehåll mellan regnen 1, 4 och 10 timmar. Regnförlust 1.0 mm.
10. Skillnader i volym per år av bräddvatten (dagvatten+spillvatten) överströmmande tänkta bräddavlopp verksamma fr o m motsvarande intensitet vid olika regndefinitioner. Uppehåll mellan regnen 1, 4 och 10 timmar. Regnförlust 1.0 mm.

Samtliga bilagor visar medelkurvor för perioden 1921-1939 vid Lundby, Göteborg.

SAMMANFATTNING

Information om nederbördens varaktighet och mängd är av intresse vid analys och dimensionering av bräddavlopp. Vid överslagsberäkningar eller då information om de faktorer som påverkar bräddningen är bristfällig används beräkningsmetoder som utnyttjar enklare nederbördsstatistik.

Utvärderad varaktighet definieras som den varaktighet under vilken nederbördsintensiteten är större än eller lika med en viss intensitet. *Utvärderad mängd* är den nederbördsvolym som överstiger motsvarande intensitet. Se även figur A.



Figur A. Definition av varaktighet och volym vid en viss intensitet.

Lundby nederbördsräknare var belägen nere vid hamnen i Göteborg ca 2 m över havet. Mätserien startade 1920 och avslutades 1955. Registrering av nederbörden har gjorts med en mätare som fungerat enligt flottörprincipen. Nederbörden har registrerats på ett diagrampapper som tillåter en utvärdering av nederbörden i tiondels millimeter med en tidsupplösning ner till ca 2 minuter. Mätaren har

varit försedd med en uppvärmningsanordning som smälter snö och ser till att mätaren inte fryser sönder.

Nederbördsregistreringarna överfördes till håltremsa för senare bearbetning i dator med hjälp av en koordinatograf. Av ekonomiska skäl fick bearbetningen begränsas till perioden 1920-1939. Efter överföring till dator utvärderas varaktighet och bräddvattenvolymer vid olika nederbördsintensiteter för varje månad och år. Därefter beräknas medelvärden för månaderna och året. Resultatet redovisas i bilagorna 1-4.

Vid användning av de utvärderade kurvorna över nederbördens varaktighet och mängd beräknar man avrinningen som en totalavrinning per månad eller per år med hjälp av ekvationen:

$$Q = P \cdot \varphi \cdot A \quad (a)$$

där Q = avrunnen total mängd per tidsperiod, P = nederbördsvolym per tidsperiod överskridande en viss intensitet, φ = avrinningskoefficienten som anger hur stor andel av nederbörden som avrinner och A = områdets area.

Ett annat sätt att uppskatta avrinningen på är att beräkna avrinningen för varje enstaka regntillfälle och därefter summera ihop den totala avrinningen per månad och per år. För ett nederbördstillfälle kan avrinningen beräknas som

$$Q_e = k (P_e - a) \cdot A \quad (b)$$

där Q_e = avrunnen volym per nederbördstillfälle, k = andel av avrinningsområdet som bidrar till avrinningen, P_e = nederbördsvolym per regntillfälle och a = initiell regnförlust, magasinering av vatten i pölar och håligheter.

Fördelen med den här metoden är att parametrarna k och a är bättre fysikaliskt förankrade och lättare att uppskatta än avrinningskoefficienten φ .

Den totala avrinningen per månad och per år beräknas genom att summera avrinningarna från de enstaka regntillfällena:

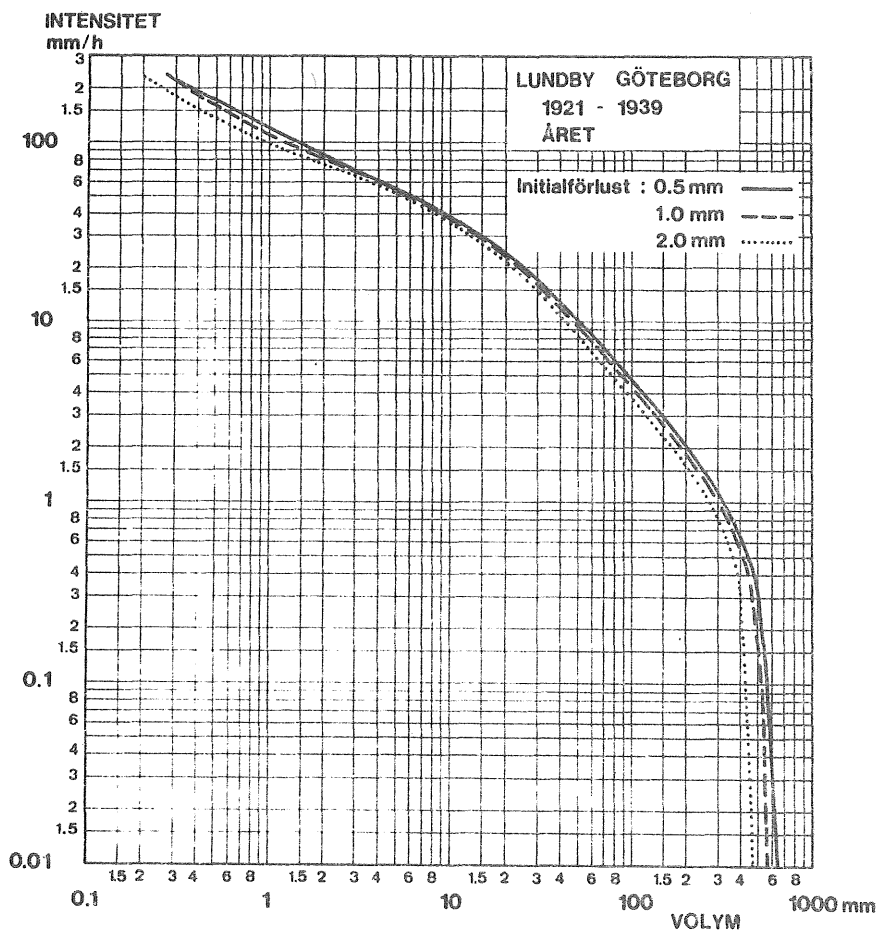
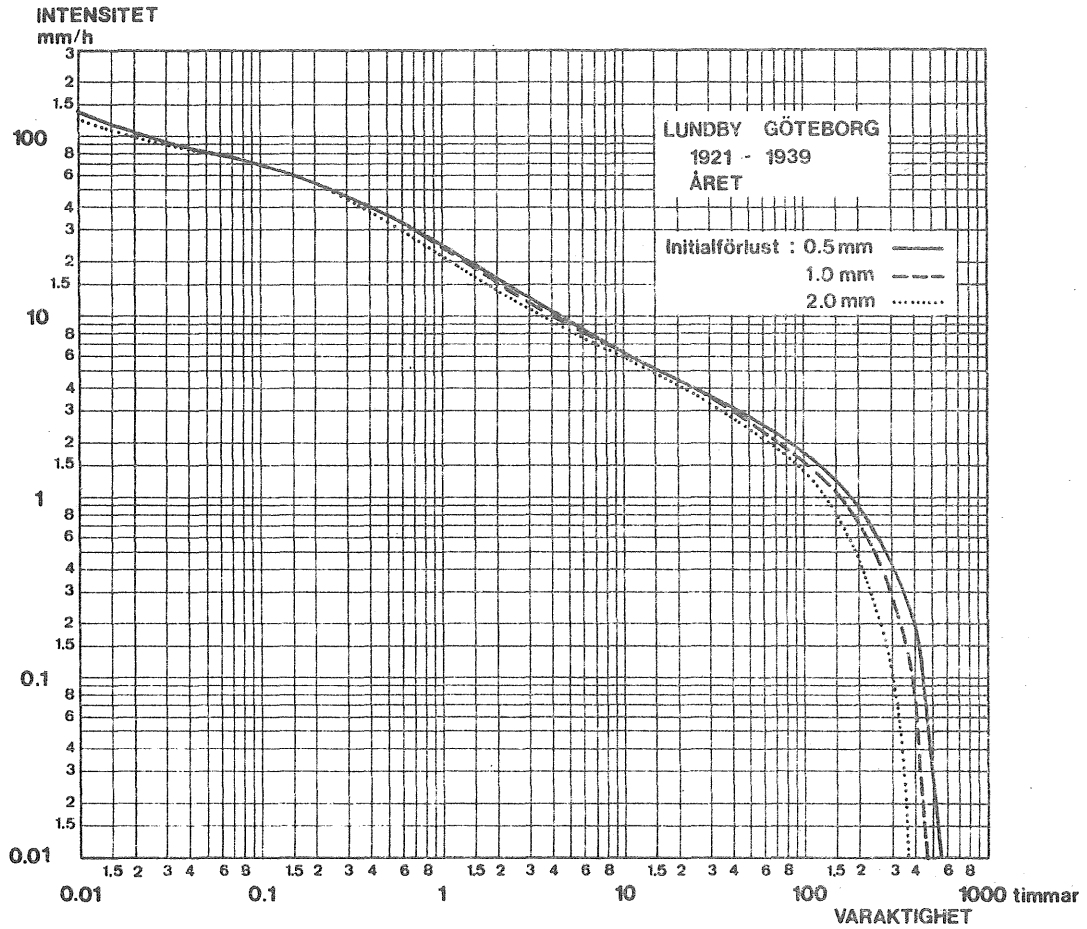
$$Q = \Sigma Q_e = k \Sigma (P_e - a) \cdot A \quad (c)$$

För den summerade effektiva nederbörden $\Sigma (P_e - a)$ kan likadana kurvor som tidigare presenterats utvärderas. Man delar då först in nederbördsserien i enstaka regn och subtraherar den initiella regnförlusten från början av varje regn. Ur det återstående datamaterialet utvärderar man sedan, på samma sätt som tidigare beskrivits, nederbördens varaktighet och mängd överskridande olika intensiteter.

Vid utvärderingen har, som den viktigaste parametern för definition av en regnhändelse, valts ett minsta regnuppehåll mellan regnen av 4 timmar. Denna definition ger en rimlig totalförlust nederbörd på ca 100 mm per år. Resultatet redovisas i bilagorna 5-8.

Samtliga kurvor är på grund av mätfel och bearbetningsfel osäkra för intensiteter mindre än 0,1 mm/h. Vidare måste resultaten för vintermånaderna betraktas som osäkra eftersom en del av nederbörden fallit som snö, men av instrumentet smälts och registrerats som regn.

För praktiskt bruk rekommenderas i första hand diagrammen i bilagorna 5-8, varav årskurvorna återges nedan i figur B.



Figur B. Varaktighet respektive volym per år av nederbörd överstigande viss intensitet med hänsyn tagen till regnförluster 0.5, 1.0 och 2.0 mm. Medelvärde för perioden 1921-1939 vid Lundby, Göteborg.

TABELLFÖRTECKNING	SID
Tabell 1. Medelstansavstånd i minuter för nederbördsregistreringar från Lundby, Göteborg 1921-1939.	22
Tabell 2. Jämförelser mellan årsnederbörder utvärderade ur det datorbearbetade materialet, manuellt utvärderade värden och värden från SMHI:s station i Göteborg.	24
Tabell 3. Exempel på tabell över nederbördsvolym, varaktigheter och antalet tillfällen överstigande en viss intensitet samt medelstansavståndet för angivet intensitetsintervall.	28
Tabell 4. Varaktighet i timmar per månad och per år av nederbörd överstigande viss intensitet. Medelvärde för perioden 1921 - 1939 vid Lundby, Göteborg.	30
Tabell 5. Volym i mm per månad och per år av bräddvatten (dagvatten+spillvatten) överströmmande tänkta bräddavlopp verksamma fr o m motsvarande intensitet. Medelvärde för perioden 1921 - 1939 vid Lundby, Göteborg.	30
Tabell 6. Totalvolym nederbörd per år vid olika uppehållslängd mellan regnen. Initiell regnförlust 0 mm och 0.5 mm. Medelvärde för perioden 1921 - 1939 vid Lundby, Göteborg.	36
Tabell 7. Antalet regn per år vid olika uppehållslängd mellan regnen. Medelvärde för perioden 1921 - 1939 vid Lundby, Göteborg.	36
Tabell 8. Varaktighet i timmar per månad och per år av nederbörd överstigande viss intensitet med hänsyn tagen till initiella regnförluster 0.5, 1.0 och 2.0 mm. Medelvärden för perioden 1921 - 1939 vid Lundby, Göteborg.	40
Tabell 9. Volym i mm per månad och per år av bräddvatten (dagvatten+spillvatten) överströmmande tänkta bräddavlopp verksamma fr o m motsvarande intensitet med hänsyn tagen till initiella regnförluster 0.5, 1.0 och 2 mm. Medelvärden för perioden 1921 - 1939 vid Lundby, Göteborg.	41

FIGURFÖRTECKNING	SID
Figur A. Definition av varaktighet och volym vid en viss intensitet.	1
Figur B. Varaktighet respektive volym per år av nederbörd överstigande viss intensitet med hänsyn tagen till regnförluster 0.5, 1.0 och 2.0 mm. Medelvärde för perioden 1921-1939 vid Lundby, Göteborg.	4
Figur 1. Definition av varaktighet och volym vid en viss bräddintensitet.	10
Figur 2. Definition av medelnederbördsintensitet för viss varaktighet.	11
Figur 3. Flödet genom ett bräddavlopp.	13
Figur 4. Exempel på grafisk utvärdering av bräddade vattenmängder.	14
Figur 5. Exempel på grafisk beräkning av bräddade spillvattenmängder och bräddningens varaktighet. (se även figur 1).	15
Figur 6. Mätplatsens belägenhet vid Lundbyhamnen, Göteborg.	17
Figur 7. Nederbördsmätarens principiella utseende.	18
Figur 8. Resultat av homogenitetskontroll av årsvärden för nederbörden vid Station Lundby, Göteborg 1926-1955. Jämförelsestationer: VA-verkets stationer Masthugget, Landala, Gullbergsvass, Barlastplatsen och Delsjön samt SMHI:s stationer Göteborg, Torslanda och Mölndal.	25
Figur 9. Stansade nederbördspunkter och beräkning av medelnederbördsintensiteten för ett tidsintervall.	27
Figur 10. Varaktighet per år av nederbörd överstigande viss intensitet. Medelvärde och standardavvikelse för årsvärdena under perioden 1921-1939 vid Lundby, Göteborg.	31
Figur 11. Volym per år av bräddvatten (dagvatten+ spillvatten) överströmmande tänkta bräddavlopp verksamma fr o m motsvarande intensitet. Medelvärde och standardavvikelse för årsvärdena under perioden 1921-1939 vid Lundby, Göteborg.	32

- Figur 12. Beräkning av volym och varaktighet av överskridande av intensiteten i för ett enstaka regntillfälle med hänsyn tagen till initiell regnförlust. 38
- Figur 13. Medelårsnederbörden i mm i Göteborgsregionen 1973-1977 utvärderad ur årsrapporter från Göteborgs VA-verk (1974-1978). 46
- Figur 14. Glidande 19-års medelvärden för årsnederbörden vid SMHI:s nederbördsstation Göteborg. 47

BETECKNINGAR OCH DEFINITIONER

A	=	storlek på avrinningsområde
a	=	initiell regnförlust, interception och magasinering av vatten i pölar och håligheter
i_d	=	nederbördsintensitet
i_s	=	med medelspillvattenavrinningen q_s ekvivalent nederbördsintensitet
\bar{i}	=	medelnederbördsintensitet
k	=	andel av avrinningsområdet som bidrager till avrinningen
n	=	antal gånger medelspillvattenavrinningen vid vilken bräddningen startar
P	=	nederbördsvolym per tidsperiod
P_e	=	nederbördsvolym per tillfälle
ΔP	=	nederbörd under ett begränsat tidsintervall
Q	=	avrunnen total mängd per tidsperiod
Q_e	=	avrunnen volym per nederbördstillfälle
q_d	=	dagvattenavrinning
q_s	=	medelspillvattenavrinning
S	=	andelen spillvatten av det totala spillvattenflödet som bräddar vid en viss nederbördsintensitet i_d
t	=	tid
Δt	=	tidsintervall
φ	=	avrinningskoefficient som anger hur stor andel av nederbörden som avrinner

Bräddintensitet definieras som den nederbördsintensitet vid vilken bräddningen startar.

Bräddvaraktighet definieras som den varaktighet under vilken nederbördsintensiteten är större än eller lika med bräddintensiteten.

1. BERÄKNINGSMETODIK FÖR ANALYS AV BRÄDDADE VATTENMÄNGDER

1.1 Inledning

Information om nederbördens varaktighet och mängd är av intresse vid analys av bräddavlopp. Bräddning av avloppsvatten innebär att orenat eller bristfälligt renat vatten för kortare perioder avleds på annat sätt än normalt. I kombinerade ledningssystem där spillvatten och dagvatten avleds tillsammans anordnas bräddavlopp där flödestoppar kan avledas direkt till recipienter eller magasineras för senare transport till reningsverk. Samlingsledningar nedströms i systemen kan då ges måttliga dimensioner. Bräddavlopp anordnas även som nöd-avlopp i pumpstationer och reningsverk för att undvika översvämningar och driftstörningar.

En noggrann dimensionering av bräddavlopp och analys av bräddade vattenmängder innebär att man tar hänsyn till en mängd hydrologiska och hydrauliska faktorer. Under senare år har flera noggranna beräkningsmetoder tagits i praktiskt bruk, t ex planeringsmodellerna STORM (Hydrologic Engineering Center, 1976) och NIVA-modellen (Lindholm, 1974, 1975). Metoder av den typen simulerar avrinningen från olika ytor inom ett avrinningsområde och beräknar strömningen i ledningsnätet på ett realistiskt sätt. Nederbördsindata kan utgöras av uppmätta tidsserier av regn eller av olika förenklade beräkningsregn.

Vid överslagsberäkningar eller då informationen om de faktorer som påverkar bräddningen är bristfällig används enklare beräkningsmetoder. För dessa beräkningar finns det behov av regnstatistik som beskriver totala regnmängder och varaktigheter vid olika intensiteter.

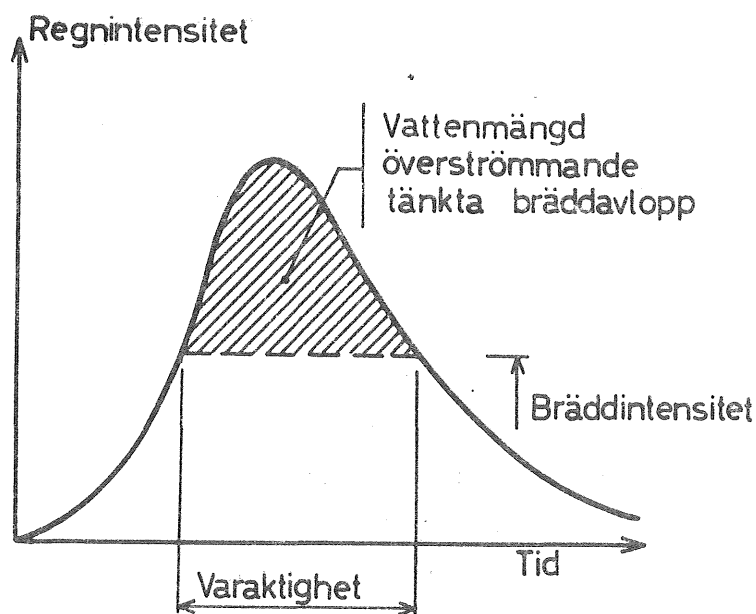
Denna rapport behandlar enbart regnstatistik avsedd att användas i dessa senare enklare metoder.

1.2 Definition av varaktighet och volym vid en viss bräddintensitet

Bräddavlopp dimensioneras normalt för att träda i funktion vid ett visst flöde, t ex 5 gånger medelspillvat-
tenavrinningen. Om man antar att dagvattenflödet för-
enklat kan beskrivas som en konstant gånger regninten-
siteten innebär detta att bräddningen startar vid en
viss bestämd regnintensitet eller bräddintensitet.

*Bräddintensiteten definieras som den nederbördsintensitet vid vil-
ken bräddningen startar.*

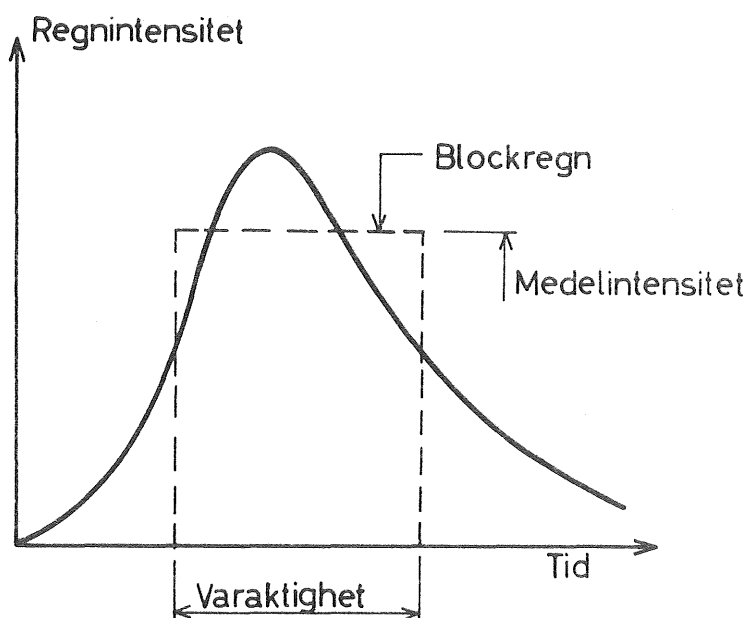
Vanligen antar man att allt avrinnande dagvatten med
en nederbördsintensitet överstigande bräddintensiteten
bräddar, se figur 1. Detta är en approximation och i
verkligheten så varierar bräddvattenflödet med vatten-
nivån uppströms och eventuellt nedströms bräddavloppet.
För att ta hänsyn till detta måste man använda en mer
detaljerad beräkningsmetod. Vid tillämpning av de över-
slagsmetoder som beskrivs i denna rapport har antagits
att allt dagvatten motsvarande en intensitet överstig-
ande bräddintensiteten bräddar.



Figur 1. Definition av varaktighet och volym vid en viss brädd-
intensitet.

Bräddvaraktigheten definieras som den varaktighet under vilken nederbördsintensiteten är större än eller lika med bräddintensiteten. Nederbördsvolymen överstigande bräddintensiteten är direkt proportionell mot den bräddade vattenvolymen, se figur 1.

Bräddintensiteten sammanblandas ofta med den medelnederbördsintensitet som används vid dimensionering av ledningar för maxflöden. Medelnederbördsintensiteten definieras ur den del av ett regn som under en viss varaktighet ger den största nederbörds mängden. Denna nederbörds mängd dividerad med varaktigheten är medelnederbördsintensiteten, se figur 2.



Figur 2. Definition av medelnederbördsintensitet för viss varaktighet.

Statistiska bearbetningar av medelnederbördsintensiteten har utförts av t ex Falk (1951), Arnell (1974) och Dahlström (1979). Resultaten presenteras i sk intensitets-varaktighetskurvor. Om man delar upp regnregistreringarna i separata regntillfällen kan liknande statistiska kurvor utvärderas för bräddintensiteter, se t ex Åkerlindh (1939). Sådana kurvor har inte utvärderats här men det är viktigt att de olika kurvorna och intensitetsnivåerna inte sammanblandas.

Denna rapport behandlar enbart statistik kring bräddintensiteter med definition av varaktighet och volym enligt figur 1.

1.3 Beräkning av bräddvaraktighet och bräddad mängd

För att underlätta förståelsen eller innebörden av de presenterade kurvsambanden ges en kort redogörelse för hur de kan användas.

Bräddningen i ett kombinerat ledningssystem antas starta vid en viss utspädning av spillvattenavrinningen, n gånger medelspillvattenavrinningen. Detta innebär att av detta flöde är en del spillvatten, q_s , och $n-1$ delar dagvatten, q_d . Dagvattenavrinningen beräknas enligt ekvationen:

$$q_d = i_d \cdot \varphi \cdot A \quad (1)$$

där

- q_d = dagvattenavrinningen
- i_d = nederbördsintensiteten
- φ = avrinningskoefficienten som anger hur stor andel av regnintensiteten som avrinner
- A = avrinningsområdets storlek

Spillvattenflödet i ledningen kan omräknas till en ekvivalent regnintensitet:

$$i_s = \frac{q_s}{\varphi \cdot A} \quad (2)$$

där

- i_s = ekvivalent regnintensitet
- q_s = medelspillvattenavrinningen

Även dagvattenavrinningen kan uttryckas på samma sätt:

$$i_d = \frac{q_d}{\varphi \cdot A} \quad (3)$$

Bräddningen startar vid en regnintensitet motsvarande $(n-1) \cdot i_s = (n-1)q_s / \varphi \cdot A$. Vid dessa förenklade beräkningsätt antas att allt avrinnande vatten med ett flöde överstigande bräddningens startnivå bräddar.

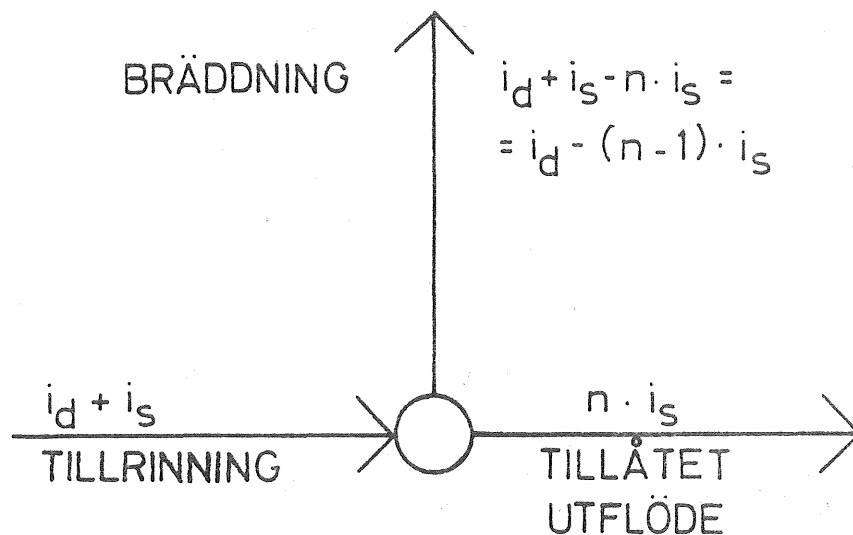
Andelen spillvatten av det totala spillvattenflödet som bräddar vid en viss regnintensitet kan beräknas med ekvationen, se även figur 3.

$$S = \frac{i_d - (n-1)i_s}{i_d + i_s} \quad (4)$$

där S = andelen spillvatten av det totala spillvattenflödet som bräddar vid regnintensiteten i_d .

n = det antal gånger medelspillvattenavrinningen vid vilken bräddningen startar.

Beräkningarna av bräddade vattenmängder och bräddningens varaktighet kan utföras grafiskt enligt figurerna 4 och 5.

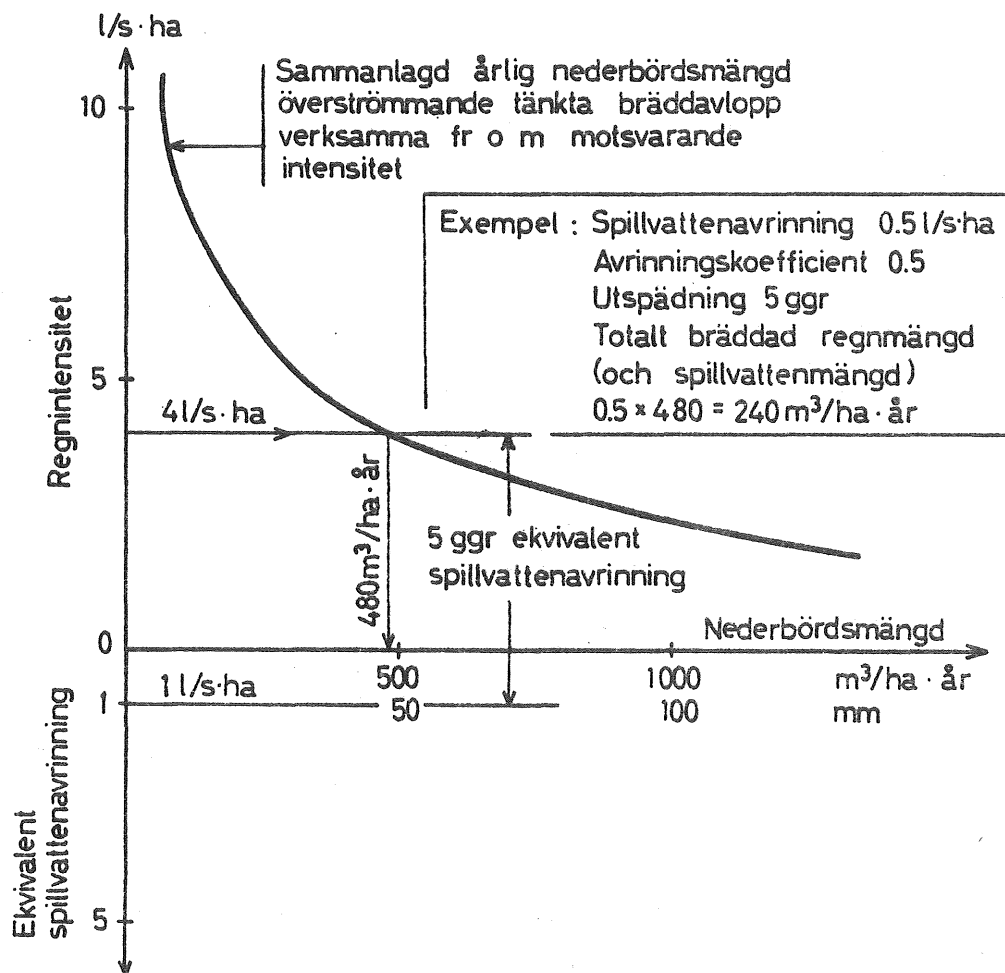


Figur 3. Flödet genom ett bräddavlopp.

I figur 4 har nederbördsmängden som överströmmar tänkta bräddavlopp enligt definition i figur 1 summerats för ett år och för olika bräddintensiteter. Om vi t ex har ett 50 ha stort avrinningsområde med en avrinningskoefficient av 0,5 och en medelspillvattenavrinning av 25 l/s och vill beräkna bräddad vattenmängd per år över

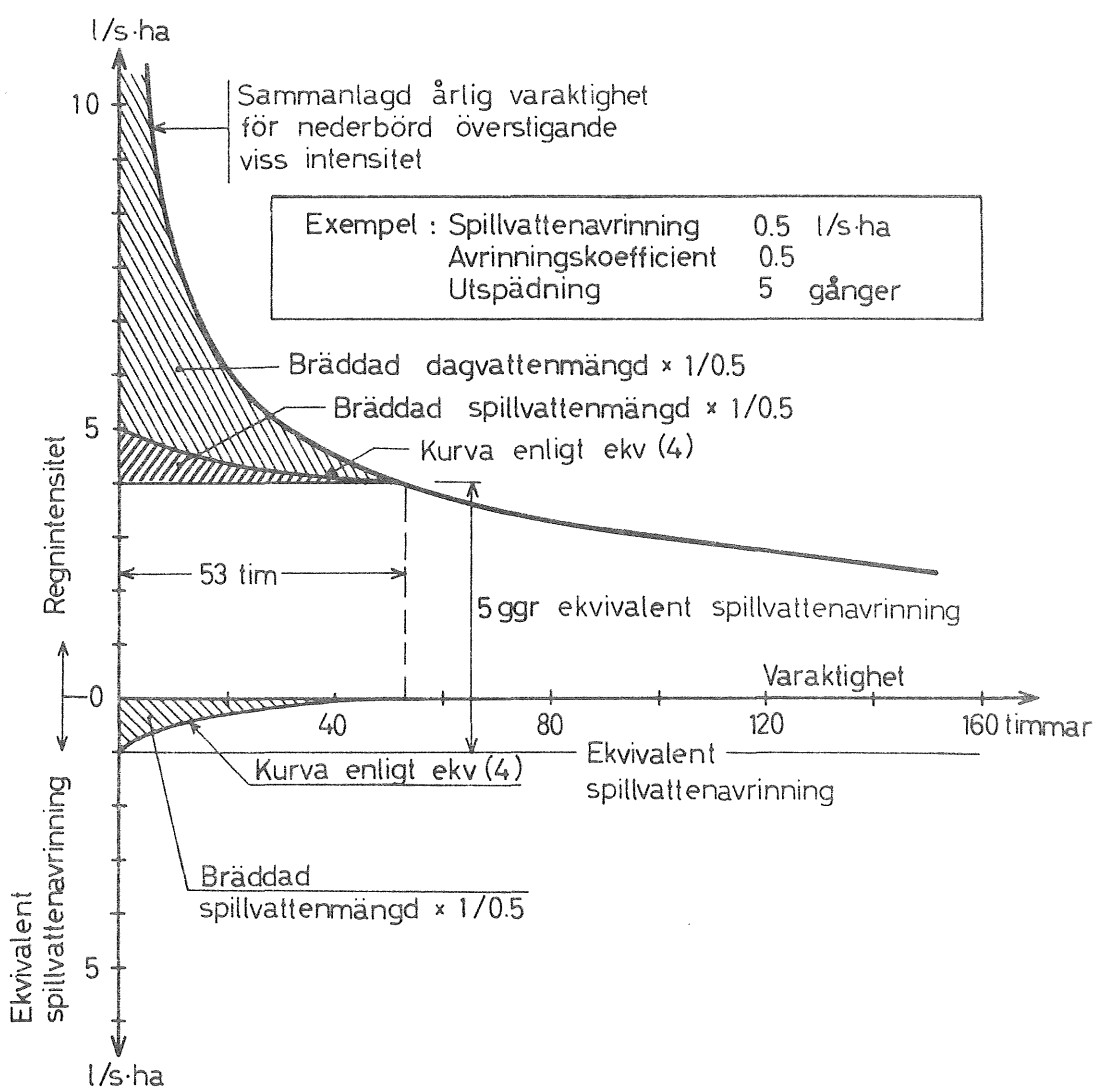
ett bräddavlopp som startar vid $n=5$ gånger medelspillvattenflödet kan man gå tillväga på följande sätt.

Bräddningen startar vid $5 \times 25 = 125$ l/s av vilket 25 l/s är spillvattenflöde och 100 l/s är dagvattenflöde. Spillvattenflödet motsvarar en nederbördsintensitet av $25/0,5 \cdot 50 = 1$ l/s·ha och dagvattenflödet $100/0,5 \cdot 50 = 4$ l/s·ha. Med detta sista värde går man in i diagrammet i figur 4 och kan utvärdera den årliga nederbördsmängden överstigande 4 l/s·ha till ca 480 m³/ha·år. Av denna mängd bräddar $0,5 \cdot 480 = 240$ m³/ha·år över bräddavloppet i form av en blandning av spillvatten och dagvatten.



Figur 4. Exempel på grafisk utvärdering av bräddade vattenmängder.

För beräkning av bräddningens varaktighet och bräddad spillvattenmängd kan man gå tillväga såsom visas i figur 5, vilken visar den sammanlagda årliga varaktigheten för nederbörd överstigande viss intensitet. För beräkning av varaktigheten går man tillväga på samma sätt som i exemplet i figur 4. Bräddad spillvattenmängd kan beräknas genom att man först beräknar andelen bräddat spillvatten av det totala spillvattenflödet med hjälp av ekvation (4) för olika regnintensiteter. Resultatet läggs in som en kurva i figur 5 och därefter kan bräddad spillvattenmängd bestämmas genom integrering av kurvan.



Figur 5. Exempel på grafisk beräkning av bräddade spillvattenmängder och bräddningens varaktighet (se även figur 1).

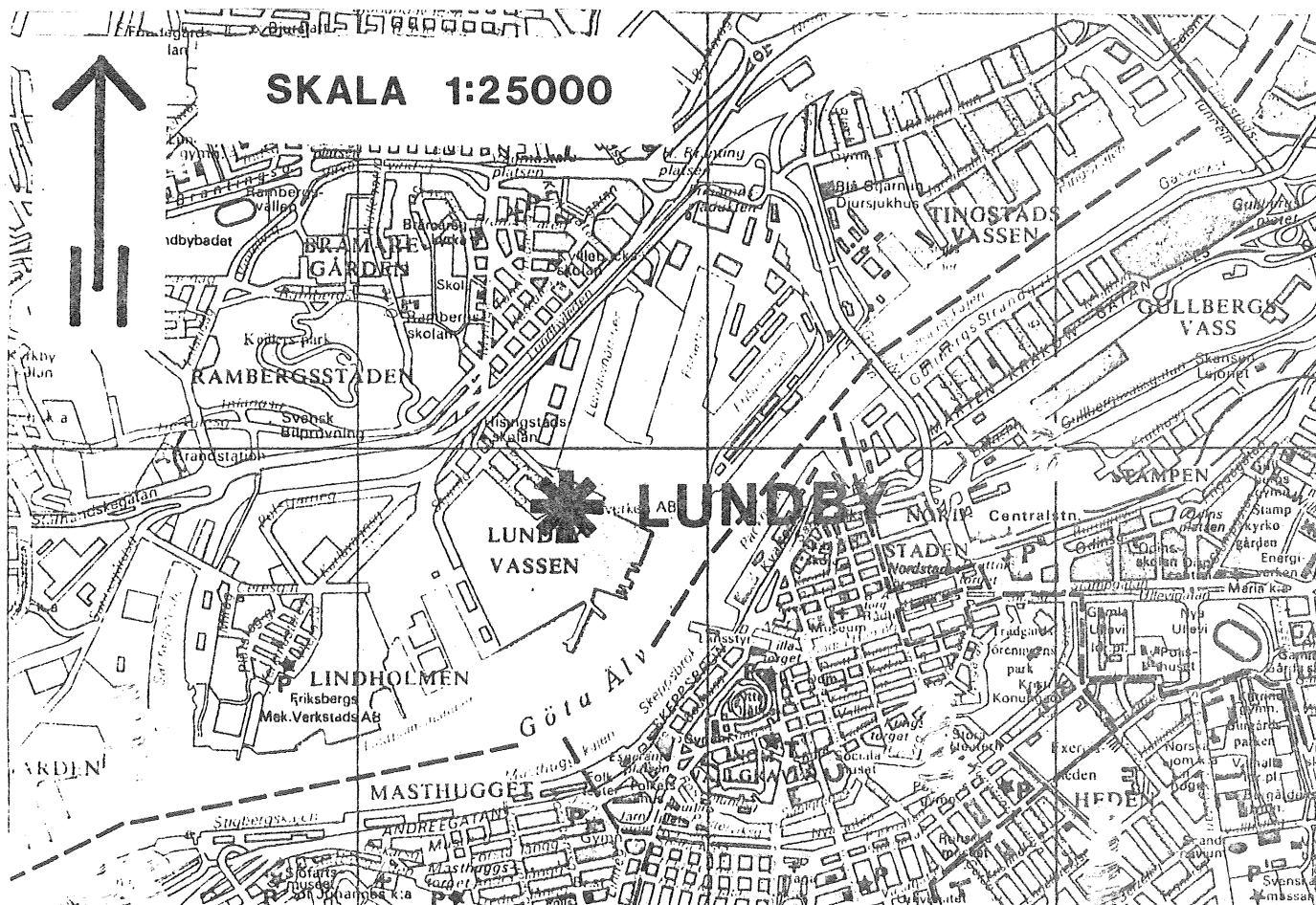
2. BESKRIVNING AV NEDERBÖRDSSTATIONEN LUNDBY

2.1 Beskrivning av mätplatsen

Lundby nederbördsräknare var belägen vid en avloppspumpstation, som nu ligger inne på Götaverkens område vid Lundbyhamnen, se karta figur 6.

Mätplatsen var belägen 2 m över havet. Hur det sett ut runt omkring mätaren går inte att få fram, då mätplatsen fullständigt förändrats.

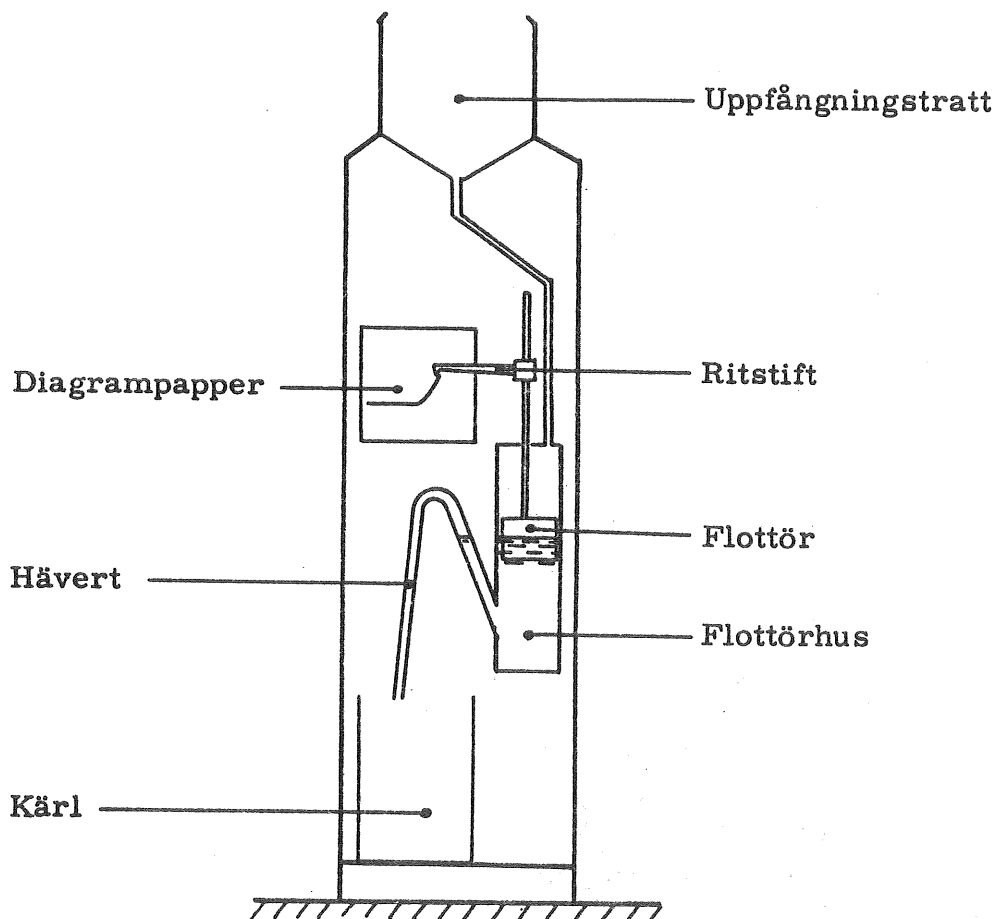
Mätserien startade 1920 och avslutades 1955.



Figur 6. Mätplatsens belägenhet vid Lundbyhamnen, Göteborg.

2.2 Beskrivning av instrumentet

Registrering av nederbörden har gjorts med en mätare som fungerat enligt flottörprincipen. Nederbörden samlas upp i en tratt och leds ner i ett flottörhus. I flottörhuset flyter en flottör till vilken är kopplat ett ritstift. När det regnar höjer sig flottören längs en vertikal stång och ritstiftet ritar en kurva över den ackumulerade nederbörden som funktion av tiden på ett diagrampapper. Höjningens storlek beror på nederbörds- mängden. Regnhöjden förstoras ca 8 gånger genom att flottörhusets area är mindre än uppfångningstrattens area. Diagrampappret sitter på en trumma som roterar ett varv per dygn, eller med en hastighet av ca 32 mm/h. När flottörhuset är fullt (vid 20 mm nederbörd) töms det genom en hävert.



Figur 7. Nederbördsjätarens principiella utseende.

Mätaren har vintertid varit försedd med någon form av uppvärmningsanordning, som förhindrar frysning. Detta innebär även att snö, som samlas upp i tratten, smälter och registreras som flytande nederbörd. Emellertid är mätning av snönederbörd, i ett instrument av denna typ, förenat med stora felkällor.

Registreringarna tillåter utvärdering av nederbörden i tiondels mm med en tidsupplösning ner till ca två minuter.

Tillsynen av mätarna har utförts av personal på platsen. Byte av diagrampapper har skett kl 8 varje morgon utom efter nederbördsfria dygn då en skvätt vatten hållts i mätaren, vilket flyttat upp pennan en liten bit.

Ett instrument av den här typen fungerar ner till en viss regnintensitet (i detta fall ca 0,1 mm/h) och lämpar sig därför inte för uppskattning av total nederbördsvaraktighet. Detta uppskattas bättre genom manuella observationer.

3. RÅBEARBETNING OCH KONTROLL AV NEDERBÖRDS- REGISTRERINGARNA

3.1 Råbearbetning av nederbördsregistreringarna

Råmaterialet för bearbetningen utgjordes av diagramremсор från Lundby-stationen för perioden 1920-1955. Av ekonomiska skäl fick bearbetningen begränsas till perioden 1920-1939. Åren 1920 och 1922 innehöll längre avbrott i registreringarna. Materialet för dessa år överfördes visserligen till datormedium men utelöts från den vidare bearbetningen. Det totala antalet bearbetade år är således 18.

Nederbördsregistreringarna överfördes till hålremsa med hjälp av en koordinatograf. Det är en apparat med vars hjälp koordinaterna för punkter på regnkurvan registreras. Endast kurvans brytpunkter registreras. Vid den senare bearbetningen interpoleras rätlinjigt mellan dessa punkter. Detta innebär att tidsavståndet mellan punkterna varierar. Tidsavstånd ner till ca 2 minuter bedöms vara möjliga med bibehållen noggrannhet. Ett kortare tidsavstånd mellan punkterna skulle antagligen inte förbättra resultatet nämnvärt. Greyertz (1924) har analyserat skillnaderna i resultat av olika långa tidsavstånd vid avläsning av nederbördsregistreringarna. Klart är att tidsavståndet har stor betydelse och att det inte bör vara längre än några minuter.

Medelstansavståndet för det bearbetade materialet visas i tabell 1. Av tabellen framgår att stansavstånden är tillräckligt korta för en tillfredsställande tidsupplösning.

I samband med överföringen till hålremsa har olika instrumentfel kontrollerats. Överföringen till datormedium har utförts av SMHI. En redogörelse för tillvägagångssättet finns i Dahlström (1979).

Tabell 1. Medelstansavstånd i minuter för nederbördsregistreringar från Lundby, Göteborg 1921-1939.

Intensitetsintervall mm/h	Medelstansavstånd minuter
0,125 - 0,175	28,7
1,25 - 1,75	7,4
4,75 - 5,25	3,8
19,50 - 20,50	1,4
49,50 - 50,50	0,8

3.2 Kontroll av originaldiagrammen och det bearbetade materialet

Nederbörden har registrerats på fem platser i Göteborg under olika perioder på 1900-talet, se Arnell (1974).

I en första omgång bedömdes det som lämpligt att vidarebearbeta en av stationerna. En överföring till datormedium av diagrammen från alla platserna blir mycket dyrbar. Att registreringarna från mätaren vid Lundby valdes ut för vidare bearbetningar beror huvudsakligen på följande faktorer, där jämförelse mellan stationerna har gjorts av registreringarna från perioden 1926 och framåt.

- Registreringarna från mätaren vid Lundby innehåller få avbrott och instrumentfel.
- Resultaten av tidigare bearbetning, Arnell (1974), visar att nederbörden vid Lundby inte är extrem i något avseende.
- Nederbördsdiagrammen från Lundby har god upplösning både i registrerad nederbördsmängd och i tiden. Detta möjliggör utvärdering för korta tidsintervall.

Att datorbearbetningen ger ett korrekt resultat har kontrollerats genom att jämföra stansade och med da-

torn utvärderade årsnederbörder med manuellt utvärderade årsnederbörder. Årsnederbörden har beräknats med datorn för det stansade material som ingår i denna bearbetning. Värdena har jämförts med från samma diagram manuellt utvärderade årsnederbörder för Lundby, publicerade i Gatukontorets årsberättelser under 1900-talet, se Göteborgs Stadsfullmäktigehandlingar och tabell 2. I tabellen har även redovisats värden för SMHI:s (Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut) mätstation Göteborg. Denna var under den aktuella perioden placerad vid Telegrafstationen. Det datorberäknade medelvärdet för årsnederbörden är ca 4% lägre än det manuellt utvärderade. Detta beror på att vissa instrumentfel är eliminerade i samband med stansningen och att vissa registreringar har varit oklara och därför utslutits ur bearbetningen. En försiktig uppskattning är att det datorbearbetade materialet ger ca 2% för låga värden räknat på medelvärdet av årsnederbörden. SMHI:s station *Göteborg* redovisar ca 7% lägre medelvärde för årsnederbörden än det datorberäknade värdet för Lundby. Detta kan förklaras med skillnaderna i placering och eventuellt skilda typer av instrument.

Årsnederbördsvärdena har även kontrollerats genom en statistisk homogenitetskontroll enligt en modifierad dubbelmass-metod, se Arnell (1974). I princip innebär det att man beräknar och ritar upp den ackumulerade relativa avvikelserna från medelvärdet för den undersökta stationens årsvärden och för årsmedelvärdena för ett antal jämförelsestationer. Därefter studerar man skillnaden mellan de båda kurvorna. Vid kontrollen av stationen Lundby har som jämförelsematerial använts värden från VA-verkets fyra övriga äldre registrerande mätare Masthugget, Landala, Gullbergsvass och Barlastplatsen. Dessutom har använts värden från en icke-registrerande mätare placerad vid Delsjöns vattenverk samt från SMHI:s stationer Göteborg, Torslanda och Mölndal. Resultatet av homogenitetskontrollen visas i figur 8. Homogenitetskontrollen är utförd för perio-

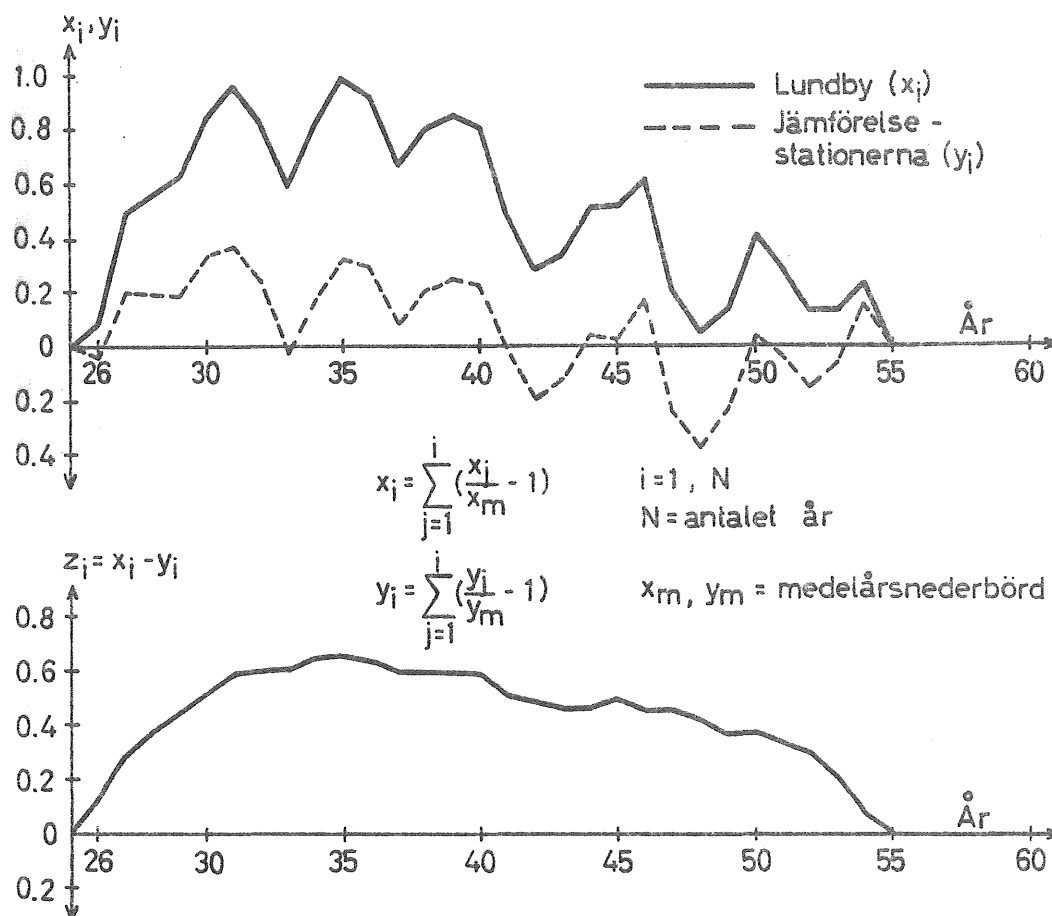
den 1926-1955 då den ursprungliga avsikten var att genomföra bearbetningen för denna 30-årsperiod. Figur 8 visar att serien av årsvärden för Lundby-stationen är relativt homogen med diffusa homogenitetsbrott kring 1935 och 1950. Vad dessa beror på vet vi inte. För den bearbetade perioden fram t o m 1939 visar Lundby-värdena överskott i årsnederbörden jämfört med den resterande perioden.

Tabell 2. Jämförelser mellan årsnederbörder utvärderade ur det datorbearbetade materialet, manuellt utvärderade värden och värden från SMHI:s station Göteborg.

År	LUNDBY		GÖTEBORG
	Datorberäknade värden	Manuellt utvärderade av Gatukontoret*	SMHI:s station
1921	579	675	531
1922	-	-	(420)
1923	831	883	912
1924	848	925	811
1925	609	615	514
1926	728	773	660
1927	975	1009	837
1928	753	770	605
1929	713	758	633
1930	834	870	759
1931	772	804	705
1932	611	624	553
1933	527	546	515
1934	851	875	798
1935	776	837	725
1936	669	676	633
1937	518	533	552
1938	782	806	698
1939	702	749	714
Medelvärden	727	763	675

*Ur Göteborgs Stadsfullmäktigehandlingar.

Göteborgs Gatukontors årsberättelser 1926-1959.



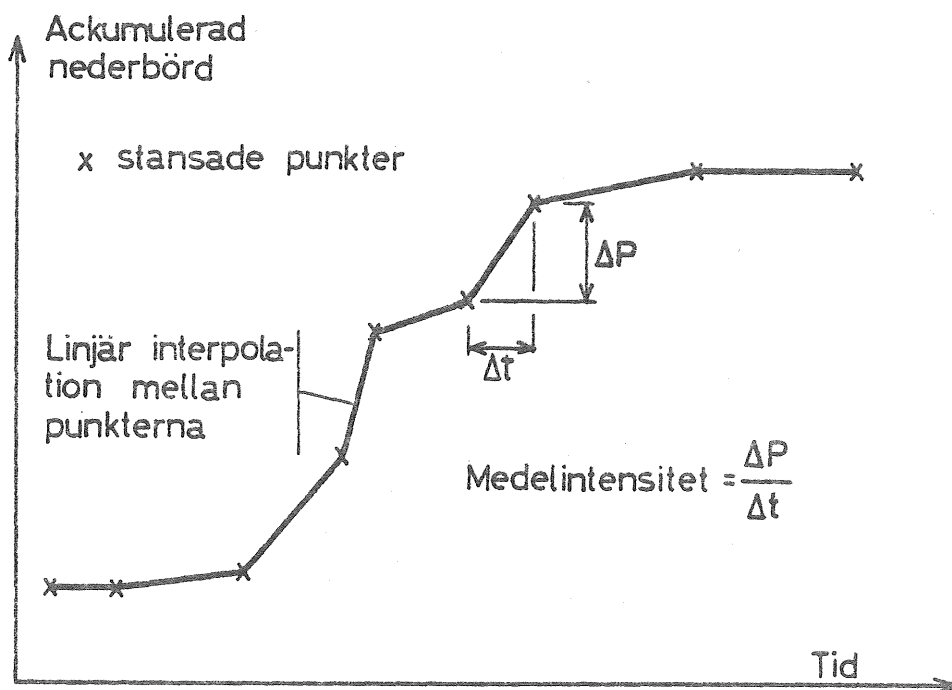
Figur 8. Resultat av homogenitetskontroll av årsvärden för nederbörden vid Station Lundby, Göteborg 1926-1955. Jämförelsestationer: VA-verkets stationer Masthugget, Landala, Gullbergsvass, Barlastplatsen och Delsjön samt SMHI:s stationer Göteborg, Torslanda och Mölndal.

4. UTVÄRDERING AV NEDERBÖRDENS VARAKTIGHET OCH MÄNGD PER MÅNAD OCH PER ÅR VID OLIKA INTENSITETER

4.1 Tillvägagångssätt vid utvärderingen

Efter stansningen av originaldiagrammen och överföring till datormedium lagras nederbördsregistreringarna som punkter med samhörande tidpunkt och ackumulerat nederbördsvärde. Detta illustreras i figur 9.

För varje tidsintervall Δt beräknas medelintensiteten \bar{i} som $\bar{i} = \Delta P / \Delta t$ där ΔP är nederbördsmängden som fallit under tidsintervallet. Därefter undersöks storleken på medelintensiteten \bar{i} och kopplas till motsvarande intensitetsklass. För alla intensitetsklasser mindre än eller lika med \bar{i} adderas varaktigheten Δt till ett antal ackumulerande register över varaktigheten per månad. På samma sätt görs med nederbördsmängden ΔP (total volym) samt med ΔP minskad med en mängd lika med den nedre gränsen för varje intensitetsklass gånger varaktigheten Δt (bräddad volym).



Figur 9. Stansade nederbördspunkter och beräkning av medel-nederbördsintensiteten för ett tidsintervall.

Månadsvärdena summeras sedan för varje år. Exempel på en månadstabell visas i Tabell 3. I tabellen redovisas förutom volym (nederbörds mängd) och varaktighet, för nederbörd överstigande viss intensitet, antalet tidsintervall för motsvarande intensitetsklass samt medelstansavståndet för klassen.

Utgångsmaterial för utvärdering av de slutgiltiga tabellerna och kurvorna är ovanstående tabeller med volymer och varaktigheter per månad och per år. Sammanlagt är det 18 tabeller för varje månad (januari-december) och 18 årstabeller. Medelvärde och standardavvikelse är därefter beräknat för varje månad och för året.

Tabell 3. Exempel på tabell över nederbördsvolym, varaktigheter och antalet tillfällen överstigande en viss intensitet samt medelstansavståndet för angivet intensitetsintervall.

TABELL FÖR VOLYMER OCH VARAKTIGHETER ÖVERSTIGANDE EN VISS INTENSITET,
SAMT ANTAL FÖREKOMSTILLFÄLLEN OCH MEDELSTANSAVSTÅND I ANGIVET INTENSITETSINTERVALL.

ÅR: 1930 MÅNAD: 5 INITIELL REGNFÖRLUST = 0.0 MM

INTENSITET (MM/H)	TOTAL VOLYM (MM)	DRÄDDAD VOLYM (MM)	VARAKTIGHET (TIM.)	INTENSITET (MM/H)	ANTALET PUNKTER	MEDELSTANS- AVSTÅND (MIN.)
0.0 -	64.794	64.794	743.997	0.0 - 0.010	558	542.177
0.010-	64.525	63.956	57.239	0.010- 0.025	482	78.756
0.025-	64.353	63.184	46.738	0.025- 0.075	474	38.065
0.075-	64.183	61.058	41.663	0.075- 0.125	466	22.543
0.125-	64.061	59.087	39.784	0.125- 0.175	461	12.329
0.175-	63.912	57.237	38.140	0.175- 0.250	453	9.399
0.250-	63.221	54.704	34.067	0.250- 0.750	427	6.422
0.750-	58.076	40.312	23.685	0.750- 1.250	330	6.661
1.250-	49.566	31.199	14.694	1.250- 1.750	249	5.522
1.750-	42.060	25.365	9.540	1.750- 2.250	193	5.038
2.250-	35.537	21.440	6.265	2.250- 2.750	154	3.928
2.750-	32.280	18.651	4.956	2.750- 3.250	134	2.995
3.250-	27.501	16.585	3.359	3.250- 3.750	102	2.987
3.750-	25.300	15.132	2.712	3.750- 4.250	89	2.113
4.250-	23.334	13.905	2.218	4.250- 4.750	75	2.346
4.750-	21.918	12.866	1.906	4.750- 5.250	67	2.464
5.250-	20.452	11.956	1.618	5.250- 5.750	60	2.325
5.750-	19.611	11.197	1.463	5.750- 6.250	56	2.906
6.250-	18.731	10.493	1.318	6.250- 6.750	53	1.823
6.750-	17.722	9.850	1.166	6.750- 7.250	48	2.700
7.250-	16.482	9.332	0.986	7.250- 7.750	44	1.456
7.750-	15.946	8.866	0.913	7.750- 8.250	41	1.833
8.250-	15.205	8.425	0.822	8.250- 8.750	38	0.0
8.750-	15.205	8.014	0.822	8.750- 9.250	38	2.467
9.250-	14.464	7.622	0.740	9.250- 9.750	36	2.267
9.750-	14.106	7.262	0.702	9.750- 10.250	35	1.700
10.250-	13.825	6.921	0.674	10.250- 11.500	34	1.781

4.2 Resultat

Resultaten är redovisade i tabellerna 4 och 5, figurerna 10 och 11 samt bilagorna 1-4.

Värden för intensiteter mindre än 0,1 mm/h är osäkra vilket påverkar speciellt varaktighetsdiagrammen. Under denna intensitetsgräns har därför ingen linje lagts in i varaktighetsdiagrammen utan markering har enbart skett av utvärderade värden. Varaktigheten vid 0,1 mm/h kan alltså inte tolkas som ett mått på den totala regnvaraktigheten under året utan enbart som ett mått på varaktigheten av nederbörd med en intensitet större än eller lika med 0,1 mm/h.

Angivna bräddvattenvolymer (tabell 5, figur 11, bilagorna 3-4) mindre än 1 mm är osäkra och dessutom ointressanta om man beaktar värdets storlek och tar hänsyn till mätnoggrannhet m m.

Resultaten för vintermånaderna måste betraktas som osäkra eftersom en del av nederbörden fallit som snö.

Varaktigheten för låga intensiteter är kortare under sommaren än under vintern medan varaktigheten för höga intensiteter är längre under sommaren och hösten. Den längre varaktigheten under sommaren och hösten för höga intensiteter påverkar bräddvattenvolymer så mycket att volymerna blir större under sommaren och hösten.

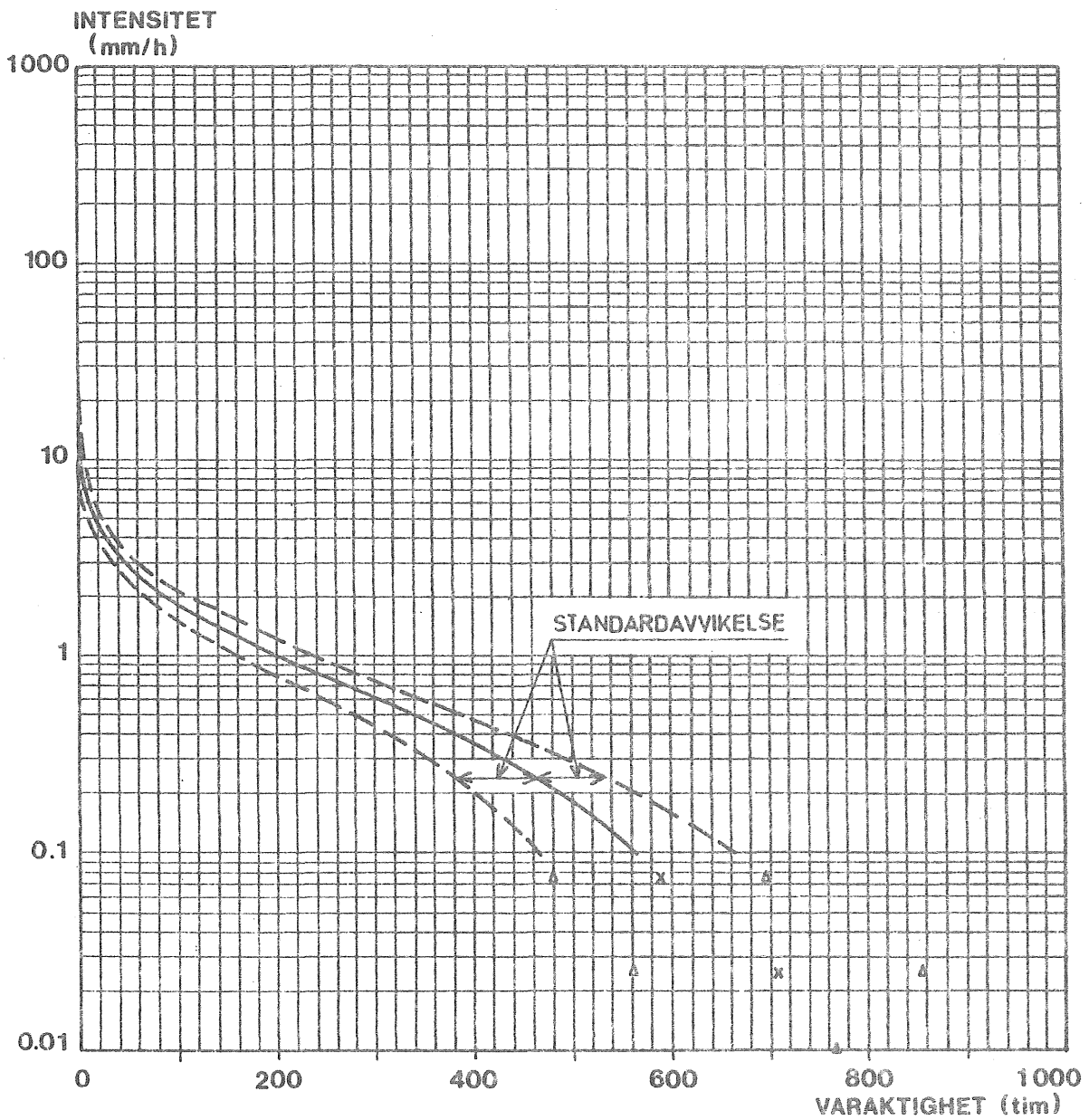
Standardavvikelseerna är redovisade i årskurvorna i figurerna 10 och 11.

Tabell 4. Varaktighet i timmar per månad och per år av nederbörd överstigande viss intensitet. Medelvärde för perioden 1921 - 1939 vid Lundby, Göteborg.

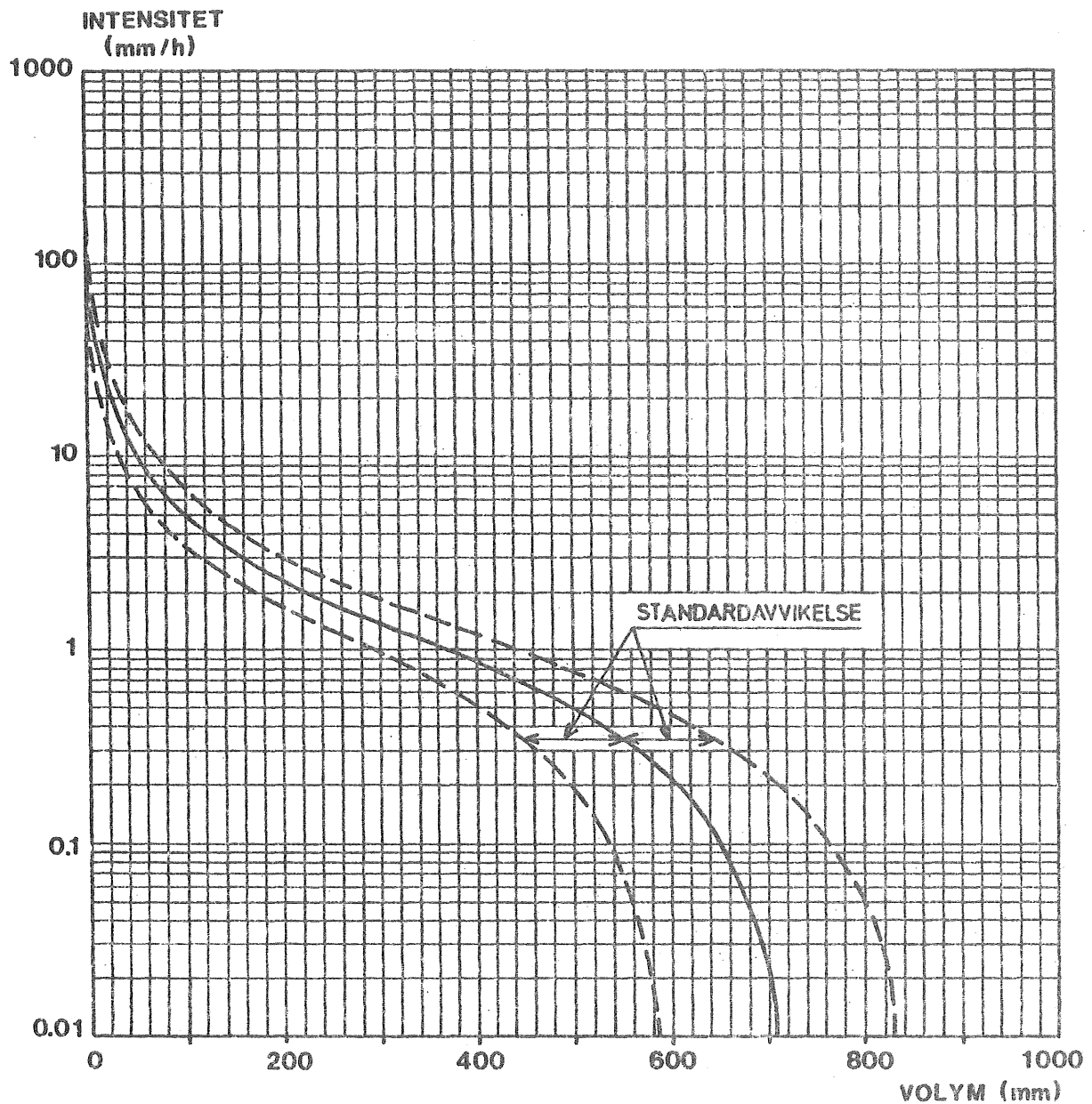
Intensitet mm/h	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	Året
≥0.075	66.8	37.8	36.4	42.8	40.1	38.6	38.6	46.5	48.6	70.1	65.8	56.8	589.0
≥0.25	47.6	26.1	23.6	31.0	29.6	27.9	27.1	32.1	33.6	50.5	45.5	38.3	412.8
≥0.75	27.3	14.5	11.4	17.3	17.8	18.6	18.1	21.6	22.3	32.8	28.0	22.2	252.0
≥1.75	9.7	4.9	3.0	5.9	7.4	9.2	10.4	12.4	11.6	15.0	12.5	8.3	110.4
≥2.75	3.3	1.7	1.1	2.4	3.6	5.1	6.6	7.7	6.8	7.8	5.6	3.2	55.0
≥5.75	0.2	0.1	0.1	0.3	0.9	1.5	2.5	2.8	2.5	2.0	0.7	0.4	14.1
≥9.75	0.03	0.01	0.02	0.08	0.3	0.6	1.2	1.2	1.0	0.6	0.2	0.07	5.2
≥15.50	0.01	-	-	0.02	0.1	0.3	0.6	0.6	0.5	0.2	0.06	0.01	2.4
≥20.50	0.01	-	-	0.01	0.05	0.2	0.4	0.4	0.3	0.1	0.02	-	1.5
≥30.50	-	-	-	-	0.02	0.08	0.2	0.2	0.1	0.04	0.01	-	0.7
≥40.50	-	-	-	-	0.01	0.05	0.1	0.1	0.07	0.02	-	-	0.4
≥50.50	-	-	-	-	0.01	0.03	0.09	0.07	0.05	0.01	-	-	0.3
≥100.50	-	-	-	-	-	0.01	0.01	-	0.01	-	-	-	0.03
≥149.50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.01

Tabell 5. Volym i mm per månad och per år av bräddvatten (dagvatten+spillvatten) överströmmande tänkta bräddavlopp verksamma fr o m motsvarande intensitet. Medelvärde för perioden 1921 - 1939 vid Lundby, Göteborg.

Intensitet mm/h	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	Året
≥0.075	54.5	28.8	22.8	36.3	43.7	55.2	73.0	81.7	74.6	84.4	63.7	46.6	665.2
≥0.25	45.2	23.6	18.0	30.2	37.9	49.9	67.7	75.5	68.0	74.6	54.6	39.0	584.2
≥0.75	26.9	13.8	9.7	18.6	26.5	38.5	56.8	62.4	54.4	54.4	36.8	24.5	423.0
≥1.75	9.8	4.9	3.4	7.9	14.8	25.2	43.0	45.9	37.9	31.7	17.7	10.3	252.6
≥2.75	3.9	2.0	1.6	4.1	9.6	18.4	34.7	36.1	29.0	20.8	9.2	4.9	174.2
≥5.75	0.7	0.2	0.3	1.1	4.1	10.0	21.9	22.1	16.9	8.3	2.5	1.0	89.1
≥9.75	0.3	-	0.1	0.4	2.2	6.2	15.1	14.6	10.8	4.1	1.1	0.3	55.4
≥15.50	0.2	-	-	0.2	1.2	4.1	10.3	9.5	6.8	2.1	0.6	0.1	35.1
≥20.50	0.2	-	-	0.1	0.9	3.1	7.8	6.9	5.0	1.4	0.4	-	25.8
≥30.50	0.1	-	-	-	0.5	1.9	5.1	3.9	3.1	0.7	0.3	-	15.5
≥40.50	0.1	-	-	-	0.4	1.2	3.4	2.2	2.0	0.4	0.2	-	10.0
≥50.50	0.1	-	-	-	0.3	0.9	2.3	1.3	1.4	0.2	0.2	-	6.8
≥100.50	-	-	-	-	0.1	0.2	0.5	0.2	0.3	0.1	-	-	1.6
≥149.50	-	-	-	-	-	-	0.2	0.1	0.1	-	-	-	0.7



Figur 10. Varaktighet per år av nederbörd överstigande viss intensitet. Medelvärde och standardavvikelse för årsvärdena under perioden 1921-1939 vid Lundby, Göteborg.



Figur 11. Volym per år av bräddvatten (dagvatten+spillvatten) överströmmande tänkta bräddavlopp verksamma fr o m motsvarande intensitet. Medelvärde och standardavvikelse för årsvärdena under perioden 1921-1939 vid Lundby, Göteborg.

5 UTVÄRDERING AV NEDERBÖRDENS VARAKTIGHET OCH
MÄNGD VID OLIKA INTENSITETER MED HÄNSYN
TAGEN TILL REGNFÖRLUSTER

5.1 Beräkning av avrinning med hänsyn tagen till
regnförluster.

Vid användning av de tidigare utvärderade kurvorna över nederbördens varaktighet och mängd beräknar man avrinningen som en totalavrinning per månad eller per år med hjälp av ekvationen:

$$Q = P \cdot \varphi \cdot A \quad (5)$$

där Q = avrunnen total mängd per tidsperiod

P = nederbördsvolym per tidsperiod överskridande en viss intensitet.

φ = avrinningskoefficient som anger hur stor andel av nederbörden som avrinner

A = områdets area

φ är en dimensionslös konstant som inkluderar karakteristika för avrinningsområdet, regnförluster genom infiltration och magasinering i vattenpölar m m. Att bestämma värdet på koefficienten φ utan mätningar är en svår uppgift.

Ett annat sätt att uppskatta avrinningen på är att beräkna avrinningen för varje enstaka regntillfälle och därefter summera ihop den totala avrinningen per månad och per år. För ett nederbördstillfälle kan avrinningen beräknas som

$$Q_e = k \cdot (P_e - a) \cdot A \quad (6)$$

där Q_e = avrunnen volym per nederbördstillfälle

k = andel av avrinningsområdet som bidrar till avrinningen

P_e = nederbördsvolym per regntillfälle

a = initiell regnförlust, magasinering av vatten
i pölar och håligheter

Ekvation (6) giltighet har verifierats av flera mätningar, se t ex Arnell & Lyngfelt (1975) och Falk & Niemczy-
nowicz (1978). Fördelen med den här metoden är att para-
metrarna k och a är bättre fysikaliskt förankrade och
lättare att uppskatta än avrinningskoefficienten φ .

Ekvation (6) fungerar för ett område med väl avgränsade
täta hårdgjorda ytor. Metoden förutsätter att storleken
på de ytor som ger avrinning är konstant och att försum-
bara mängder infiltrerar genom dessa ytor. Detta gäller
troligen för områden där ytorna utgörs av tät asfalt
och takytor och där asfaltytorna är väl avgränsade av
kantsten o dyl. I områden med stor andel permeabla ytor
av typ plattbeläggningar o dyl och diffust avgränsade
belagda ytor fungerar beräkningsmetoden sämre. Under
vinterhalvåret kan man anta att överensstämmelsen inte
är så bra för någon typ av yta då man har snösmältning
och avrinning från tjälad mark.

Den totala avrinningen per månad och per år beräknas ge-
nom att summera avrinningarna från de enstaka regntill-
fällena:

$$Q = \Sigma Q_e = k \cdot \Sigma (P_e - a) \cdot A \quad (7)$$

Observera att den beräknade avrunna volymen Q endast av-
ser avrinning från ytor och ej inkluderar eventuellt
basflöde.

För den summerade effektiva nederbörden $\Sigma (P_e - a)$ kan
likadana kurvor som tidigare presenterats utvärderas.
Man delar då först in nederbördsserien i enstaka regn
och subtraherar den initiella regnförlusten från början
av varje regn. Ur det återstående datamaterialet utvär-
derar man sedan, på samma sätt som tidigare beskrivits,
nederbördens varaktighet och mängd överskridande olika
intensiteter.

5.2 Definition av en regnhändelse

För att kunna beräkna regnförlusterna måste vi definiera ett regntillfälle. Definitionen måste kunna uttryckas matematiskt för att datorn skall kunna utföra uppdelningen av nederbördsserien i regnhändelser. Den bör även ta hänsyn till hur avrinningen sker samt vad slutresultatet skall användas till, i detta fall beräkning av bräddvattenmängder och bräddvaraktigheter. En regnhändelse definieras som en serie nederbördsregistreringar där (se även Arnell & Lyngfelt, 1975):

- a) Regnintensitet ≥ 0.1 mm/h
- b) Regnintensitet < 0.1 mm/h tillåts under tidsintervall om högst 4 timmar inom regnet, vilket betyder att tidsavståndet mellan regnen är ≥ 4 timmar.
- c) Regnets totala varaktighet ≥ 2 min
- d) Regnets totala volym ≥ 0.5 mm

Regnintensitetsgränsen 0.1 mm/h (def. a ovan) har valts så lågt som är möjligt med hänsyn till mätnoggrannhet och utvärderingsnoggrannhet. Starttidpunkten för regnet bör ligga så till att så stor del som möjligt av den första delen av regnet kommer med. Det kortast tillåtna tidsavståndet mellan regnen (def. b ovan) är svårt att fastställa. Det bör väljas så långt att vatten i håligheter och andra ytmagasin hinner avdunsta innan nästa regn inträffar. Samtidigt bör det vara så kort att regnet blir så sammanhängande som möjligt. Det "rätta" tidsavståndet varierar naturligtvis med årstid, lufttemperatur, luftfuktighet, vind, ytmaterial, ytmagasinet storlek m m. Här har valts 4 timmar som ett medelvärde under hela året. Hur en variation av detta värde påverkar slutresultatet har studerats genom att göra utvärderingar med tidsavståndet satt till 1 timma och 10 timmar. Resultatet, som framgår av tabell 6 och bilagorna 9 och 10, visar att den totala regnvolymer inkluderad i de definierade regnen är relativt lika oavsett regnuppehål-

Tabell 6. Totalvolymer nederbörd per år vid olika uppehållslängd mellan regnen. Initiell regnförlust 0 mm och 0.5 mm. Medelvärde för perioden 1921-1939 vid Lundby, Göteborg.

Regndefinition	Initiell regnförlust mm	
	0.0	0.5
Kontinuerlig serie ej uppdelad i enskilda regn	726	726
Regnuppehåll \geq 1 timma	675	592
\geq 4 timmar	689	624
\geq 10 timmar	696	647

lets längd. Totalförlusten mellan regnen varierar mellan 30 mm och 51 mm. Om man inkluderar en initiell regnförlust av 0.5 mm blir den totala förlusten, vid ett uppehåll av 4 timmar, 102 mm. Bilaga 9-10 visar dessutom att skillnaderna mellan kurvorna vid olika regndefinitioner är små vid de nederbördsintensiteter som är aktuella vid analys av bräddavlopp. Skillnaderna i resultat mellan de olika regndefinitionerna beror i första hand på att antalet regn per år varierar, vilket framgår av tabell 7.

Tabell 7. Antalet regn per år vid olika uppehållslängd mellan regnen. Medelvärde för perioden 1921-1939 vid Lundby, Göteborg.

Upphållsets längd, timmar	Antal regn	
	Medelvärde	Standardavvikelse
\geq 1	167	23
\geq 4	129	16
\geq 10	99	10

Den totala vattenbalansen i urbana områden och definitionen av ett regn för beräkning av avrinning behöver studeras ytterligare. I Sverige är ett första försök redovisat i Bucht et al. (1977) och i Carlsson och Falk (1979).

Regnets totala varaktighet (def. c ovan) och regnets totala volym (def. d ovan) har satts till ≥ 2 min respektive ≥ 0.1 mm för att undvika instrument- och bearbetningsfel.

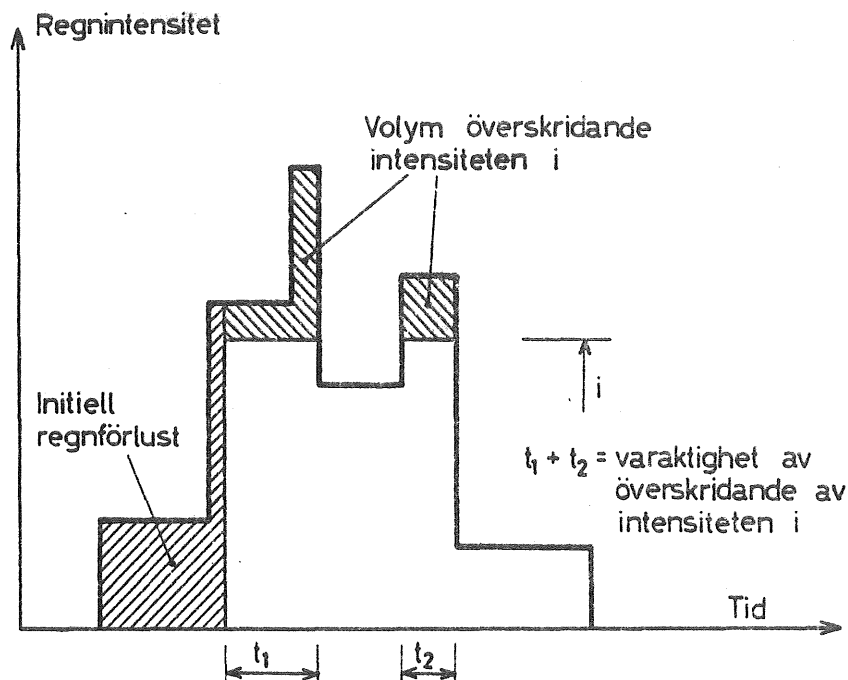
5.3 Uppskattning av regnförluster samt utvärdering av nederbördens varaktighet och mängd.

Den initiella regnförlusten, ytmagasinering, inkluderar interception, vätning av ytor och magasinering av vatten i ythåligheter. Regnförlusten anses vara lika med den regnmängd som behöver falla innan avrinningen startar. Storleken på denna regnförlust varierar med typ av område, ålder, ytmaterial, yttjämnhet, lutning m m. Tre olika värden har använts i denna utvärdering: 0.5 mm, 1.0 mm och 2.0 mm. Vid mätningar i Sverige har värden mellan 0.3 mm och 1.0 mm uppmätts. Under vinterhalvåret, då snö förekommer, kan man naturligtvis få helt andra regnförluster. Då är även regndefinitionen och de resulterande volym-varaktighetskurvorna tveksamma eftersom snön smälts och registreras som regn av instrumentet.

Arbetsgången för utvärdering av volymvaraktighetskurvorna är följande:

1. Uppdelning av nederbördsserien för Lundby 1921-1939 i separata regntillfällen enligt definitionen ovan.
2. Subtraktion av den initiella regnförlusten från början av varje regntillfälle (se figur 12).
3. Utvärdering av volym och varaktighet av överskridande av olika intensiteter ur de återstående neder-

bördsregistreringarna. Detta görs på samma sätt som för volym-varaktighetskurvorna utan hänsyn tagen till initiell regnförlust, se kap 4.1.



Figur 12. Beräkning av volym och varaktighet av överskridande av intensiteten i för ett enstaka regntillfälle med hänsyn tagen till initiell regnförlust.

5.4 Resultat

Resultaten är redovisade i tabellerna 8 och 9 samt bilagorna 5-8.

Skillnaderna mellan kurvorna för olika initiala regnförluster är störst för intensiteter under 1-5 mm/h. Detta beror på att intensiteterna ofta är lägre i början av regnet där initialförlusterna beräknas.

Värden för intensiteter mindre än 0.1 mm/h är osäkra på grund av mätfel och bearbetningsfel. Detta gäller speciellt varaktighetsdiagrammen. Resultaten för vintermånaderna måste betraktas som osäkra eftersom en del av nederbörden fallit som snö, men av instrumentet smälts och registrerats som regn.

Standardavvikelseerna har inte redovisats separat för dessa kurvor utan i stället hänvisas till figurerna 10 och 11. Standardavvikelseerna för kurvorna med hänsyn tagen till regnförluster är något lägre än vad som framgår av dessa figurer.

Tabell 9. Volym i mm per månad och per år av bräddvatten (dagvatten+spillvatten) överströmmande tänkta bräddavlopp verksamma fr o m motsvarande intensitet med hänsyn tagen till initiella regnförluster 0.5, 1.0 och 2 mm. Medelvärden för perioden 1921-1939 vid Lundby, Göteborg.

Initialförlust 0.5 mm

Intensitet mm/h	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	Året
≥0.075	47.3	24.7	18.9	31.9	38.7	45.9	66.0	73.6	67.0	75.6	54.9	41.2	585.8
≥0.25	39.8	20.6	15.2	26.9	33.9	41.9	61.6	68.4	61.5	67.3	47.5	35.0	519.5
≥0.75	24.3	12.4	8.5	16.8	24.1	33.1	52.1	57.1	49.7	49.7	32.5	22.6	382.8
≥1.75	9.0	4.5	3.1	7.2	13.7	22.4	39.8	42.5	35.0	29.3	15.8	9.7	231.9
≥2.75	3.5	1.8	1.4	3.7	8.9	16.5	32.2	33.6	26.9	19.3	8.2	4.6	160.6
≥5.75	0.5	0.2	0.3	0.9	3.8	9.1	20.5	20.7	15.8	7.7	2.2	0.9	82.5
≥9.75	0.2	-	0.1	0.3	2.0	5.8	14.2	13.7	10.2	3.8	1.0	0.2	51.6
≥15.50	0.1	-	-	0.1	1.1	3.8	9.7	9.0	6.5	2.0	0.6	0.1	33.0
≥20.50	0.1	-	-	0.1	0.8	2.9	7.5	6.6	4.8	1.3	0.4	-	24.4
≥30.50	0.1	-	-	-	0.2	1.8	4.9	3.7	3.0	0.6	0.3	-	14.6
≥40.50	-	-	-	-	0.1	1.2	3.3	2.1	2.0	0.4	0.2	-	9.4
≥50.50	-	-	-	-	0.1	0.8	2.3	1.3	1.4	0.2	0.2	-	6.3
≥100.50	-	-	-	-	-	0.2	0.5	0.2	0.3	0.1	-	-	1.4
≥149.50	-	-	-	-	-	-	0.2	-	0.1	-	-	-	0.6

Initialförlust 1.0 mm

Intensitet mm/h	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	Året
≥0.075	42.4	21.7	16.1	28.5	34.7	41.7	61.2	68.1	62.2	69.3	49.8	38.1	533.9
≥0.25	35.9	18.3	13.1	24.2	30.5	38.2	57.3	63.4	57.2	61.9	43.4	32.8	476.0
≥0.75	22.3	11.2	7.4	15.2	21.9	30.4	48.8	53.2	46.4	46.1	30.0	21.8	354.5
≥1.75	8.3	4.2	2.8	6.6	12.5	20.7	37.4	39.8	32.9	27.4	14.7	9.8	216.9
≥2.75	3.2	1.7	1.3	3.3	8.2	15.3	30.3	31.5	25.3	18.1	7.6	4.7	150.6
≥5.75	0.5	0.2	0.2	0.7	3.4	8.4	19.3	19.4	15.0	7.2	1.9	0.9	77.2
≥9.75	0.2	-	0.1	0.3	1.8	5.3	13.4	12.9	9.7	3.5	0.9	0.2	48.4
≥15.50	0.1	-	-	0.1	1.0	3.6	9.3	8.4	6.3	1.8	0.5	0.1	31.2
≥20.50	0.1	-	-	0.1	0.7	2.7	7.2	6.2	4.6	1.2	0.4	-	23.2
≥30.50	0.1	-	-	-	0.2	1.7	4.7	3.5	2.9	0.6	0.2	-	14.0
≥40.50	-	-	-	-	0.1	1.1	3.2	2.0	1.9	0.4	0.2	-	9.1
≥50.50	-	-	-	-	0.1	0.8	2.2	1.2	1.3	0.2	-	-	6.1
≥100.50	-	-	-	-	-	0.2	0.5	0.1	0.3	0.1	-	-	1.3
≥149.50	-	-	-	-	-	-	0.2	-	0.1	-	-	-	0.6

Initialförlust 2.0 mm

Intensitet mm/h	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec	Året
≥0.075	34.6	17.0	12.0	23.0	28.4	34.9	53.1	59.2	53.9	59.0	41.4	32.1	448.6
≥0.25	29.6	14.4	9.8	19.5	25.0	32.1	49.9	55.3	49.7	53.0	36.4	27.9	402.5
≥0.75	18.6	9.0	5.7	12.2	18.1	25.7	42.9	46.6	40.7	40.0	25.6	19.0	304.0
≥1.75	7.0	3.4	2.1	5.2	10.4	17.6	33.3	35.1	29.2	24.3	12.8	8.7	189.2
≥2.75	2.7	1.4	1.0	2.5	6.8	13.1	27.0	27.9	22.7	16.3	6.6	4.2	132.1
≥5.75	0.4	0.1	0.1	0.5	2.8	7.2	17.2	17.3	13.5	6.5	1.6	0.8	68.0
≥9.75	0.2	-	-	0.2	1.5	4.6	11.9	11.5	8.7	3.2	0.7	0.2	42.8
≥15.50	0.1	-	-	0.1	0.9	3.0	8.3	7.5	5.7	1.7	0.4	-	27.8
≥20.50	0.1	-	-	0.1	0.4	2.3	6.4	5.6	4.3	1.2	0.3	-	20.6
≥30.50	-	-	-	-	0.2	1.5	4.3	3.2	2.7	0.6	0.2	-	12.7
≥40.50	-	-	-	-	0.1	1.0	3.0	1.8	1.8	0.4	-	-	8.2
≥50.50	-	-	-	-	0.1	0.7	2.0	1.1	1.2	0.2	-	-	5.5
≥100.50	-	-	-	-	-	0.2	0.4	0.1	0.2	0.1	-	-	1.2
≥149.50	-	-	-	-	-	-	0.2	-	-	-	-	-	0.5

6 FELANALYS

6.1 Förekommande fel

De resulterande volym-varaktighetskurvorna är behäftade med fel och osäkerheter av olika slag:

- Mätfel - svårigheter att mäta den sanna nederbörden.
- Instrumentfel.
- Stansfel - fel som uppstår vid överföringen av registreringarna från diagramremarna till datormedium.
- Databortfall - stillestånd hos nederbördsräknaren - bearbetningsfel.
- Representativiteten hos den bearbetade perioden och mätplatsens representativitet.
- Snönederbörd.

Fel vid bearbetningar av den här typen har tidigare behandlats av Falk (1951) och Arnell (1974).

6.2 Mätfel

Vid mätning av nederbörd strävar man efter att mäta den mängd nederbörd som når markytan. Därför borde egentligen mätaren vara nedgrävd i marken med överkanten i nivå med markytan. Mätarens utseende samt problem med snö försvårar detta och därför har man valt att placera mätaren över marknivå. Mätaren vid Lundby har troligen haft sin öppning 1,0-1,5 m över marken. SMHI:s officiella mätare sitter på en höjd av 1,5 m. Genom mätarens placering över marknivån påverkas regndropparna av vindförhållandena, och genom att mätaren stör vindfältet hamnar en del droppar, som borde hamnat i mätaren, utanför mätaröppningen. Detta leder till en underskattning av nederbörden. Mätarens placering har betydelse. Den bör stå skyddat men samtidigt så öppet att ingen nederbörd fångas upp av omgivande föremål.

Totalt under året kan felet ge 5-15% underskattning av årsnederbörden med stora variationer för enstaka regn-

tillfällena. Felen vid mätning av snönederbörd kan vara mycket stora. Skillnaderna mellan verklig och uppmätt nederbörd torde därför vara störst under vinterhalvåret.

6.3 Instrumentfel

Genom mekanisk påverkan eller tillverkningsfel kan förhållandet mellan uppfångningsytans area och flottörhusets area vara felaktigt. Felets storlek uppskattas till ca $\pm 1\%$. Urverket i nederbördsräknaren kan gå för fort eller för sakta. Om man antar att urverket går 15 min fel per dygn ger detta ett fel i intensiteterna på mindre än $\pm 2\%$. Det dominerande instrumentfelet är vinkelfelet mellan diagramtrummans axel och ritstiftets vertikallaxel. Det kan i enstaka fall ge stora avvikelser på de höga intensitetsvärdena. Felets storlek kan bestämmas genom att mäta avvikelsen från vertikallinjen hos den ritade linjen vid tömning av flottörhuset. För Lundby rör sig stiftet 0,7-1,7 minuter tillbaka vid tömningen av flottörhusets 20 mm nederbörd. Detta ger ca 10% för låga intensiteter vid en intensitet av 100 mm/h, ca 5% för låga värden vid 50 mm/h och ca 1% för låga värden vid 10 mm/h.

6.4 Stansfel

Stansfelet avser de avvikelser som uppstår vid överföringen av registreringarna från diagramremarna till datormedium. Vid stansningen följer man regnkurvan med en lupp med ett hårkors i mitten. Två fel kan då uppstå: dels registrerar inte maskinen hårkorsets exakta läge och dels klarar inte operatören av att placera hårkorsset exakt mitt på kurvan. De två felen uppskattas tillsammans till maximalt $\pm 0,25$ mm med ett medelfel av ca $\pm 0,15$ mm eller $\pm 0,28$ min för Lundbydiagrammen. Det procentuella felet blir större ju kortare stansavståndet är eller ju kortare tidsintervall man beräknar medelintensiteten över. Om man vill ha ett medelstansfel i intensitetsvärdena av max $\pm 20\%$ bör tidsintervallet vid stansningen ej vara mindre än 3-4 min. Detta gäller felet i enstaka intensitetsvärden.

Det finns ingen anledning att tro att stansfelet är systematiskt och eftersom totalvolymen är "rätt" registrerad (tabell 2) bör även de resulterande volymvaraktighetskurvorna vara riktiga.

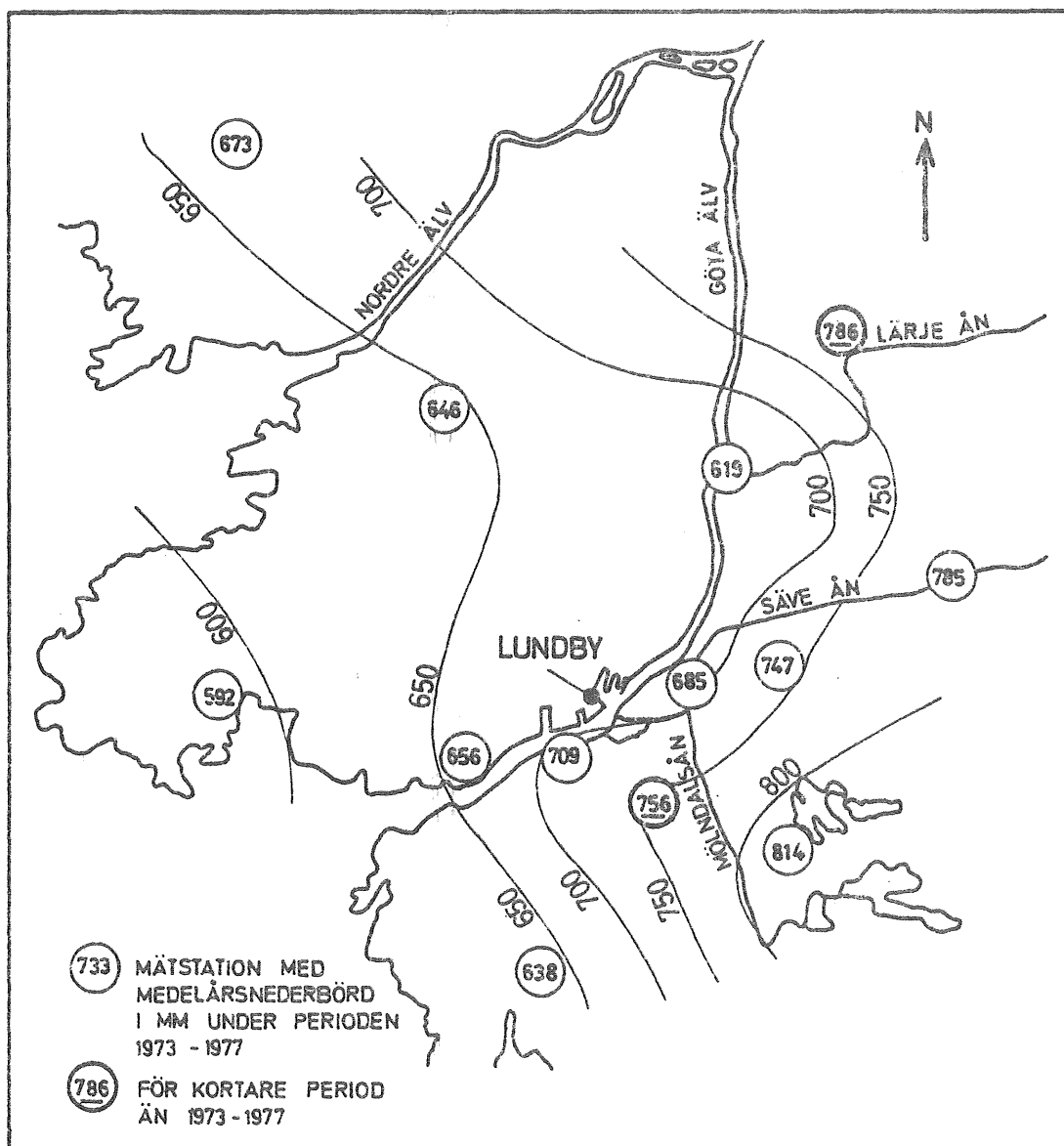
6.5 Databortfall

Databortfall uppstår på grund av instrumentfel och fel som uppstår vid bearbetningen. Under korta perioder kan instrumentet stå stilla för underhåll och reparationer, tratten kan sättas igen med skräp m m. För dessa perioder saknas registreringar. Ett alternativ är att då utnyttja data från någon närliggande station. Det har inte gjorts i denna bearbetning varför vissa data saknas. Vid bearbetningen, speciellt vid stansningen, uppstår fel som medför databortfall. Vissa registreringar är så otydliga att de ej kan tolkas eller man misstänker att det är en felaktig registrering. Man väljer då att utesluta registreringarna från bearbetningen framför att införa felaktiga material. Enligt tabell 2 ger de datorbearbetade registreringarna ca 4% lägre årsnederbörd jämfört med en manuell utvärdering av samma registreringar. Vid datorbearbetningen har vissa instrumentfel eliminerats varför det kvarstående databortfallet uppskattas till ca 2%.

6.6 Mätplatsen och den bearbetade periodens representativitet

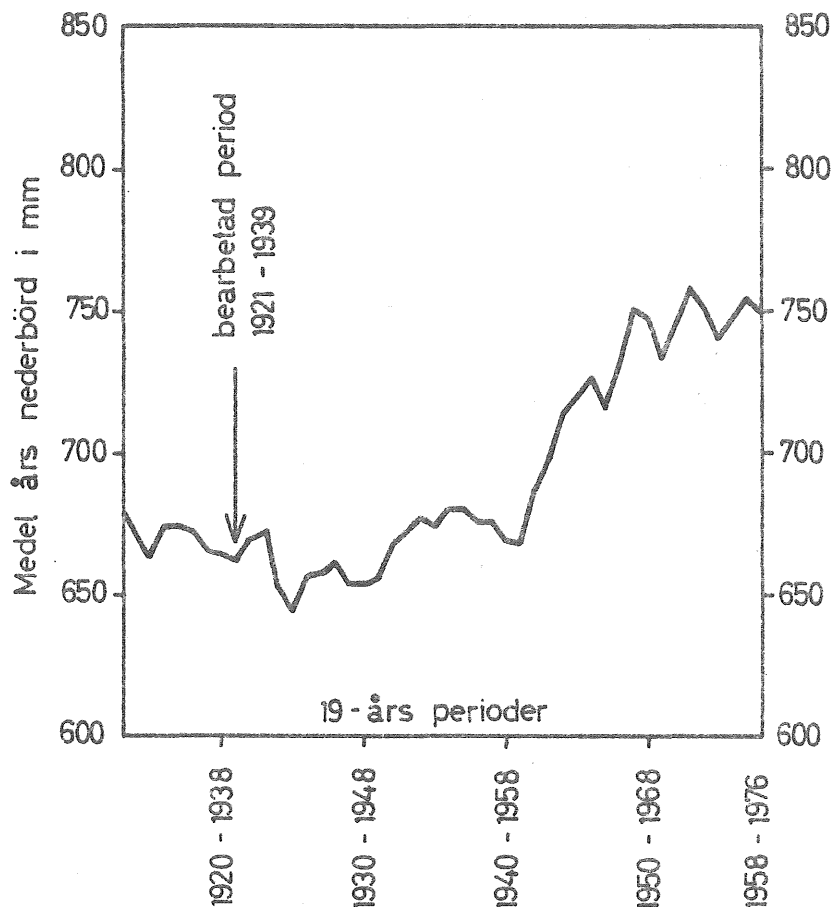
Mätplatsen vid Lundbyhamnen är belägen i nivå med Göta älv centralt inom staden (figur 6). På grund av de kraftiga variationerna i nederbörd över Göteborg kan nederbördsvärden från Lundby endast anses vara representativa för mätplatsens närmaste omgivningar. Hur nederbörden varierar över hela Göteborgsregionen studeras sedan 1973 i ett speciellt forskningsprojekt där 13 registrerande mätare är utplacerade över regionen (se Arnell & Sjölander, 1974). En sammanställning av medelårsnederbörden i Göteborgsregionen för perioden 1973-

1977 framgår av figur 13. Av figuren framgår att årsnederbörden över regionen varierar med topografin och avståndet från kusten. Även om absolutvärdena är beräknade under en kort period bör tendensen till variation över regionen vara rimlig.



Figur 13. Medelårsnederbörden i mm i Göteborgsregionen 1973-1977 utvärderad ur årsrapporter från Göteborgs VA-verk (1974-1978).

Den bearbetade perioden 1921-1939 har markerats i en längre nederbördsserie för SMHI:s station Göteborg (se figur 14).



Figur 14. Glidande 19-års medelvärden för årsnederbörden vid SMHI:s nederbördsstation Göteborg.

Den bearbetade perioden inträffar under en period med mindre nederbörd än under 1960-talet och 1970-talet. Cirka 10% mer nederbörd har fallit under de två senaste årtiondena. Detta stöds även av andra undersökningar, se Eriksson (1972).

6.7 Snönederbörd

Den registrerande mätare som fanns vid Lundby var försedd med en uppvärminingsanordning som smälte snön så att den registrerades som flytande nederbörd. Det går inte att utläsa vad som är snö och vad som är regn ur registreringarna. Taesler (1972) har studerat den ungefärliga andelen snö av den totala månadsnederbörden för olika platser i Sverige. Sammanlagt utgör snö ca 10% av årsnederbörden i Göteborg. Intensiteten hos snö-

derbörd är endast i undantagsfall större än 5 mm/h (Häggström, 1972; Modén & Nyberg, 1965).

6.8 Sammanfattning av felanalysen

De olika felen påverkar de resulterande volym-varaktighetskurvorna. Detta beror på att de flesta felen gäller avvikelser i registrerad intensitet och volym. Den totala nederbördstiden påverkas enbart av stansfel och databortfall. De olika felen är av ungefär följande storleksordning:

Mätfel	5-15% för små volymer
Instrumentfel	+ 3% - -10% variation i intensitetsvärdena
Stansfel	± 20% variation i enstaka intensitetsvärden. Medelvärde riktigt.
Databortfall	- 2%.

Om vi bortser från mätfelet (mätningarna är standardiserade) uppskattas avvikelserna i de resulterande medelkurvorna vara ca + 3% till - 10% med störst avvikelser för höga intensiteter på grund av att vinkelfelet är störst för dessa. Inverkan av snönederbörd har ej medtagits i sammanfattningen.

7 LITTERATUR

- Arnell V, 1974. Intensitets-varaktighetskurvor för häftiga regn i Göteborg under 45-årsperioden 1926-1971. Chalmers tekniska högskola, Geohydrologiska forskningsgruppen, Meddelande nr 5, Göteborg.
- Arnell V, Lyngfelt S, 1975. Nederbörds-avrinningsmätningar i Bergsjön, Göteborg 1973-1974. Chalmers tekniska högskola, Geohydrologiska forskningsgruppen, Meddelande nr 13, Göteborg.
- Arnell V, Sjölander B, 1974. Mätning av nederbördsintensiteter i Göteborgsregionen. Stationsbeskrivning. Chalmers tekniska högskola, Geohydrologiska forskningsgruppen, Meddelande nr 10, Göteborg.
- Bucht E, Carlsson L, Falk J, Hällgren J, Malmquist P-A, 1977. Dagvatten - Resurs och Belastning. Statens Naturvårdsverk, SNV, PM 873. Stockholm.
- Carlsson L, Falk J, 1979. Water Budget for Urban Areas in Sweden - A Rough Approximation. Institutionen för teknisk vattenresurslära, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Report No 3022, Lund.
- Dahlström B, 1979. Regional fördelning av nederbördsintensitet - en klimatologisk analys. Byggforskningen, rapport R18:1979, Stockholm.
- Eriksson B, 1972. Temperatur- och nederbördsförhållandena i Sverige 1961-1970 i relation till perioden 1931-1960. Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut, Notiser och preliminära rapporter, Serie Meteorologi nr 32, Stockholm.

Falk B A H:son, 1951. Utredning angående nederbördsförhållandena i Stockholm och Uppsala med särskild hänsyn till dimensionering av avlopp. Byggnadsdelegationen för Storflygplatsen, Stockholm.

Falk J, Niemczynowicz J, 1978. Characteristics of the Above-Ground Runoff in Sewered Catchments. Uppsats presenterad vid konferens om "Urban Drainage Design" i Southampton, England, april 1978, Pentech Press, London.

von Greyerz W, 1924. Undersökning rörande sambandet mellan nederbördens intensitet och varaktighet m m. Teknisk Tidskrift årgång 54, juli 1924.

Göteborgs stadsfullmäktigehandlingar. Göteborgs Gatukontors årsberättelser 1926-1959. Göteborg.

Göteborgs VA-verk. Nederbörden i Göteborg 1973, 1974, ..., 1977. Göteborgs VA-verk, Projekterings- och utvecklingsavdelningen, årgång 1-5, Göteborg.

Hydrological Engineering Center, 1976. Storage, Treatment, Overflow, Runoff Model "STORM". The Hydrologic Engineering Center, Corps of Engineers, US Army, Computer Program 723-S8-L7520, Davis.

Häggström M, 1972. Metodstudie utförd i Velenområdet över frekvenser av maximala snöfallsintensiteter av olika varaktighet och vid olika temperatur. Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut, HBV, rapport nr 10, 1972-09-06, Stockholm.

- Lindholm O, 1974. A Pollutional Analysis of the Combined Sewer System. Division of Hydraulic Engineering, University of Trondheim, Norwegian Institute of Technology, Trondheim.
- Lindholm O, 1975. Systemanalyse av avløpsanlegg. Prosjektkomiteén for rensing av avløpsvann. Prøve 1, Oslo.
- Modén H, Nyberg A, 1965. Stockholmsområdets klimat. Del 1. Nederbörden. Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut, meddelande Serie B nr 19, Stockholm.
- Taesler R, 1972. Klimatdata för Sverige. SMHI och Statens råd för byggnadsforskning (BFR), Stockholm.
- Åkerlindh G, 1939. Bearbetning av nederbördsdiagram för avloppsändamål. Teknisk Tidskrift, Häftete 4, april 1939, sid 45-51.

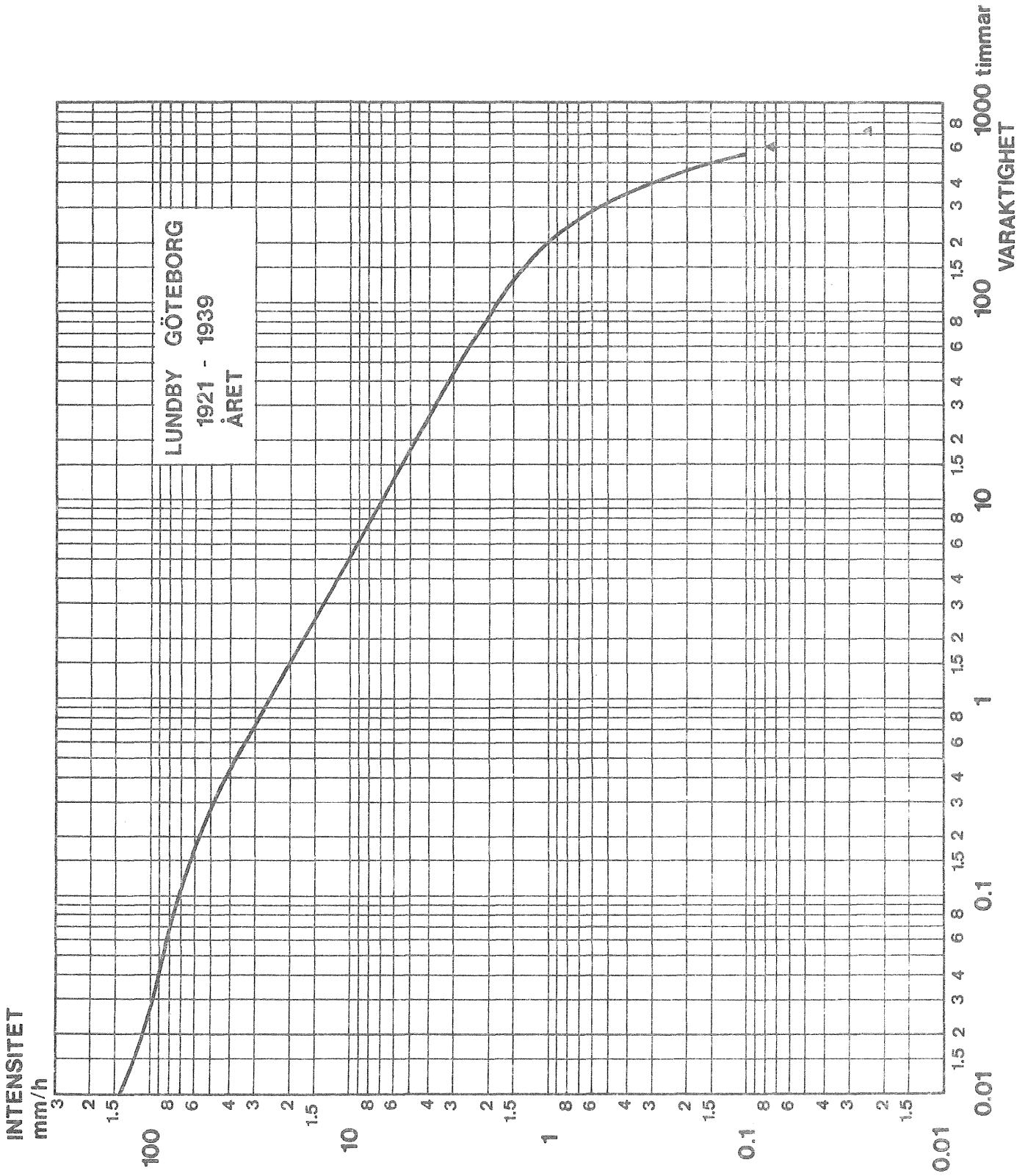
BILAGOR

Diagrammen redovisar medelvärden för perioden 1921-1939
vid Lundby, Göteborg.

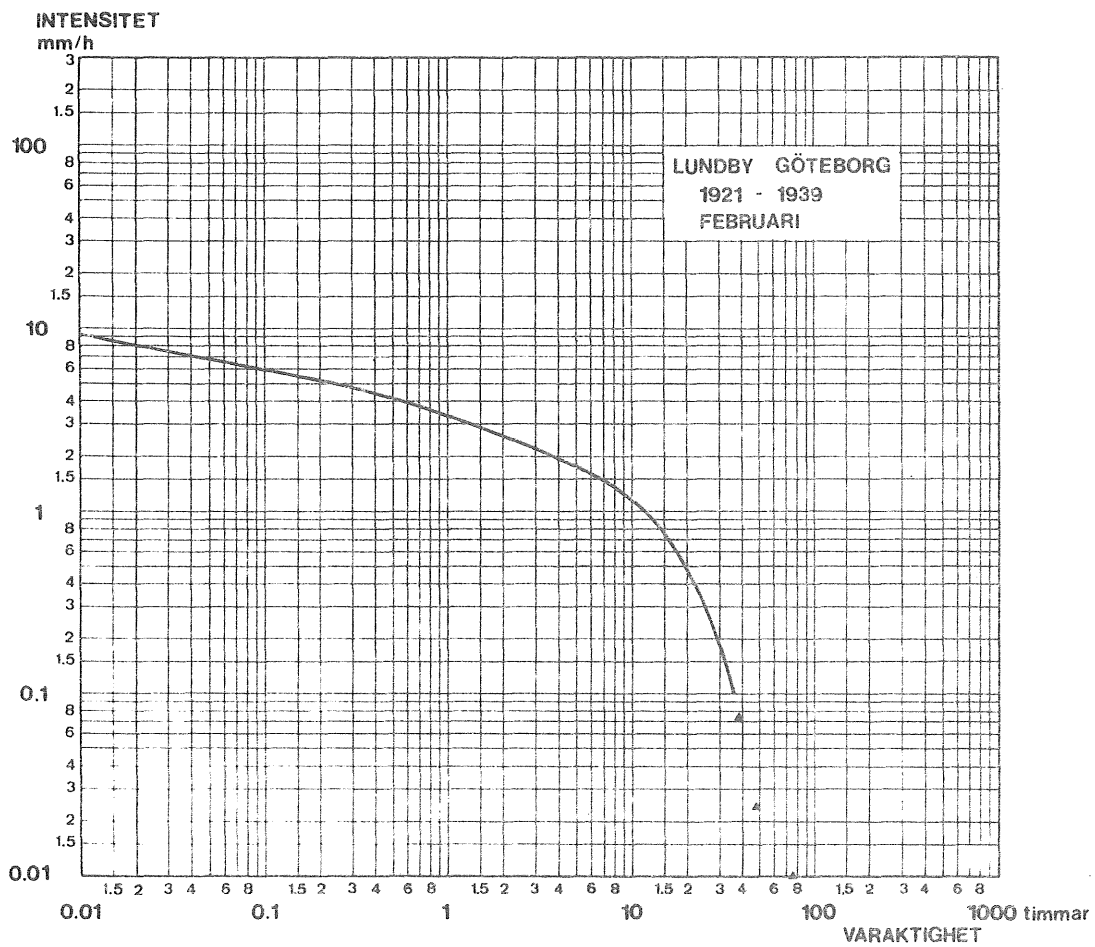
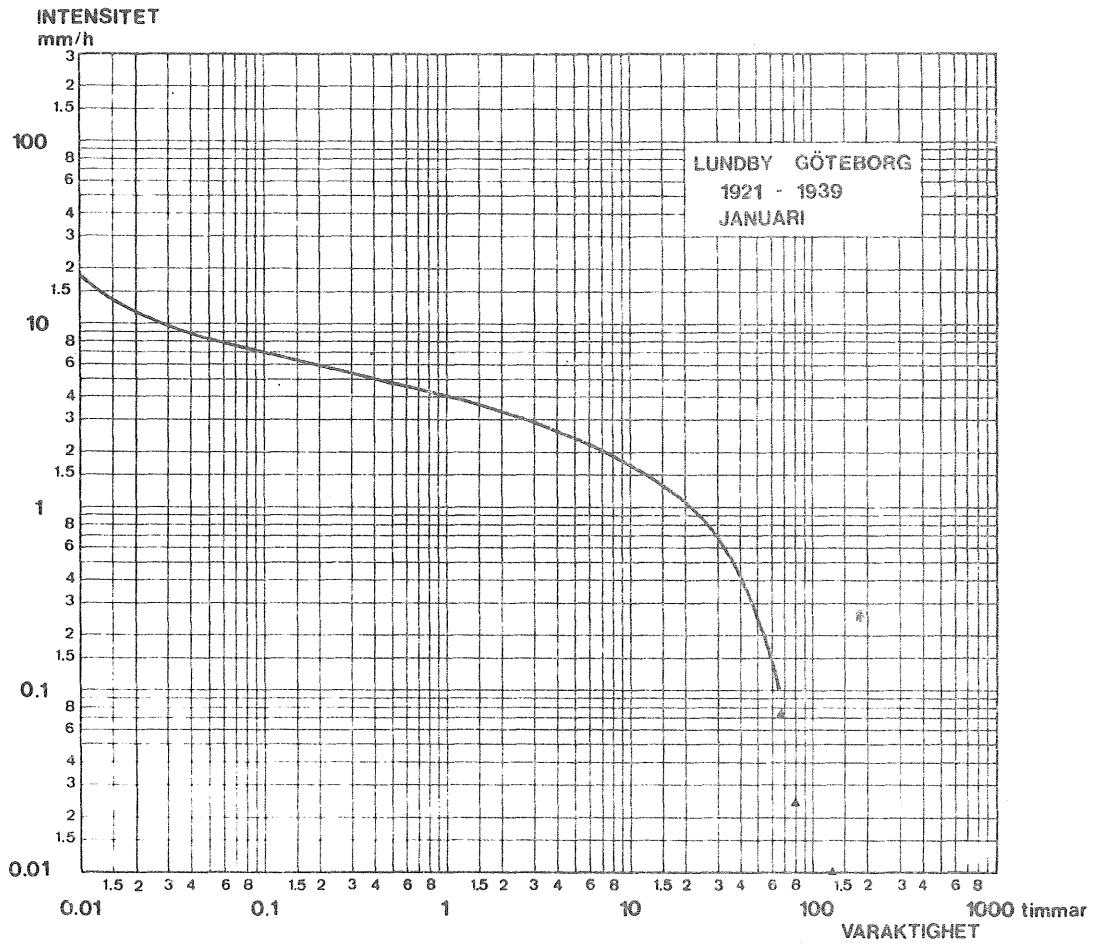
Några praktiska relationer

$$1 \text{ l/s}\cdot\text{ha} = 0.36 \text{ mm/h}$$

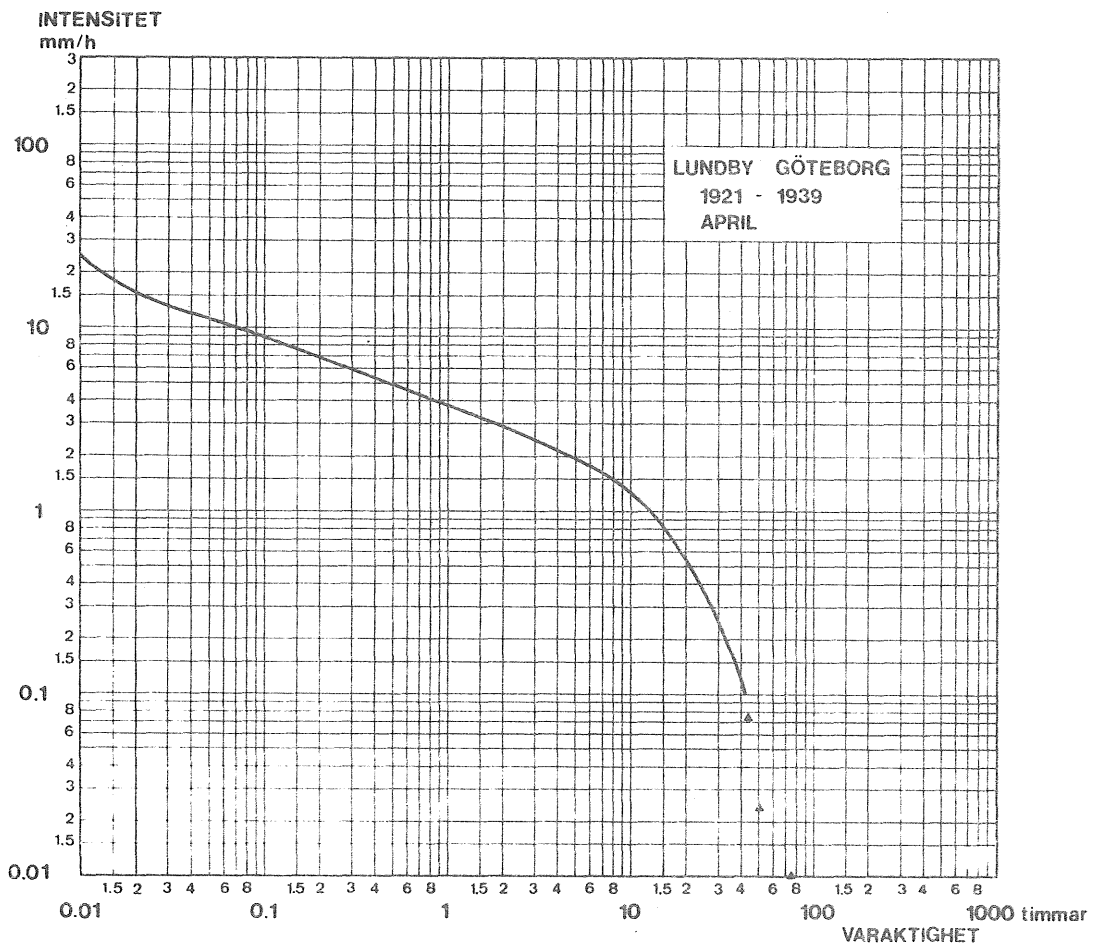
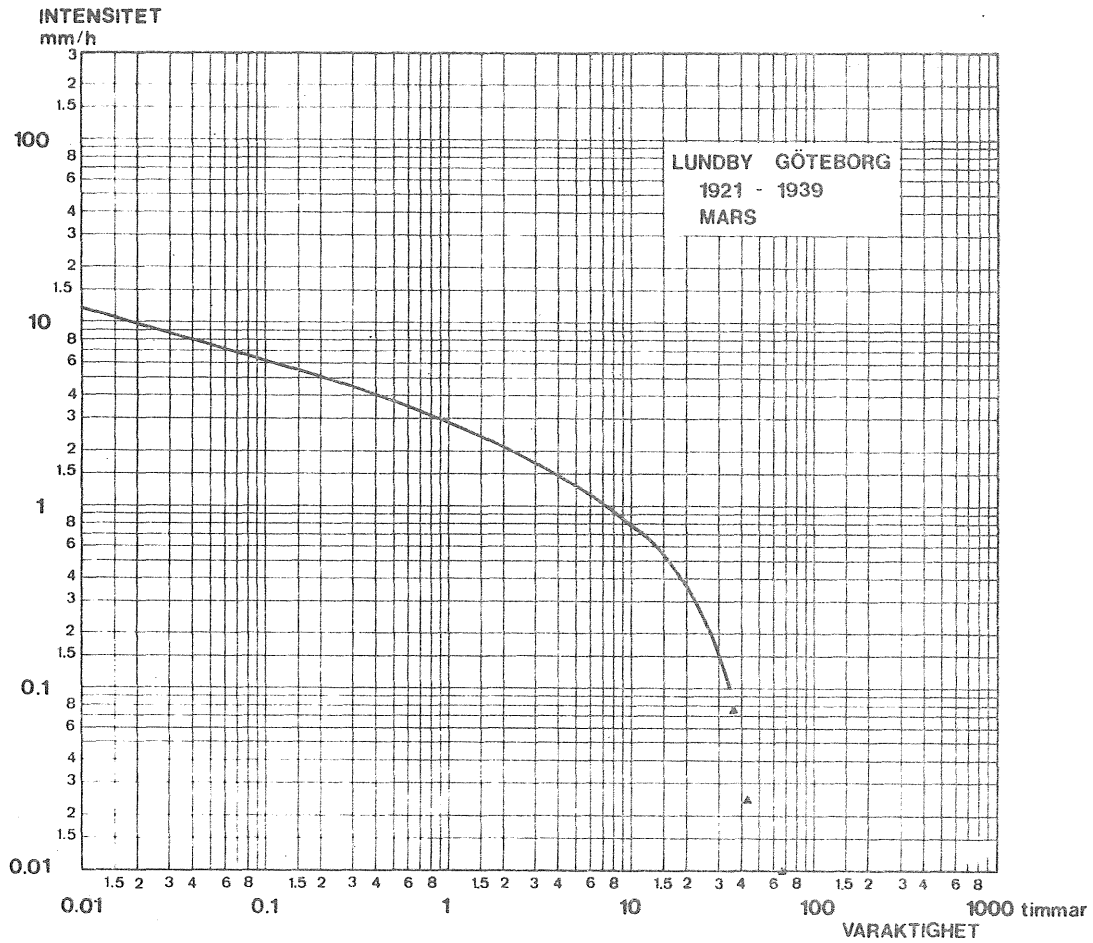
$$1 \text{ mm} = 10 \text{ m}^3/\text{ha}$$



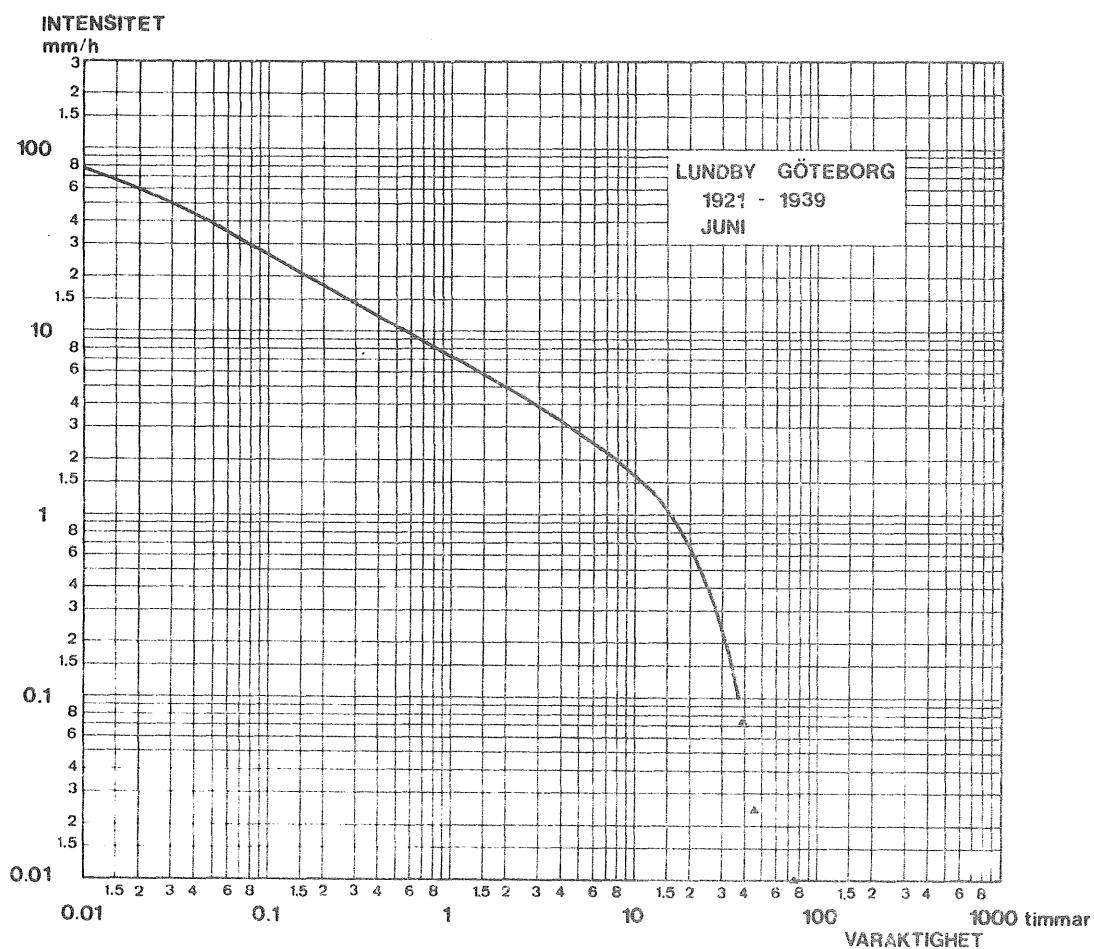
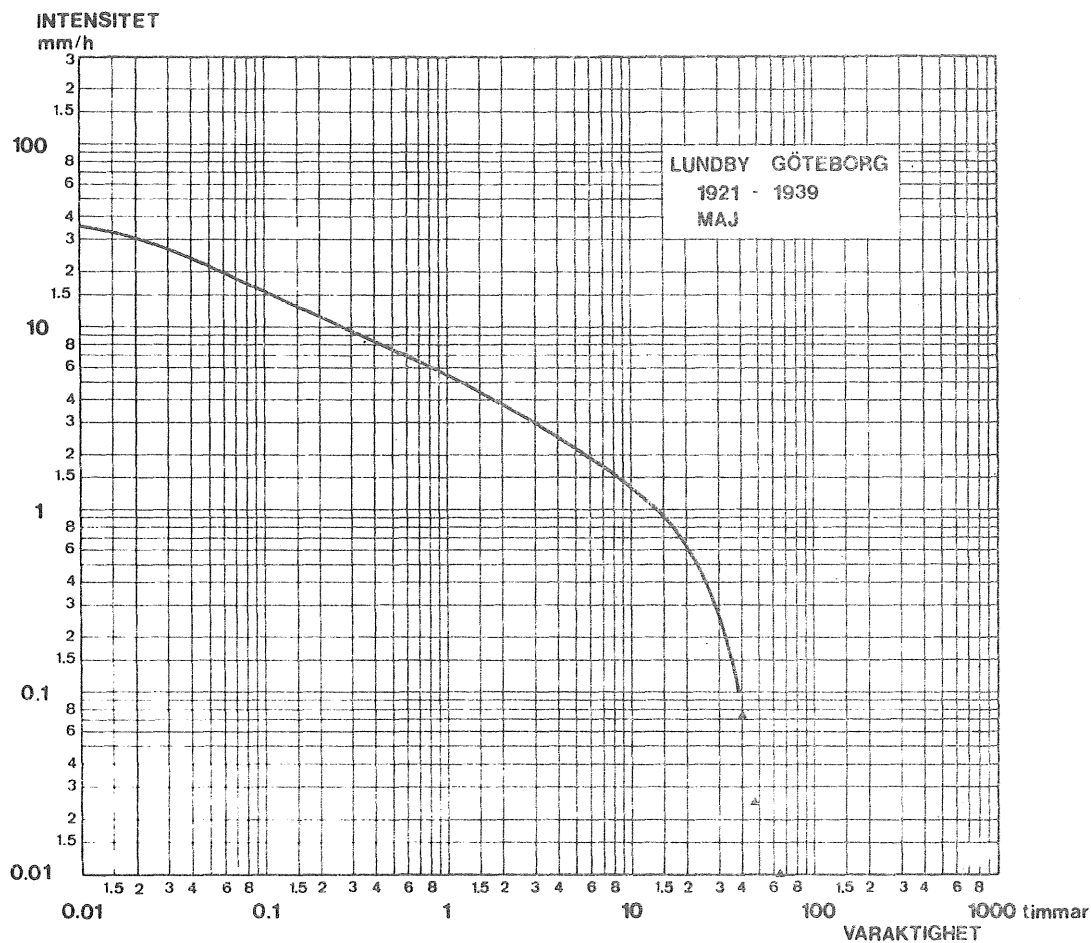
Varaktighet per år av nederbörd överstigande viss intensitet. Medelvärde för perioden 1921-1939 vid Lundby, Göteborg.



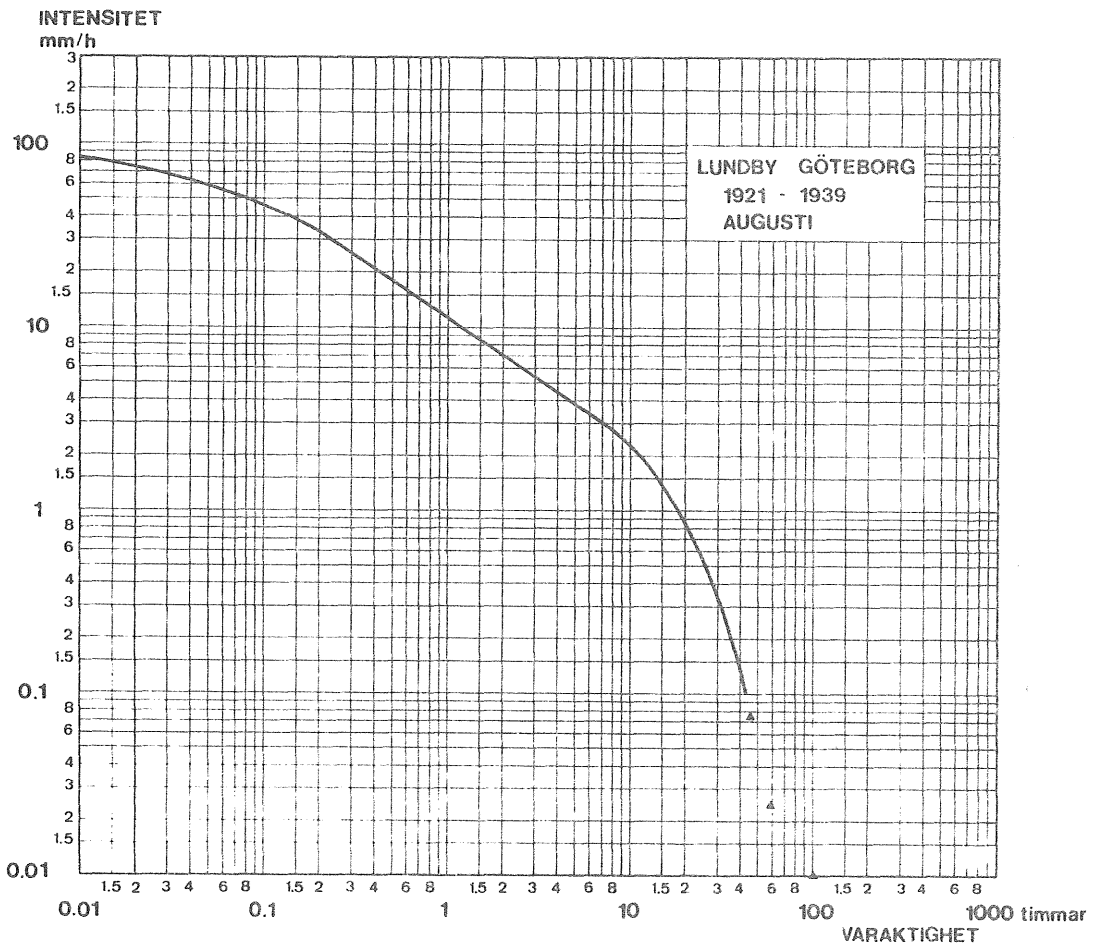
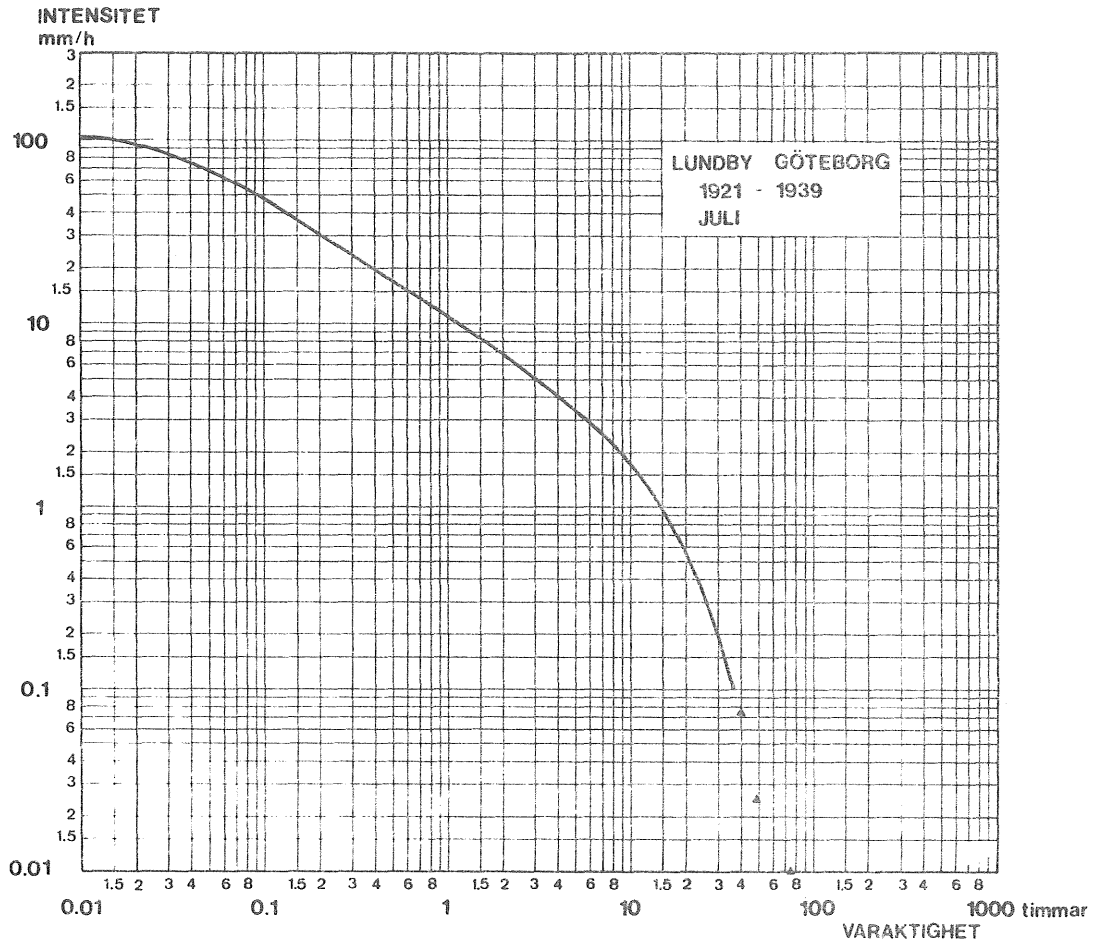
Varaktighet per månad av nederbörd överstigande viss intensitet. Medelvärde för perioden 1921-1939 vid Lundby, Göteborg.



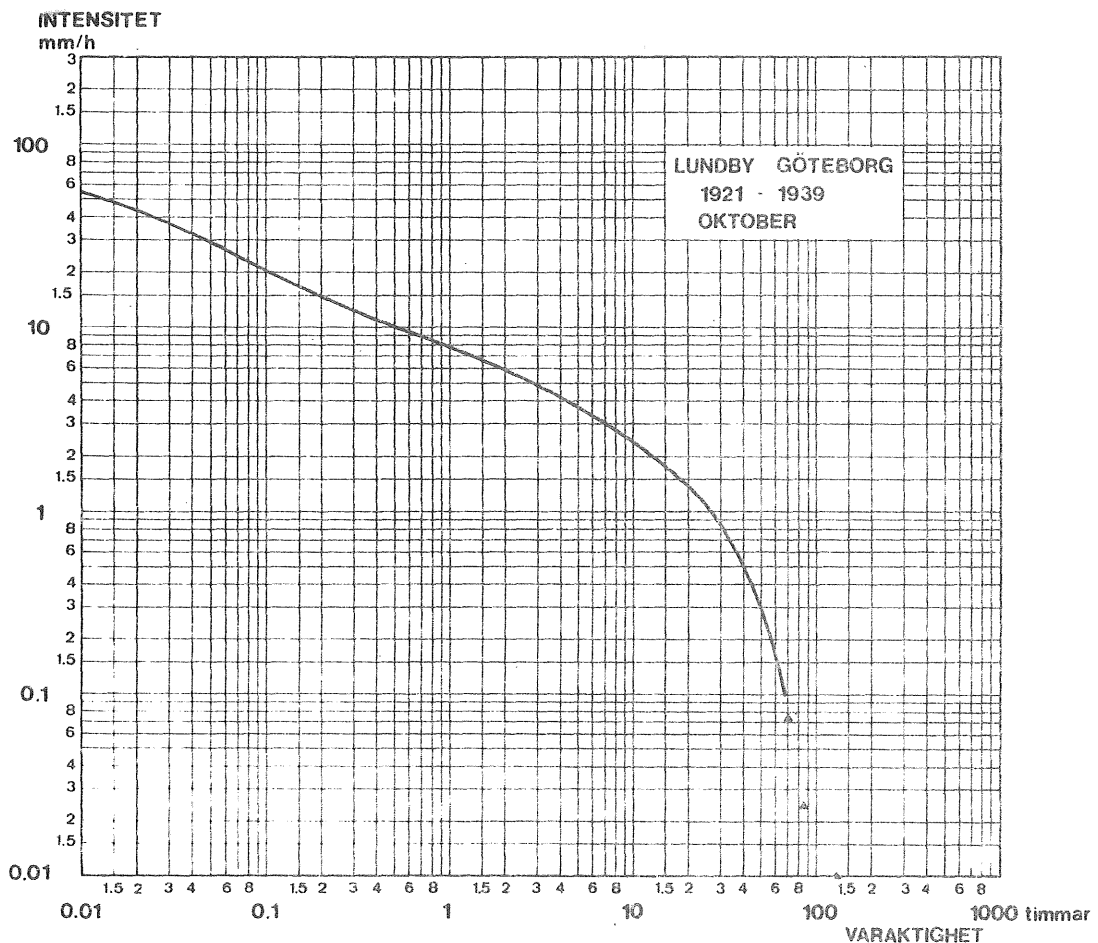
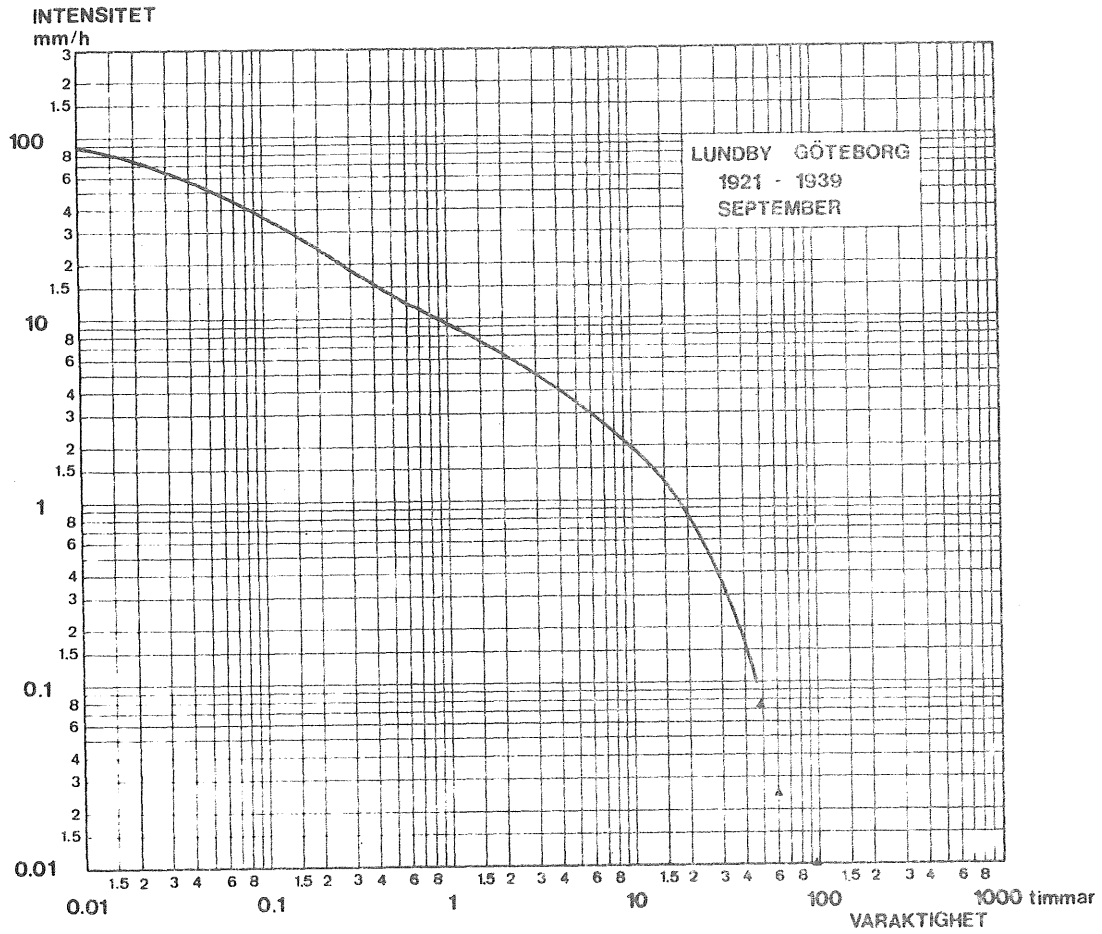
Varaktighet per månad av nederbörd överstigande viss intensitet.
Medelvärde för perioden 1921-1939 vid Lundby, Göteborg.



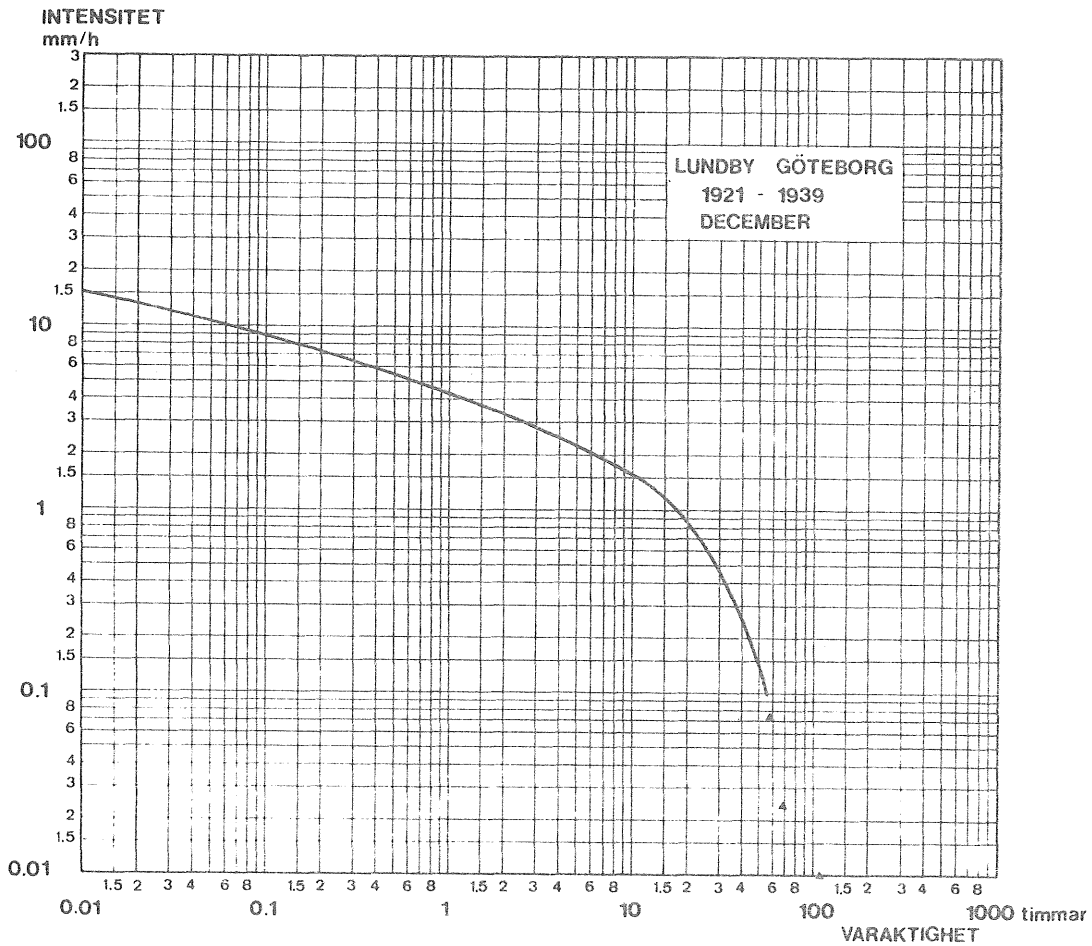
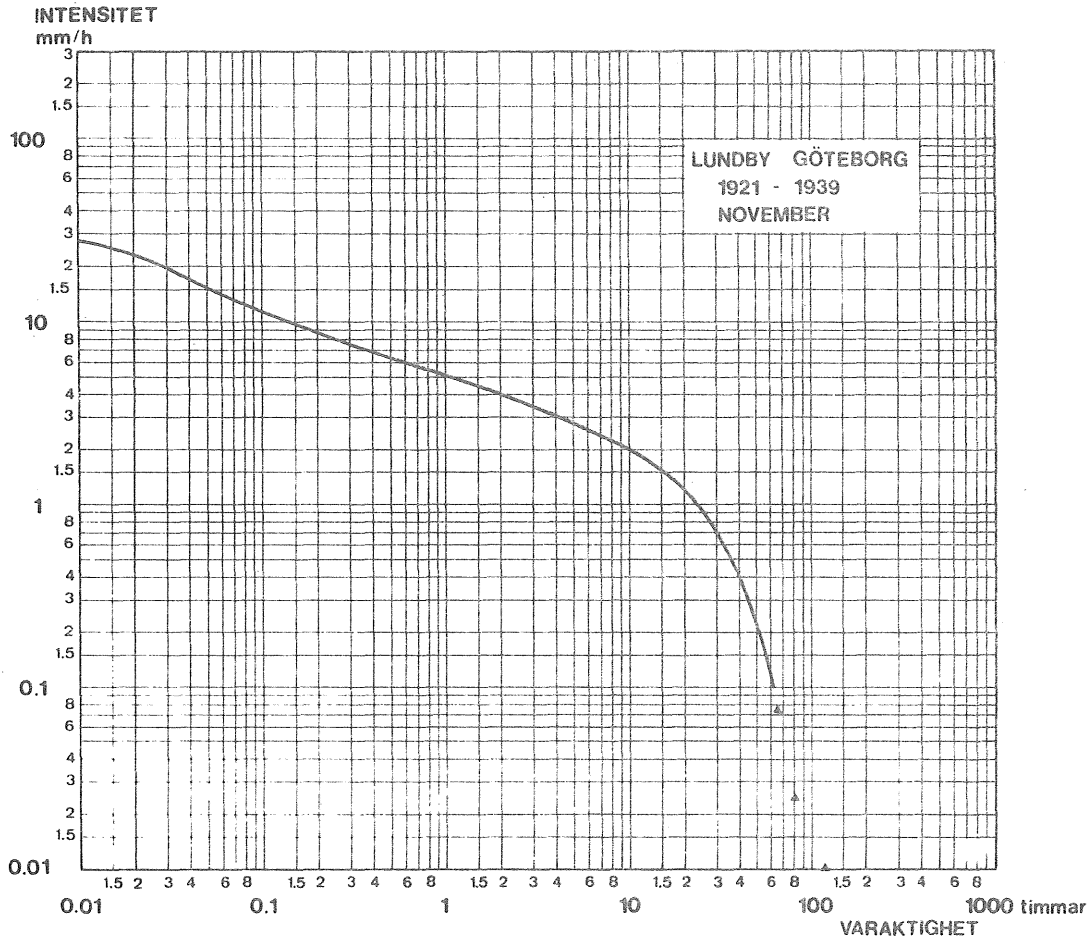
Varaktighet per månad av nederbörd överstigande viss intensitet.
Medelvärde för perioden 1921-1939 vid Lundby, Göteborg.



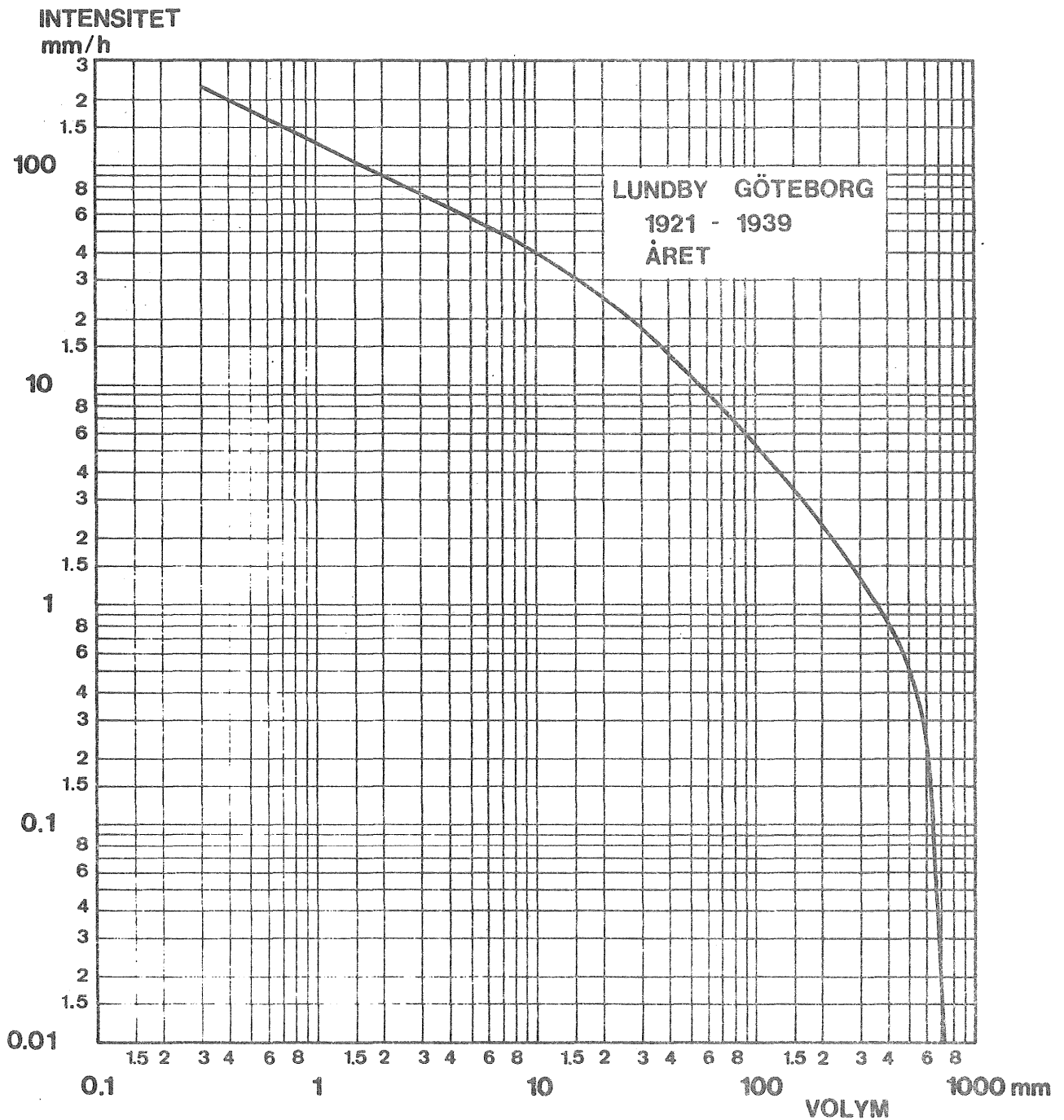
Varaktighet per månad av nederbörd överstigande viss intensitet.
Medelvärde för perioden 1921-1939 vid Lundby, Göteborg.



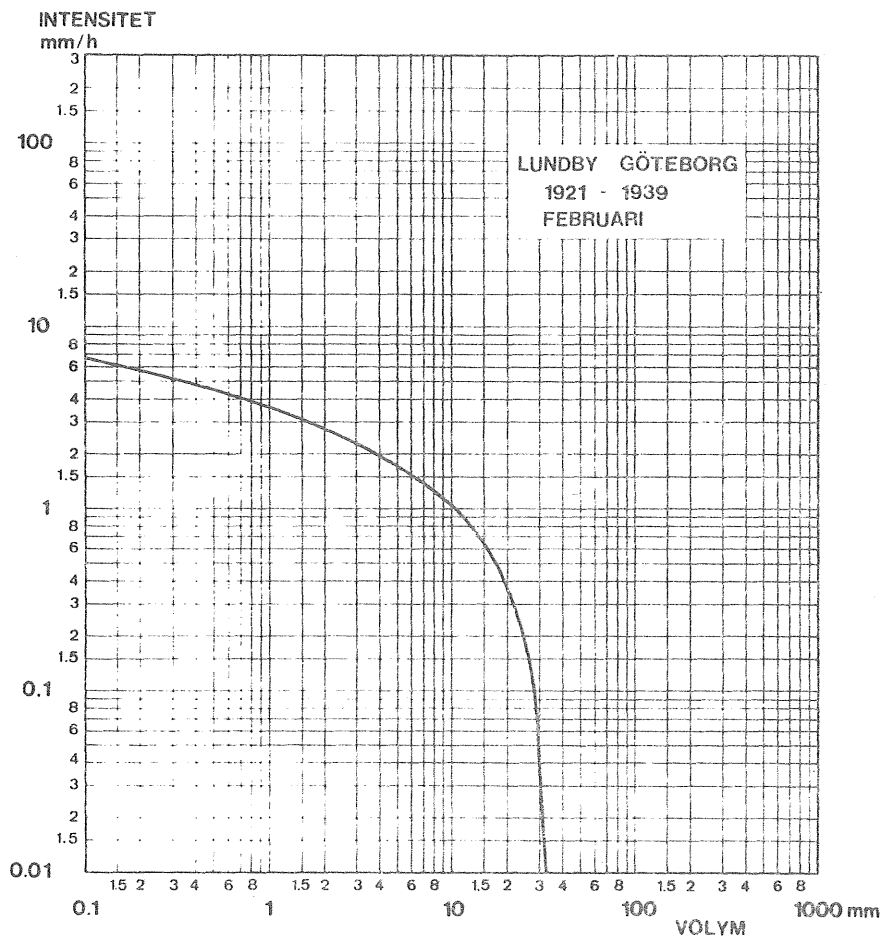
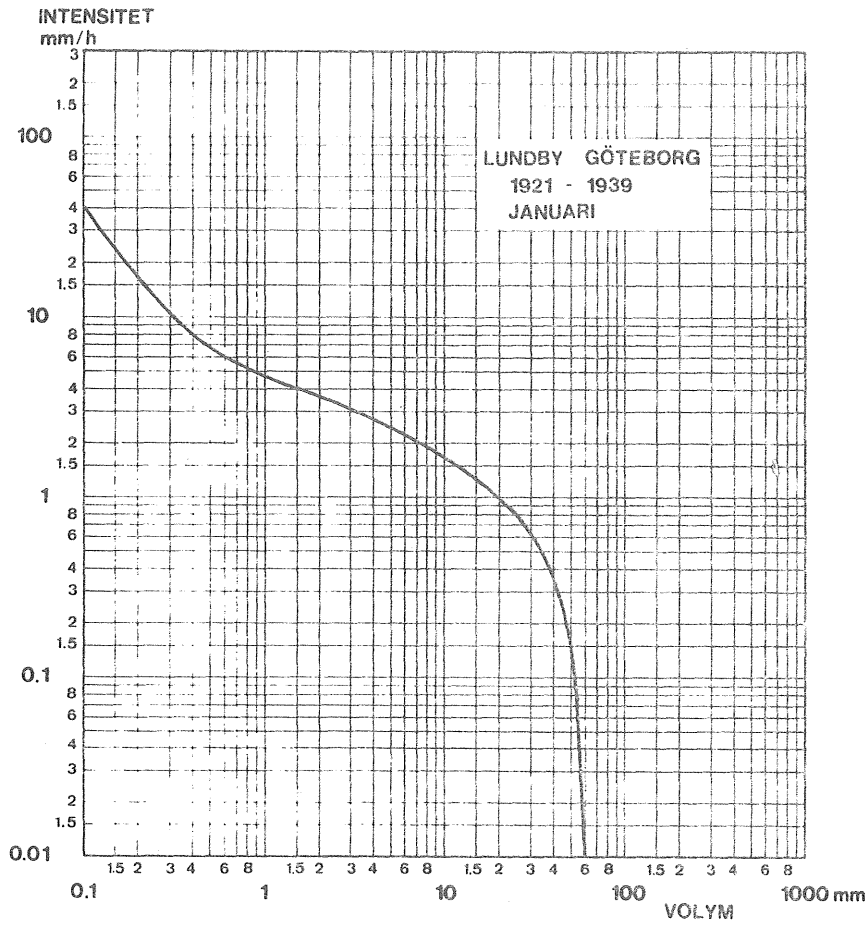
Varaktighet per månad av nederbörd överstigande viss intensitet. Medelvärde för perioden 1921-1939 vid Lundby, Göteborg.



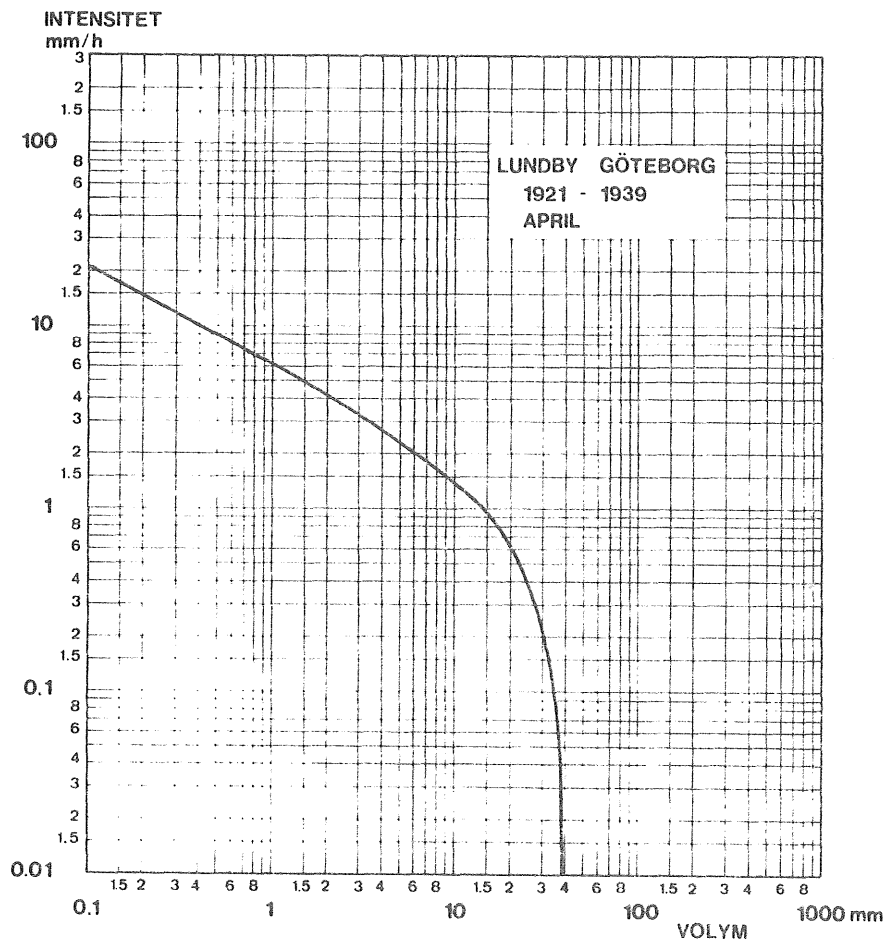
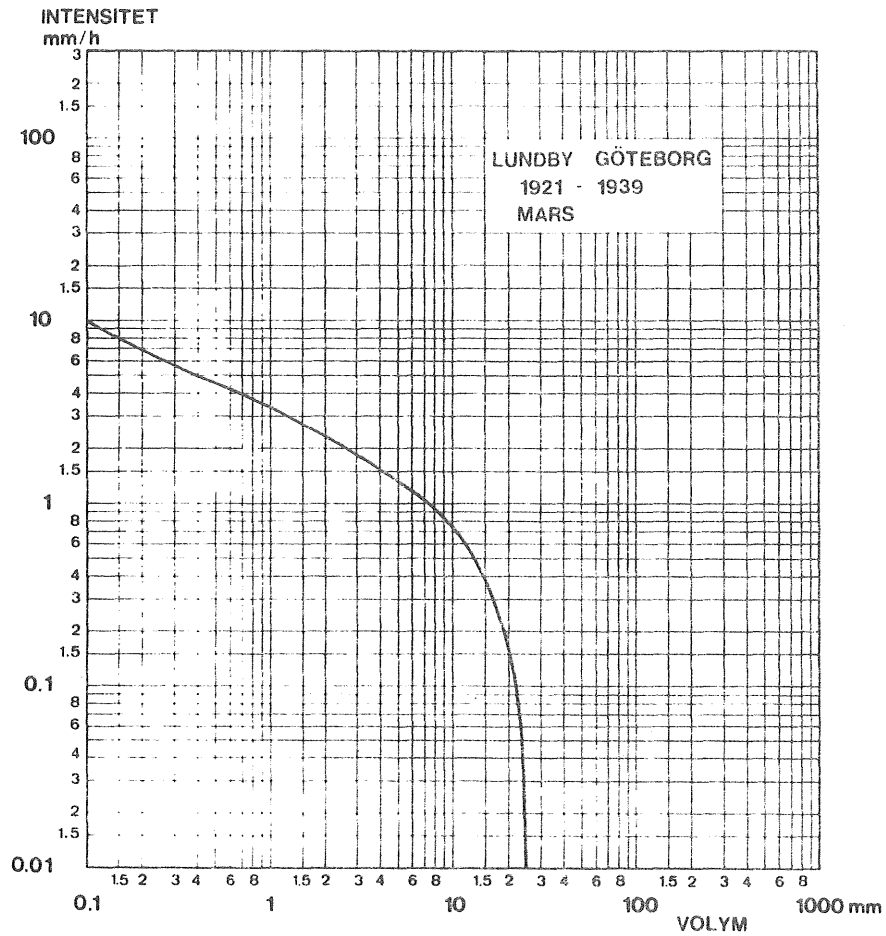
Varaktighet per månad av nederbörd överstigande viss intensitet.
Medelvärde för perioden 1921-1939 vid Lundby, Göteborg.



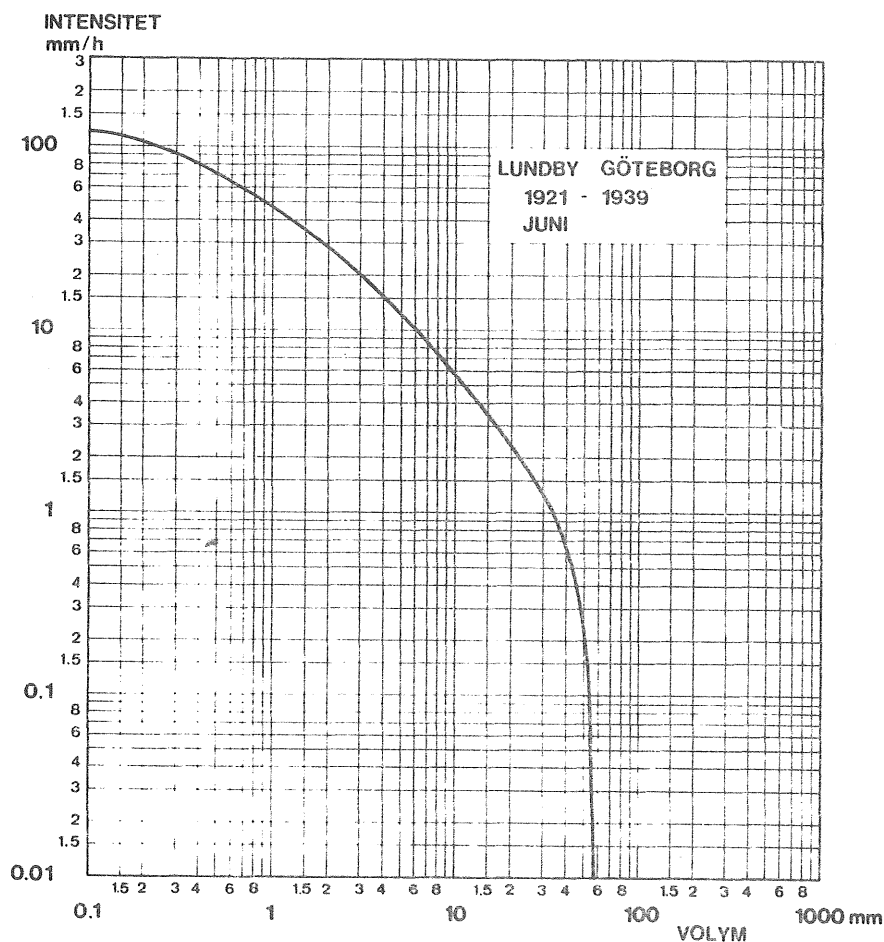
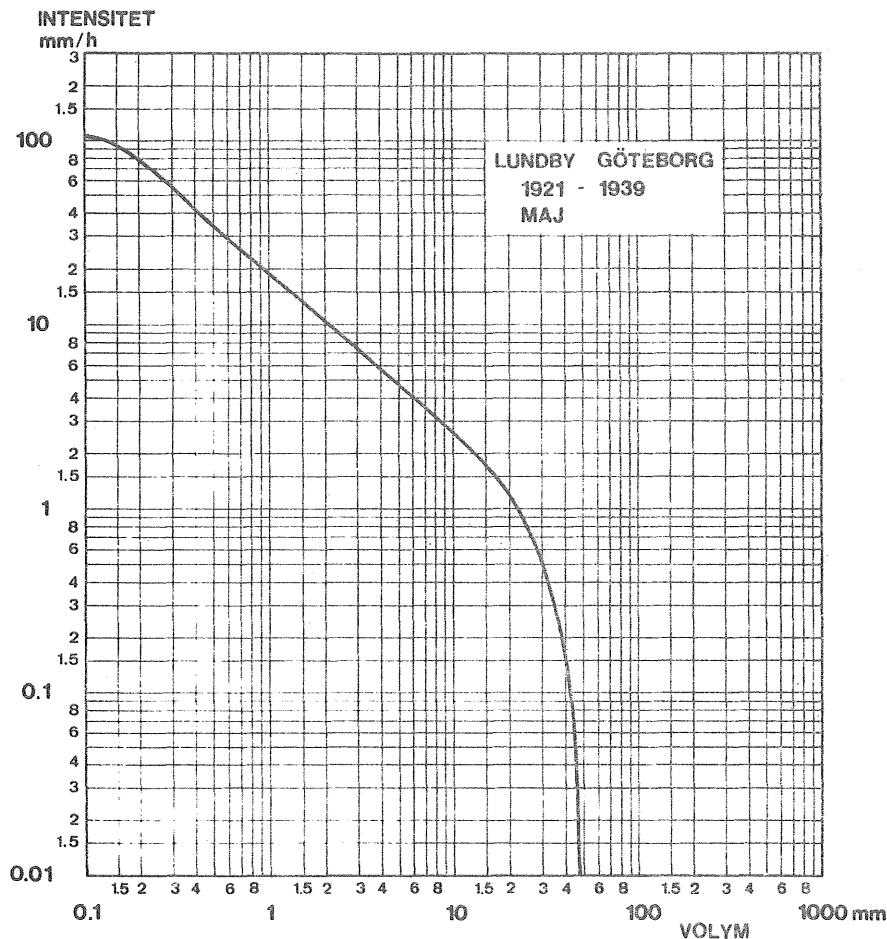
Volym per år av bräddvatten (dagvatten+spillvatten) överströmmande tänkta bräddavlopp verksamma fr o m motsvarande intensitet. Medelvärde för perioden 1921-1939 vid Lundby, Göteborg.



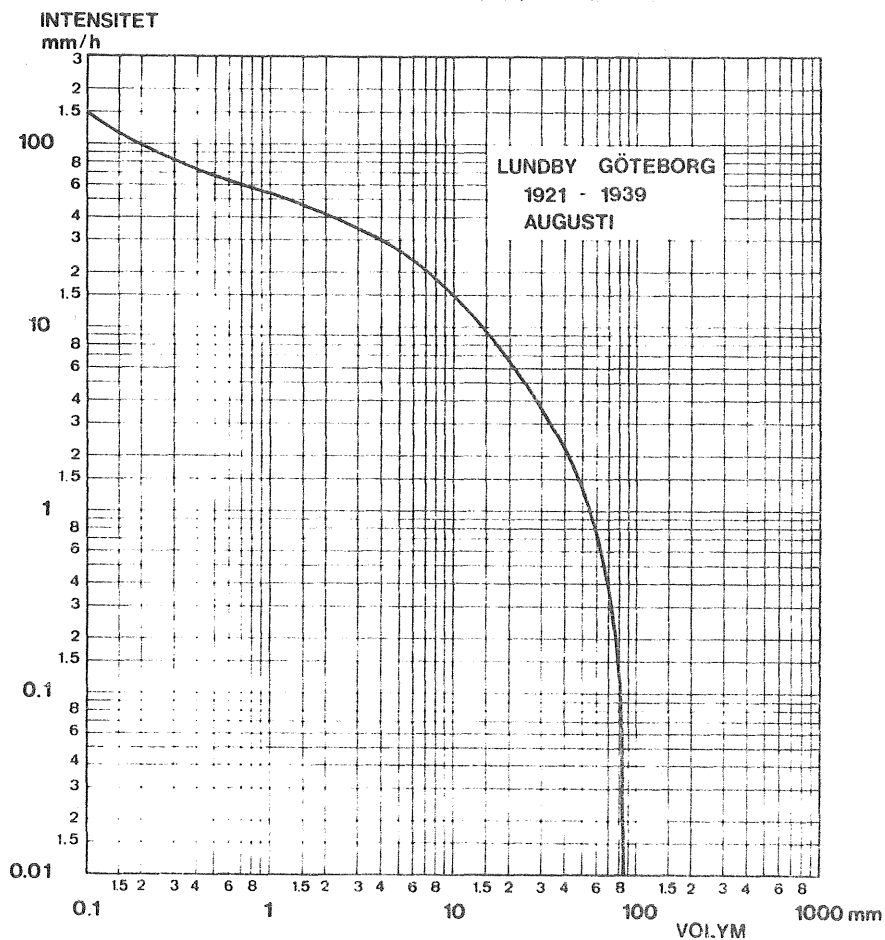
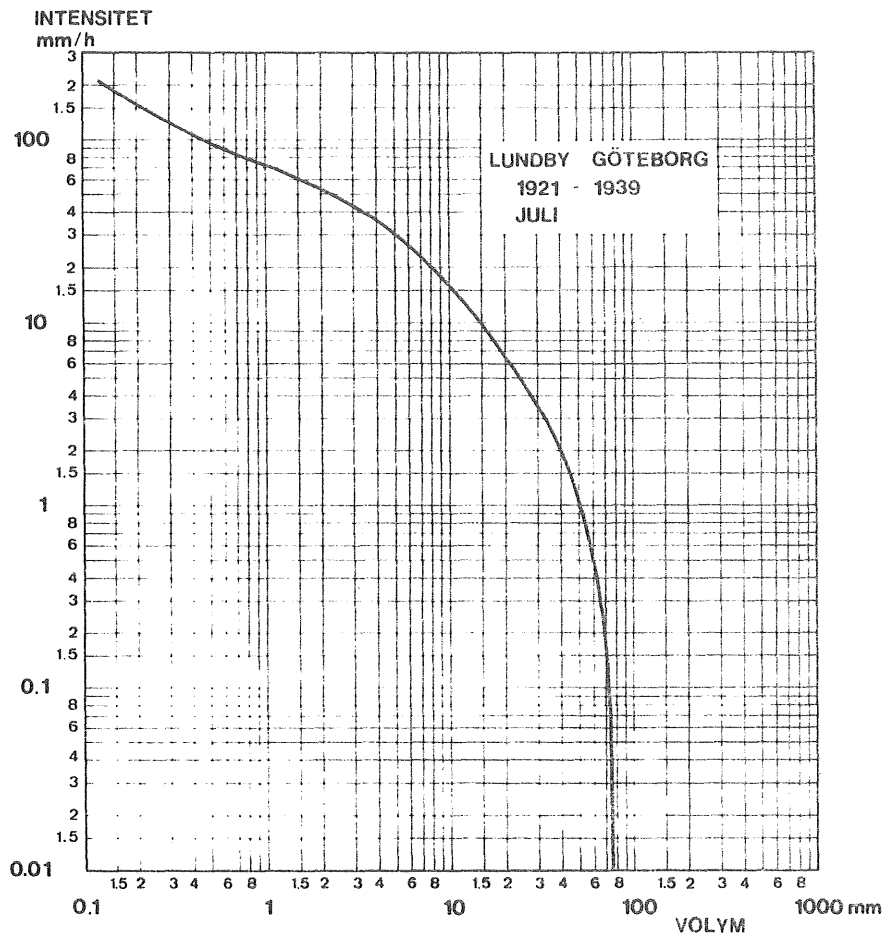
Volym per månad av bräddvatten (dagvatten+spillvatten) överströmmande tänkta bräddavlopp verksamma fr o m motsvarande intensitet. Medelvärde för perioden 1921-1939 vid Lundby, Göteborg.



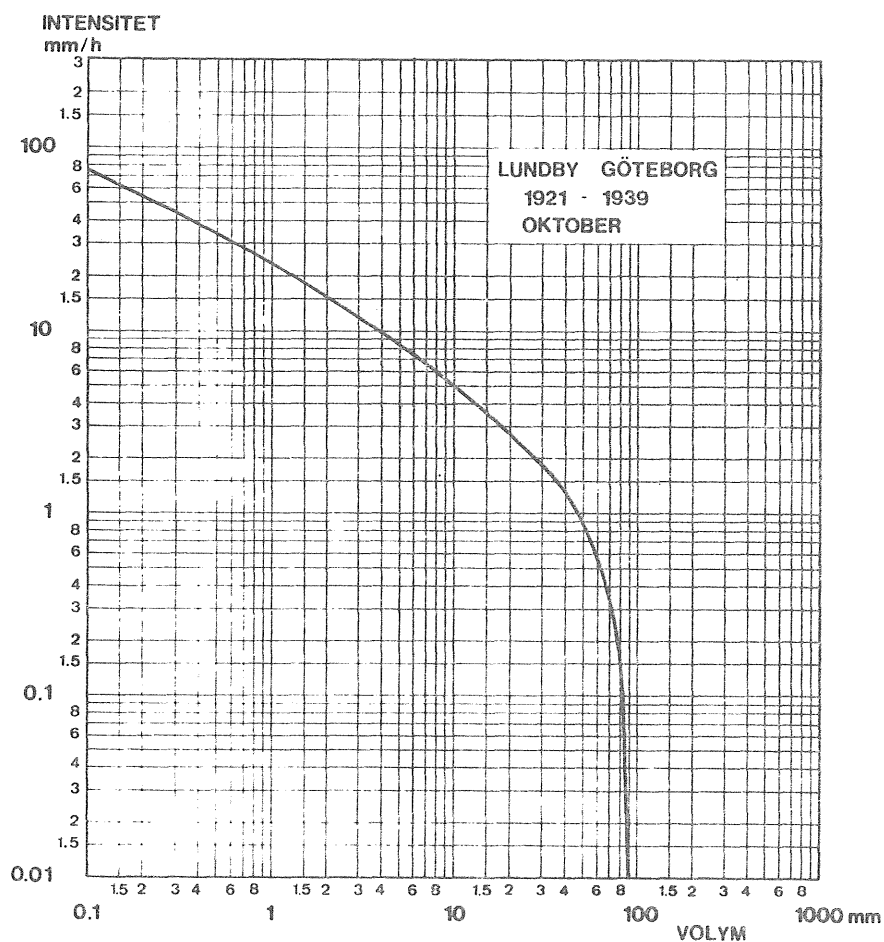
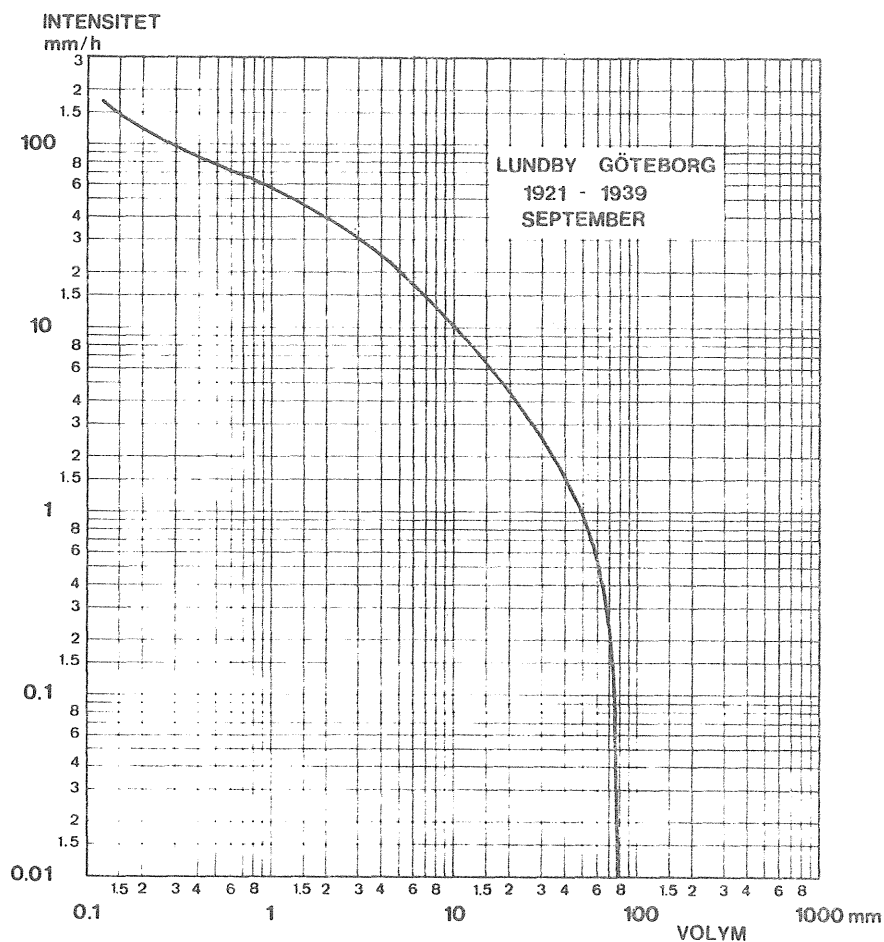
Volym per månad av bräddvatten (dagvatten+spillvatten) överströmmande tänkta bräddavlopp verksamma fr o m motsvarande intensitet. Medelvärde för perioden 1921-1939 vid Lundby, Göteborg.



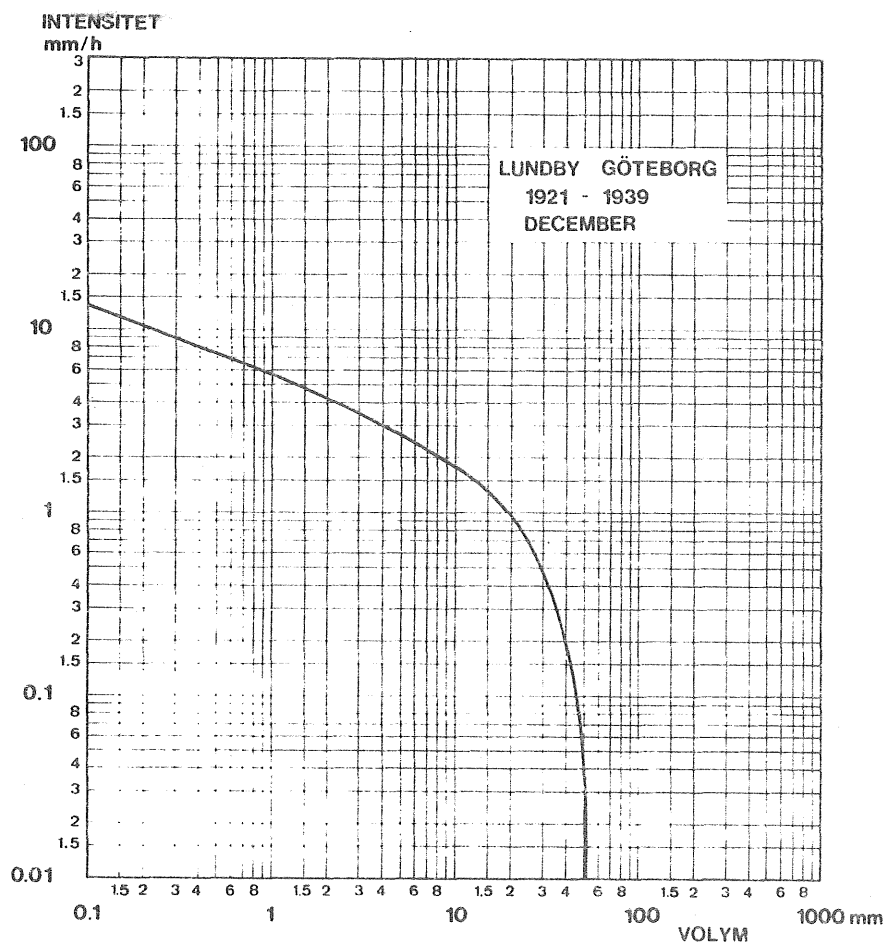
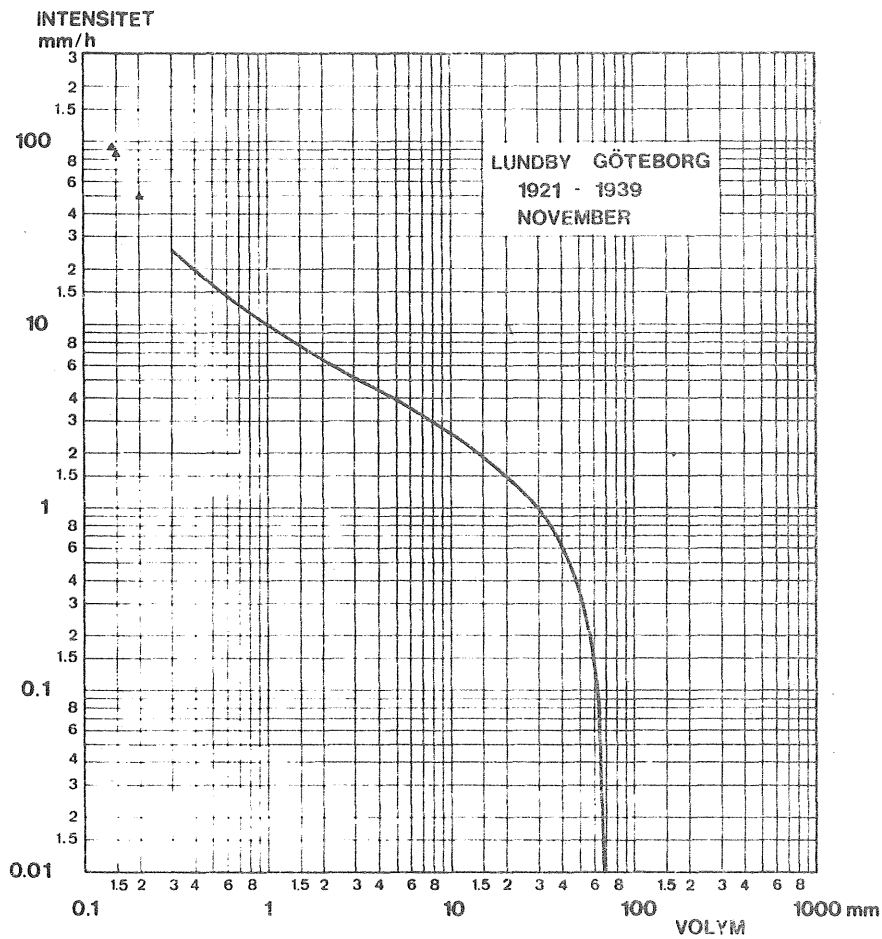
Volym per månad av bräddvatten (dagvatten+spillvatten) överströmmande tänkta bräddavlopp verksamma fr o m motsvarande intensitet. Medelvärde för perioden 1921-1939 vid Lundby, Göteborg.



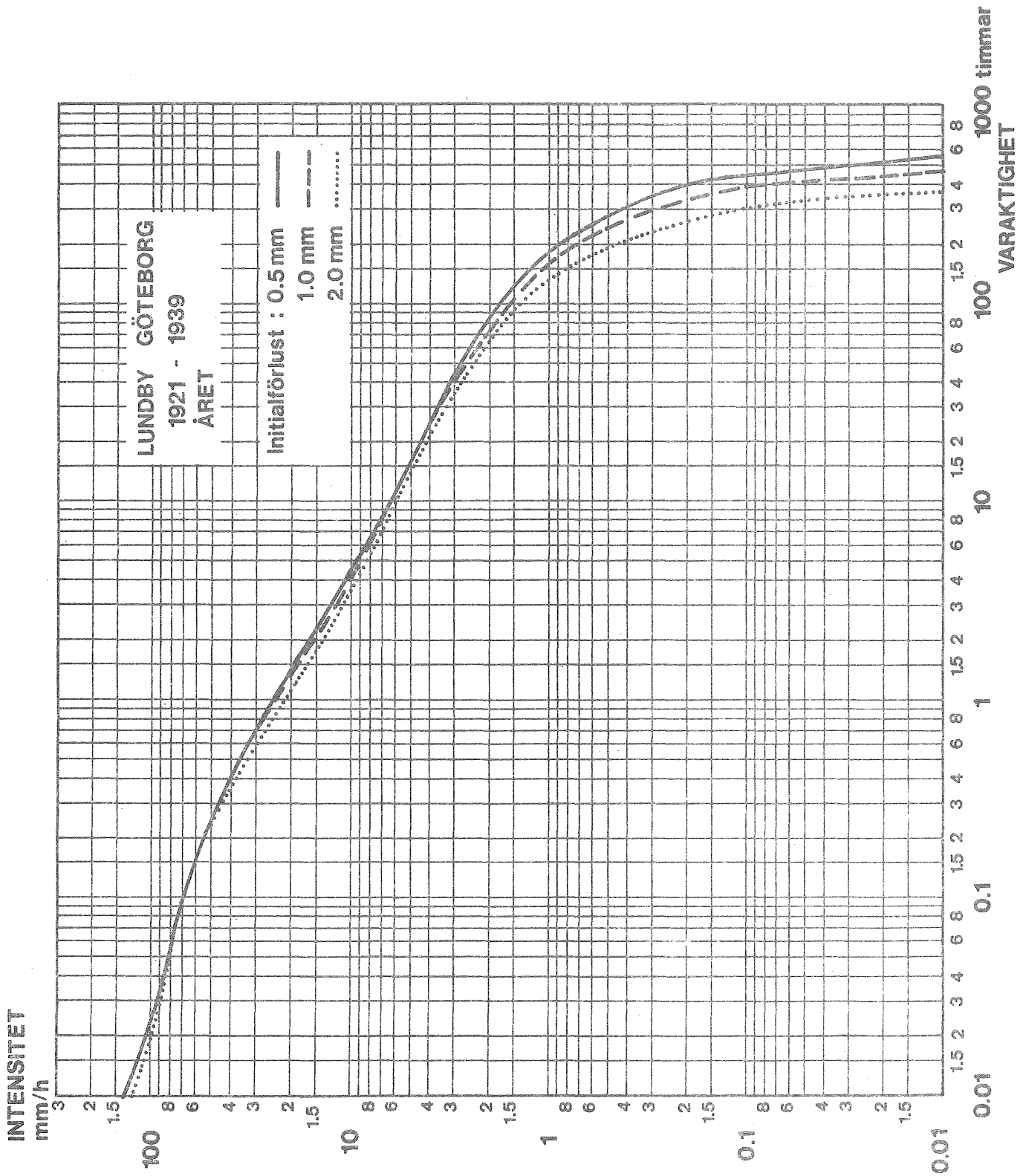
Volym per månad av bräddvatten (dagvatten+spillvatten) överströmmande tänkta bräddavlopp verksamma fr o m motsvarande intensitet. Medelvärde för perioden 1921-1939 vid Lundby, Göteborg.



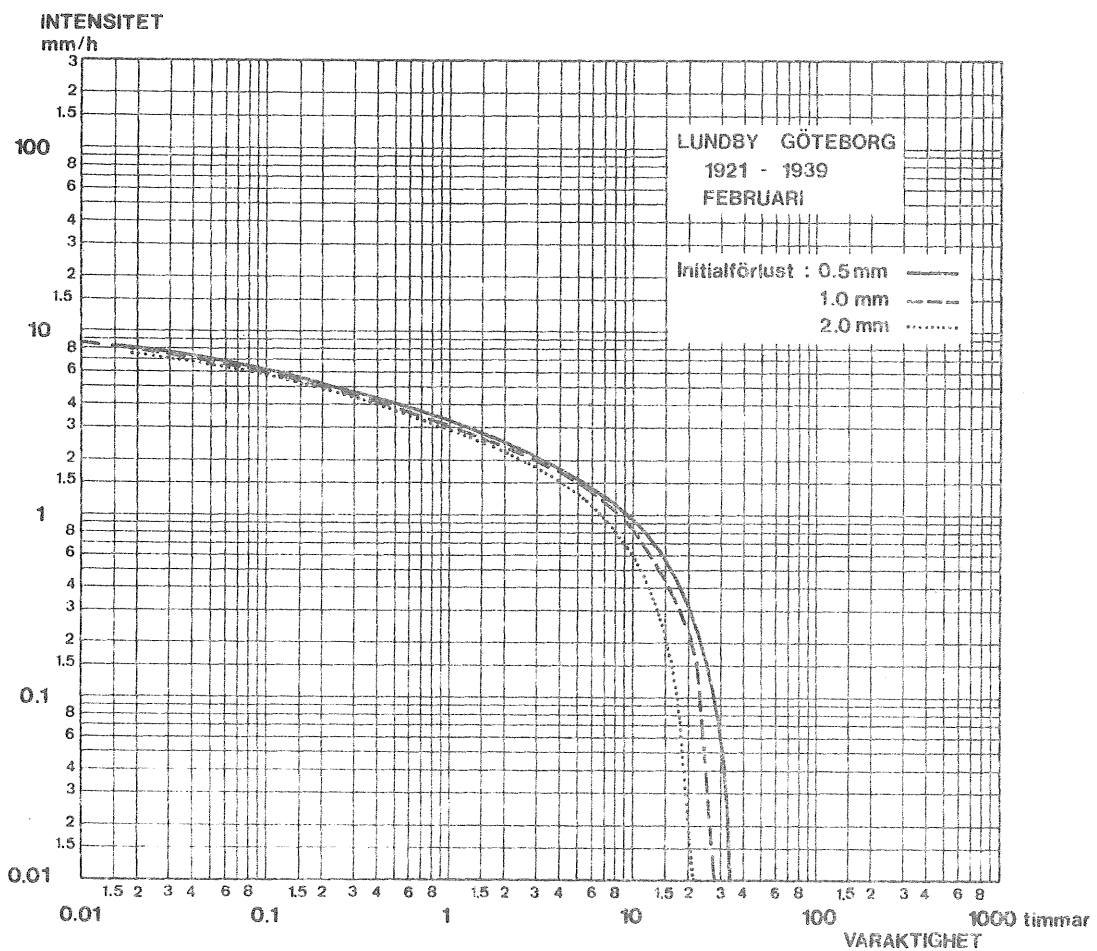
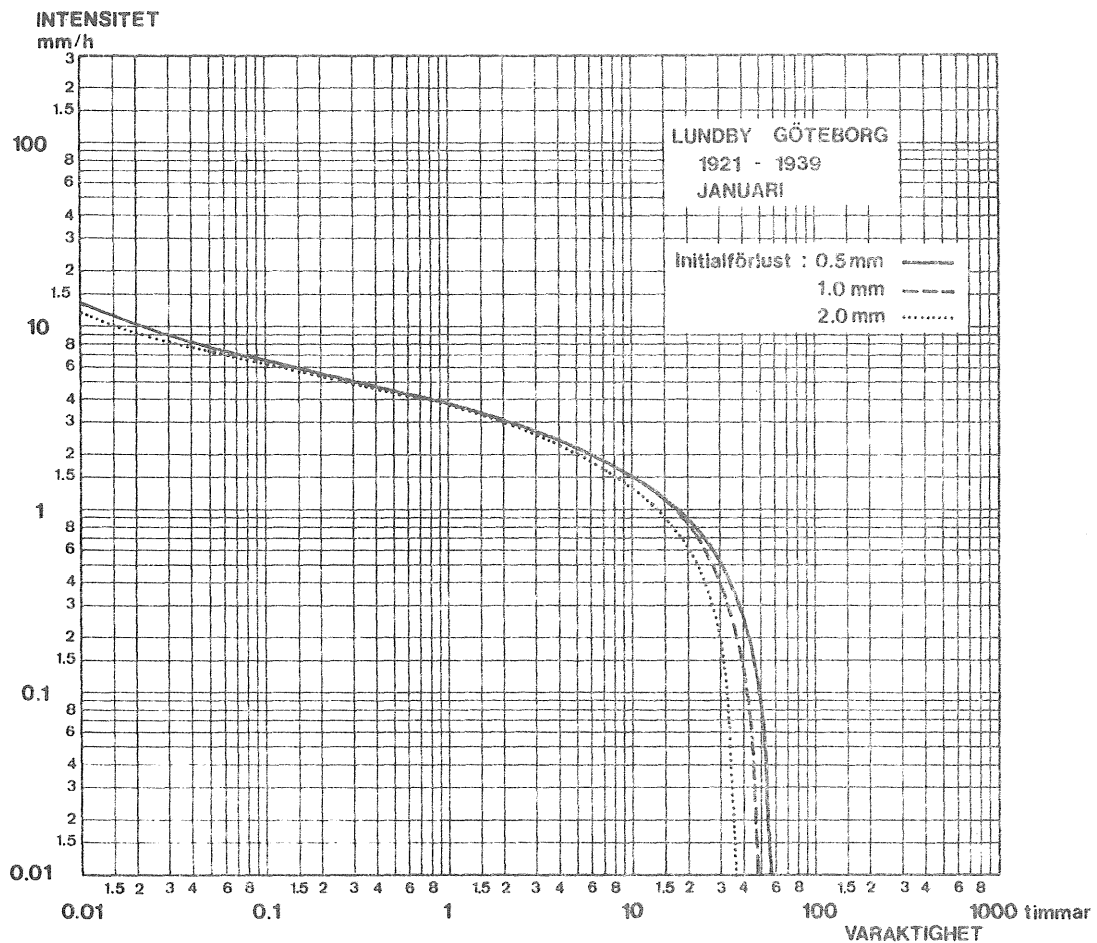
Volym per månad av bräddvatten (dagvatten+spillvatten) överströmmande tänkta bräddavlopp verksamma fr o m motsvarande intensitet. Medelvärde för perioden 1921-1939 vid Lundby, Göteborg.



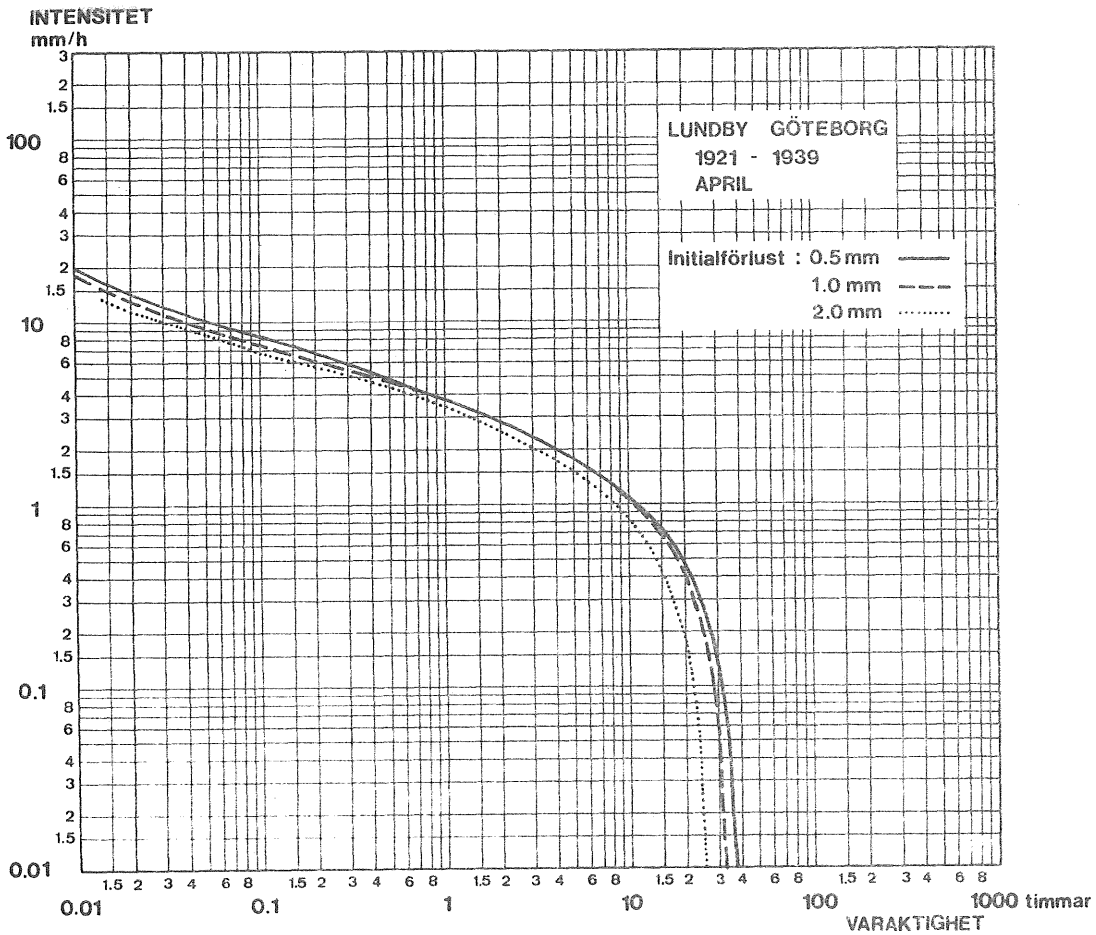
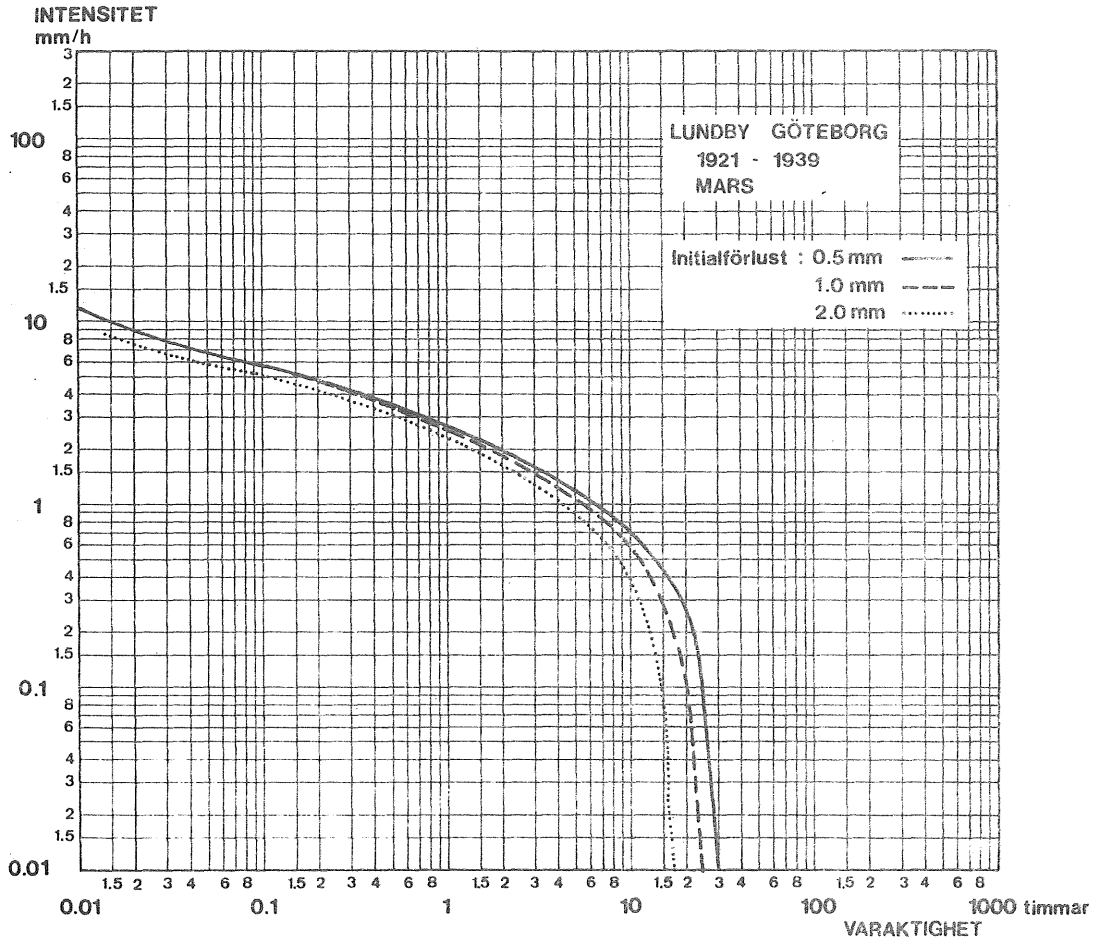
Volym per månad av bräddvatten (dagvatten+spillvatten) överströmmande tänkta bräddavlopp verksamma fr o m motsvarande intensitet. Medelvärde för perioden 1921-1939 vid Lundby, Göteborg.



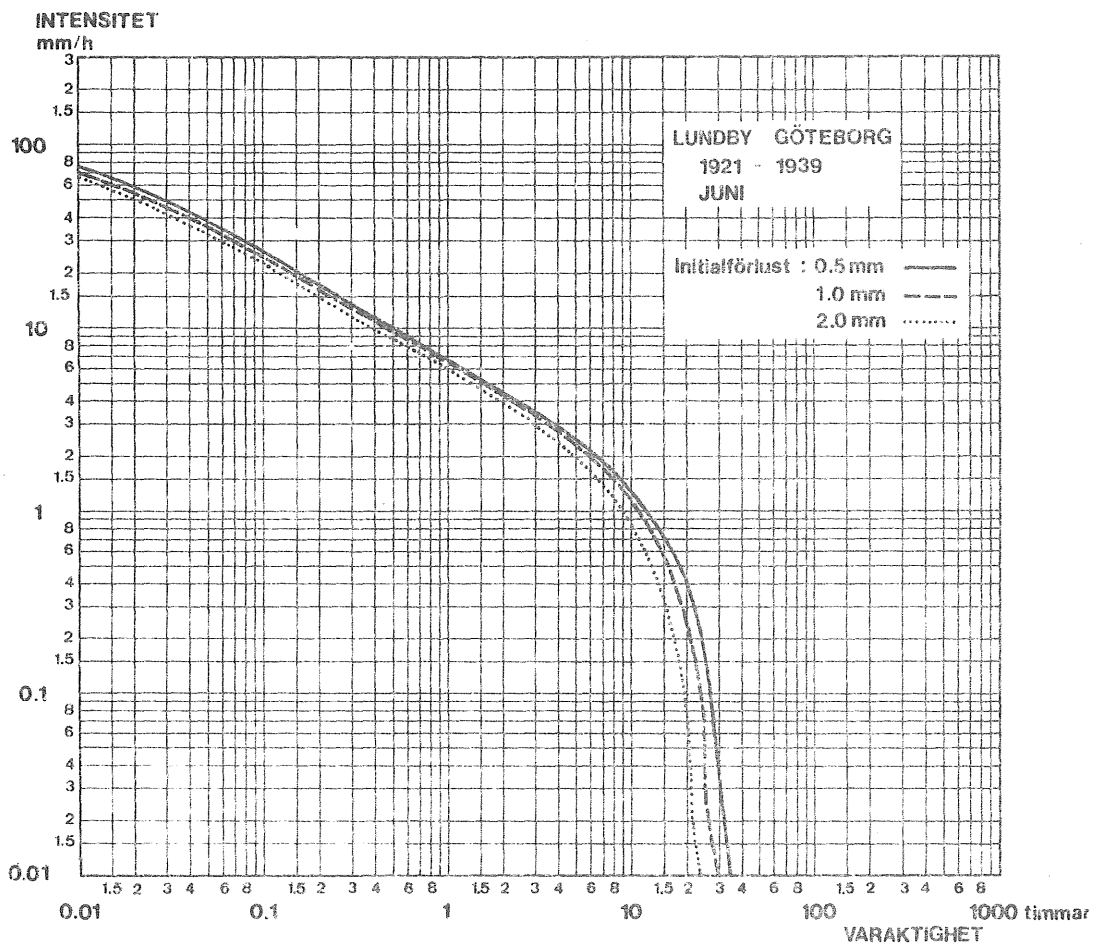
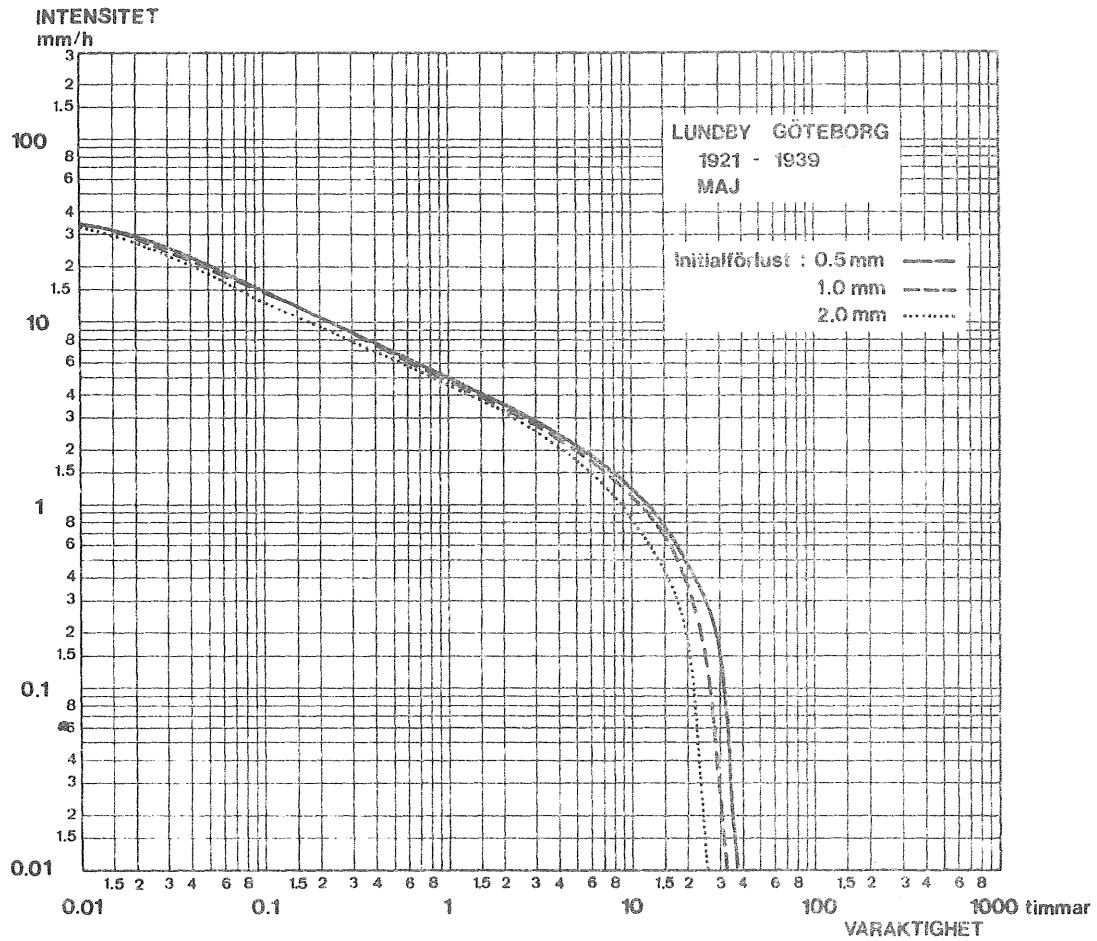
Varaktighet per år av nederbörd överstigande viss intensitet med hänsyn tagen till regnförluster 0.5, 1.0 och 2.0 mm. Medelvärde för perioden 1921-1939 vid Lundby, Göteborg.



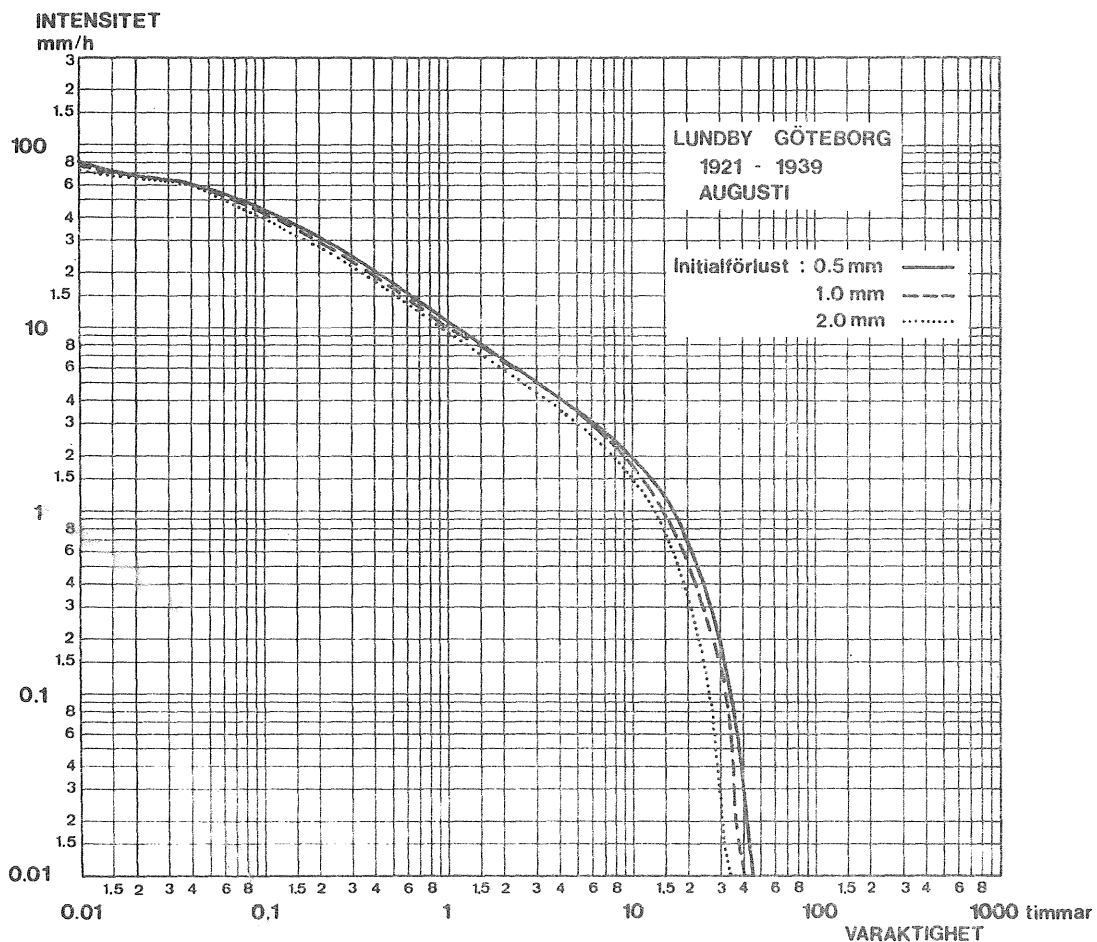
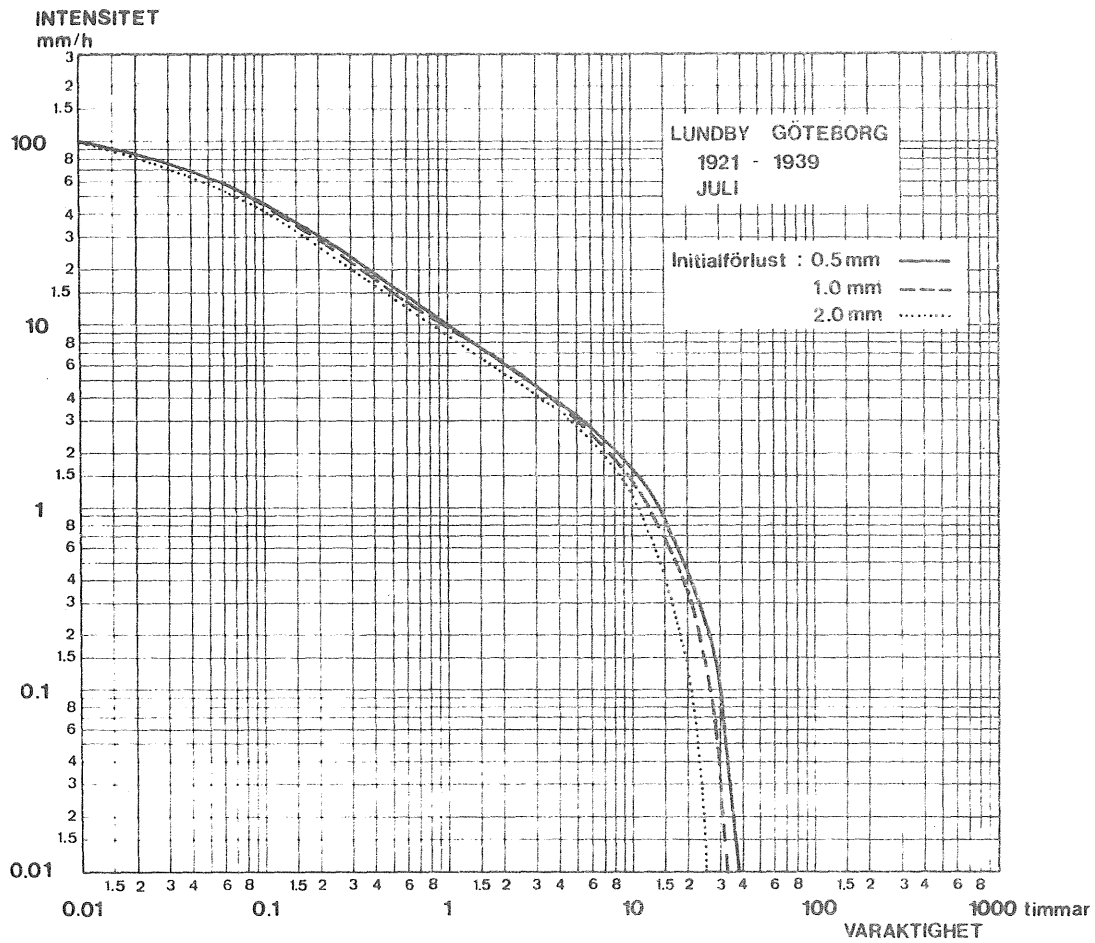
Varaktighet per månad av nederbörd överstigande viss intensitet med hänsyn tagen till regnförluster 0.5, 1.0 och 2.0 mm. Medelvärde för perioden 1921-1939 vid Lundby, Göteborg.



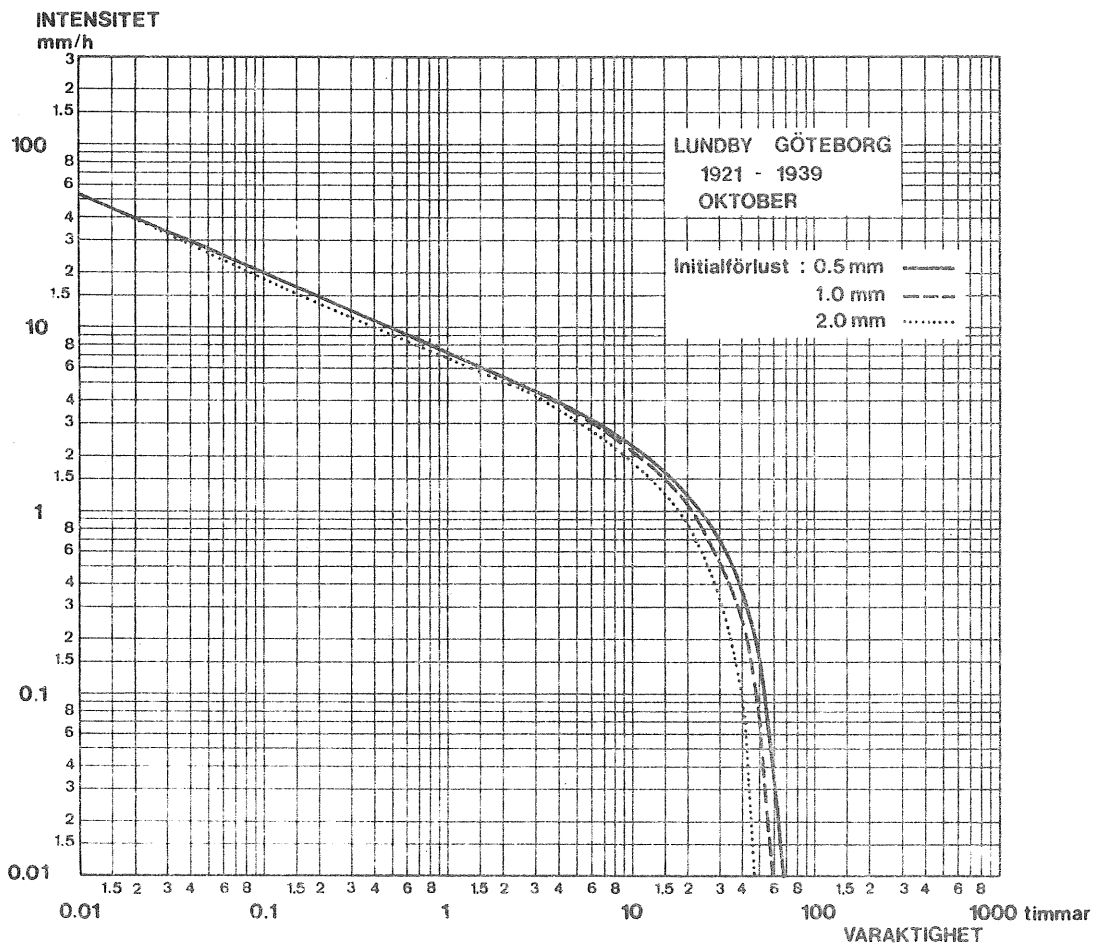
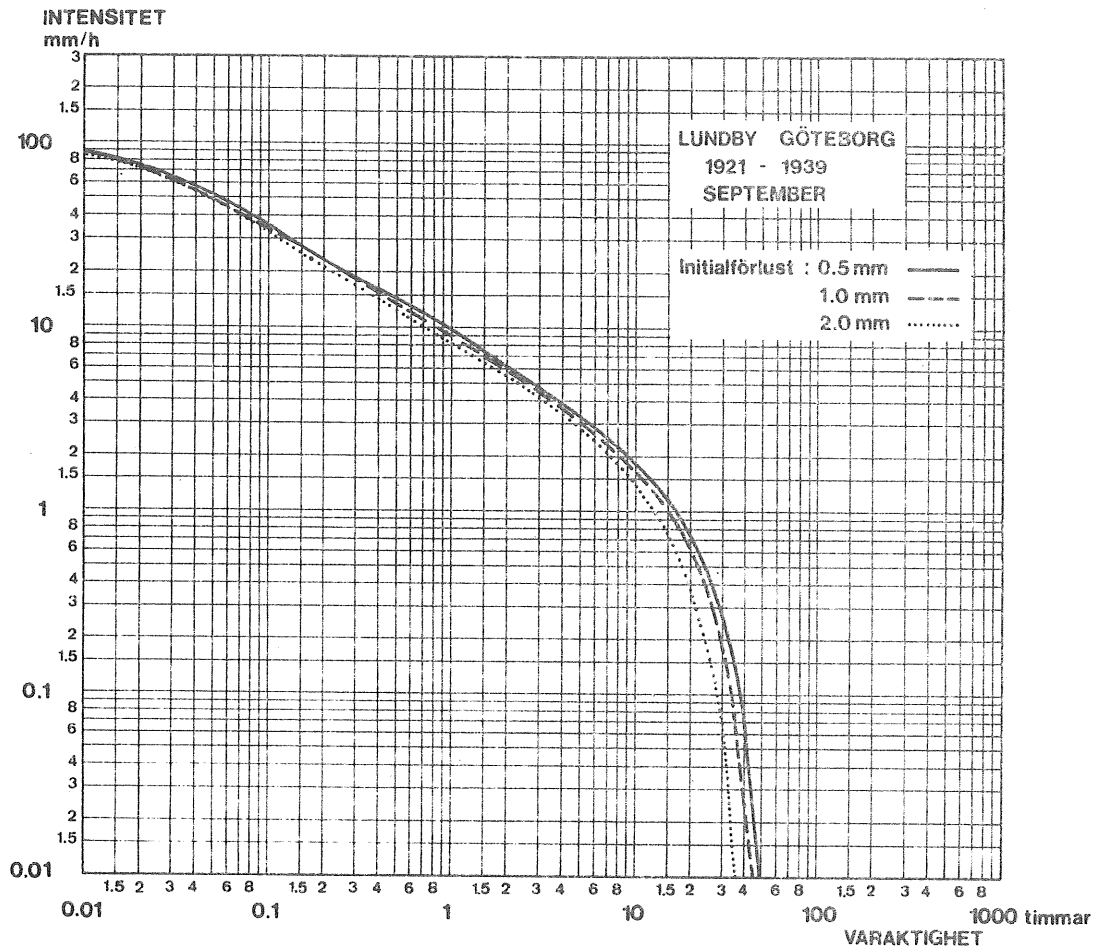
Varaktighet per månad av nederbörd överstigande viss intensitet med hänsyn tagen till regnförluster 0.5, 1.0 och 2.0 mm. Medelvärde för perioden 1921-1939 vid Lundby, Göteborg.



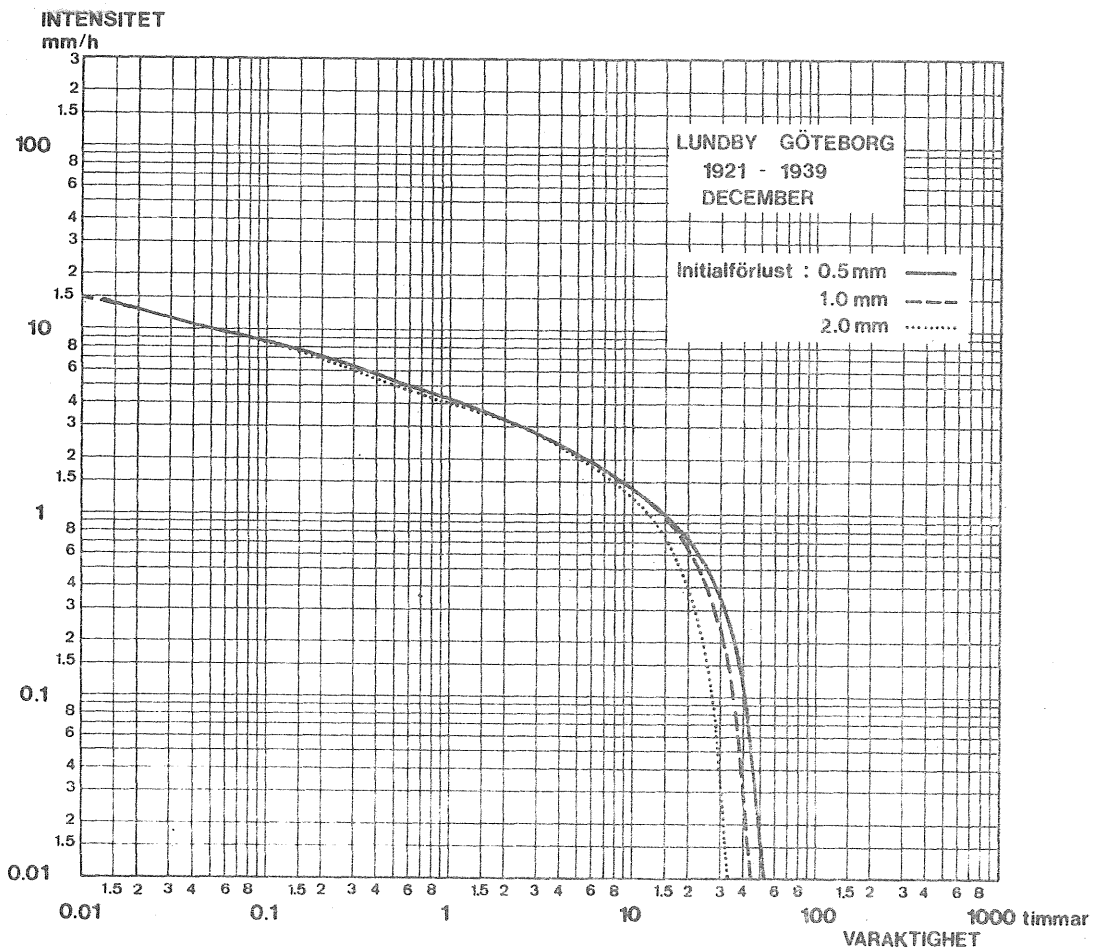
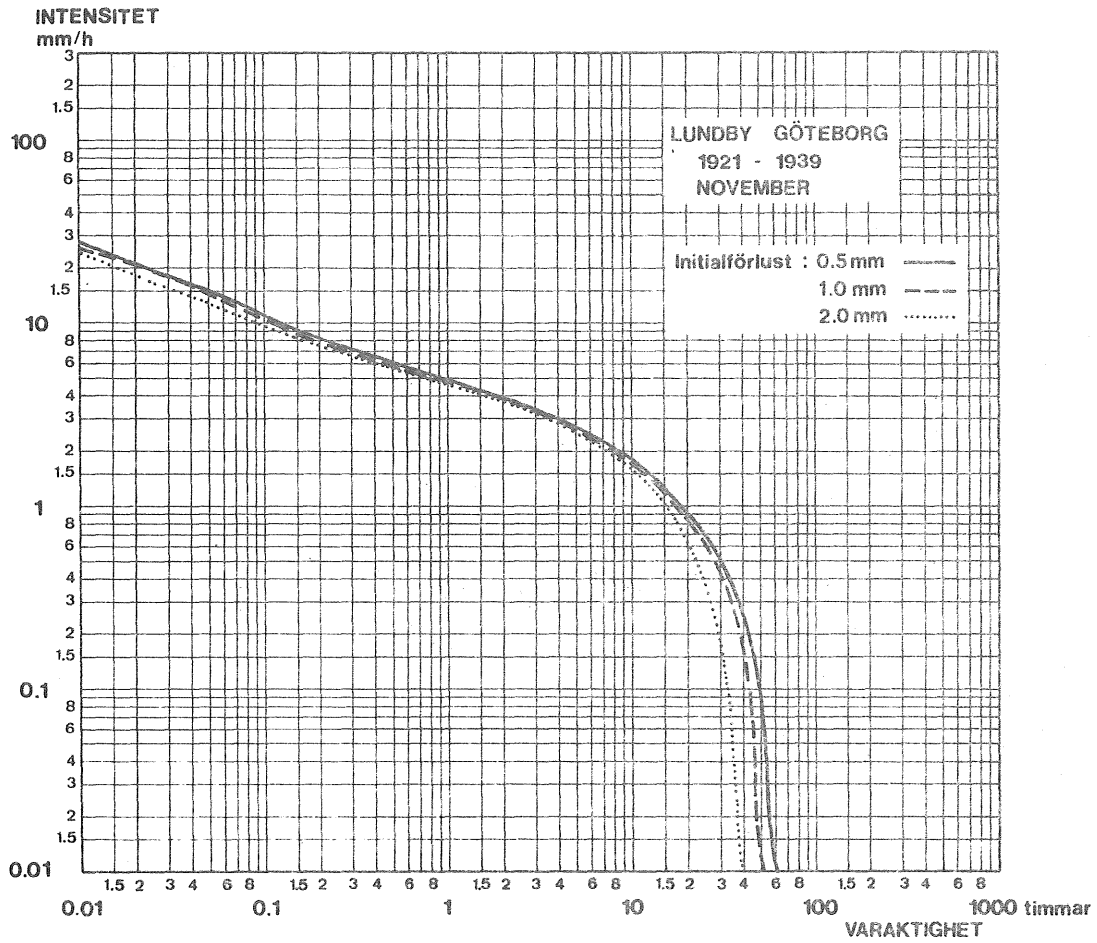
Varaktighet per månad av nederbörd överstigande viss intensitet med hänsyn tagen till regnförluster 0.5, 1.0 och 2.0 mm. Medelvärde för perioden 1921-1939 vid Lundby, Göteborg.



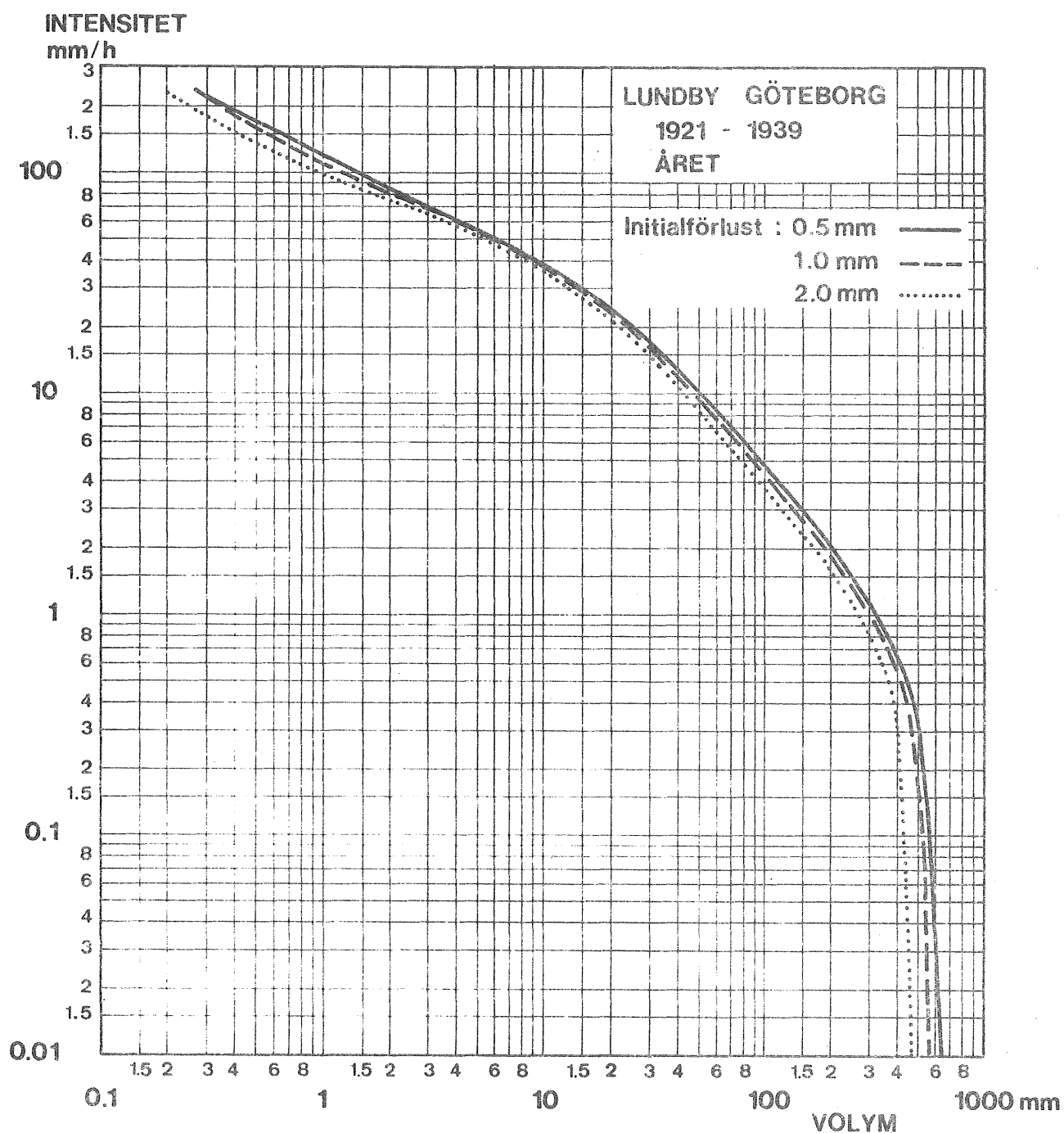
Varaktighet per månad av nederbörd överstigande viss intensitet med hänsyn tagen till regnförluster 0.5, 1.0 och 2.0 mm. Medelvärde för perioden 1921-1939 vid Lundby, Göteborg.



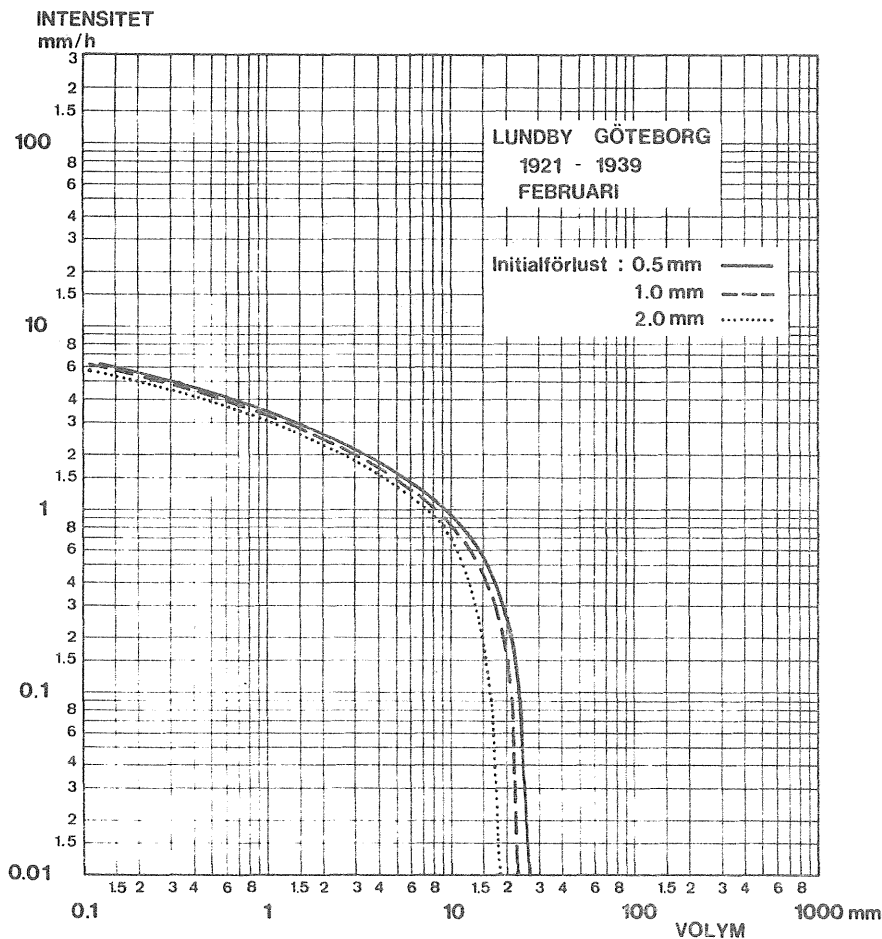
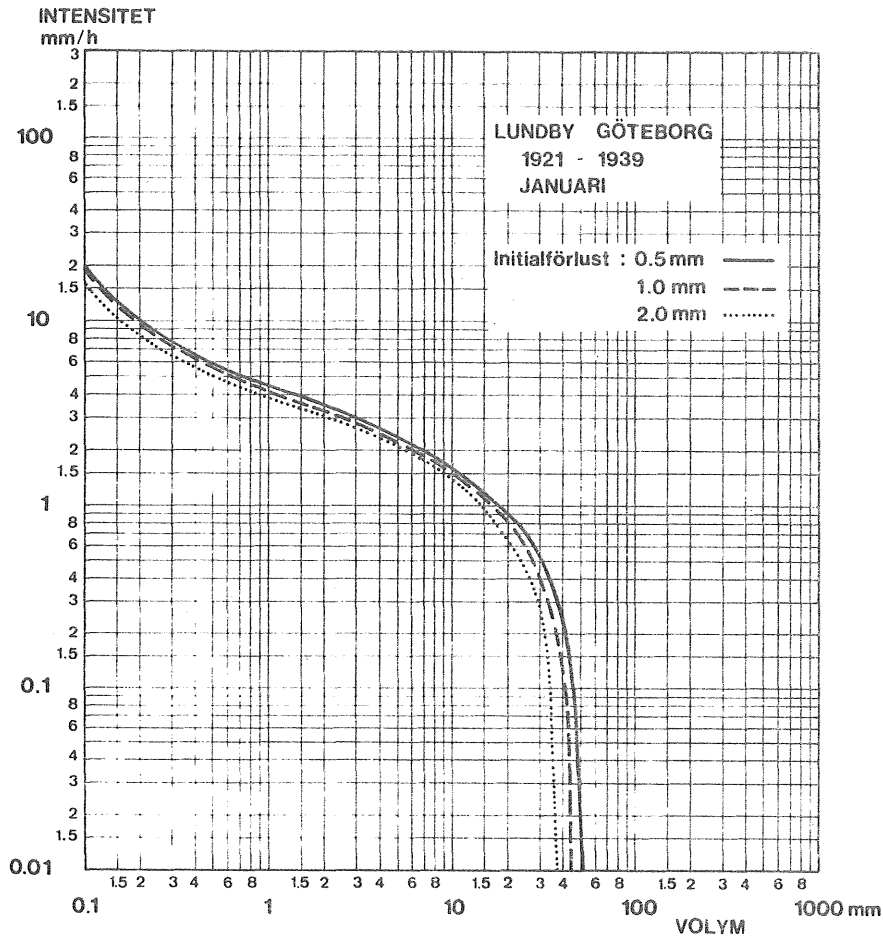
Varaktighet per månad av nederbörd överstigande viss intensitet med hänsyn tagen till regnförluster 0.5, 1.0 och 2.0 mm. Medelvärde för perioden 1921-1939 vid Lundby, Göteborg.



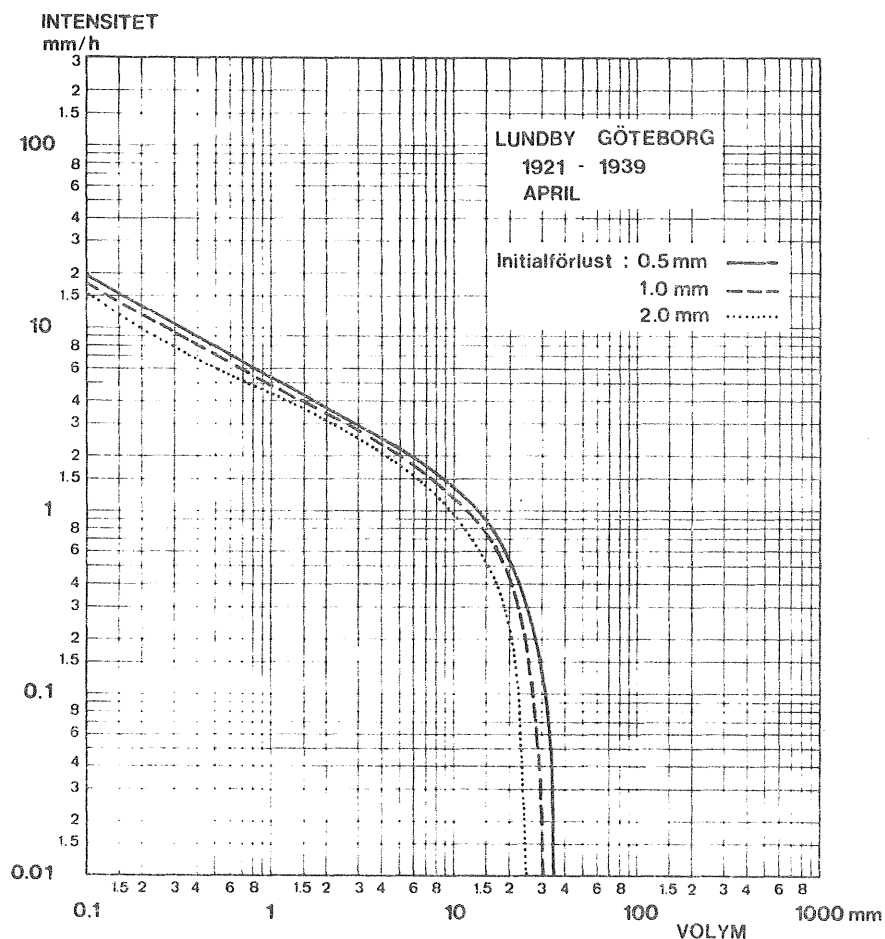
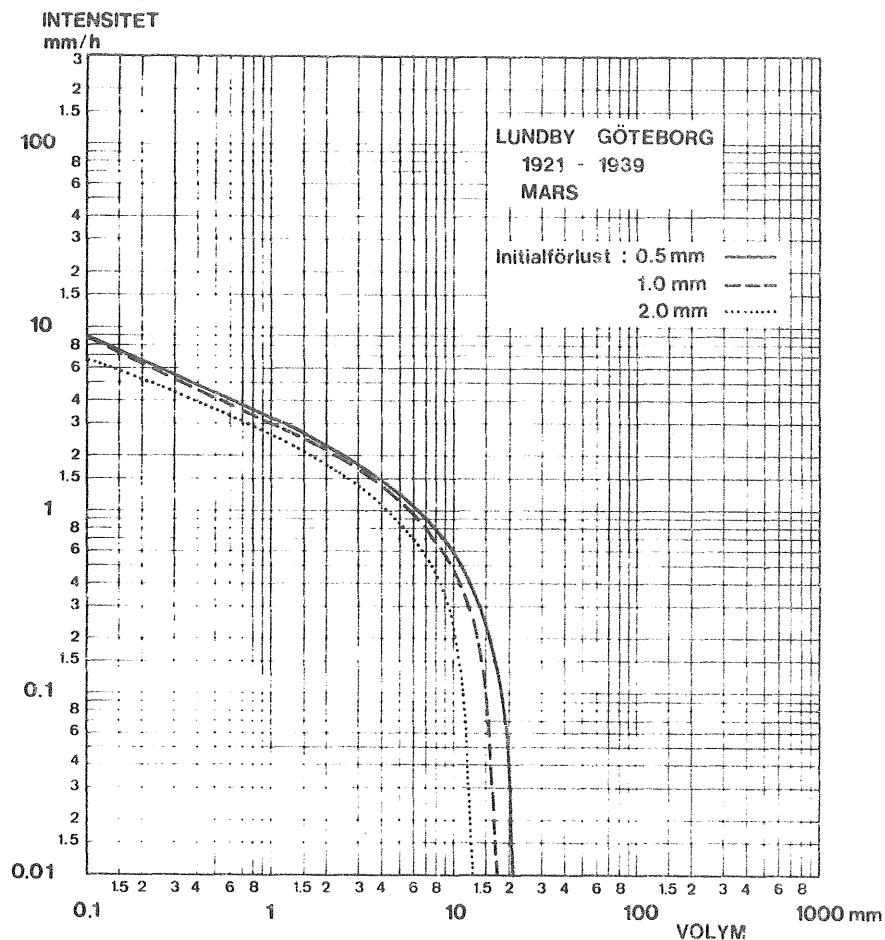
Varaktighet per månad av nederbörd överstigande viss intensitet med hänsyn tagen till regnförluster 0.5, 1.0 och 2.0 mm. Medelvärde för perioden 1921-1939 vid Lundby, Göteborg.



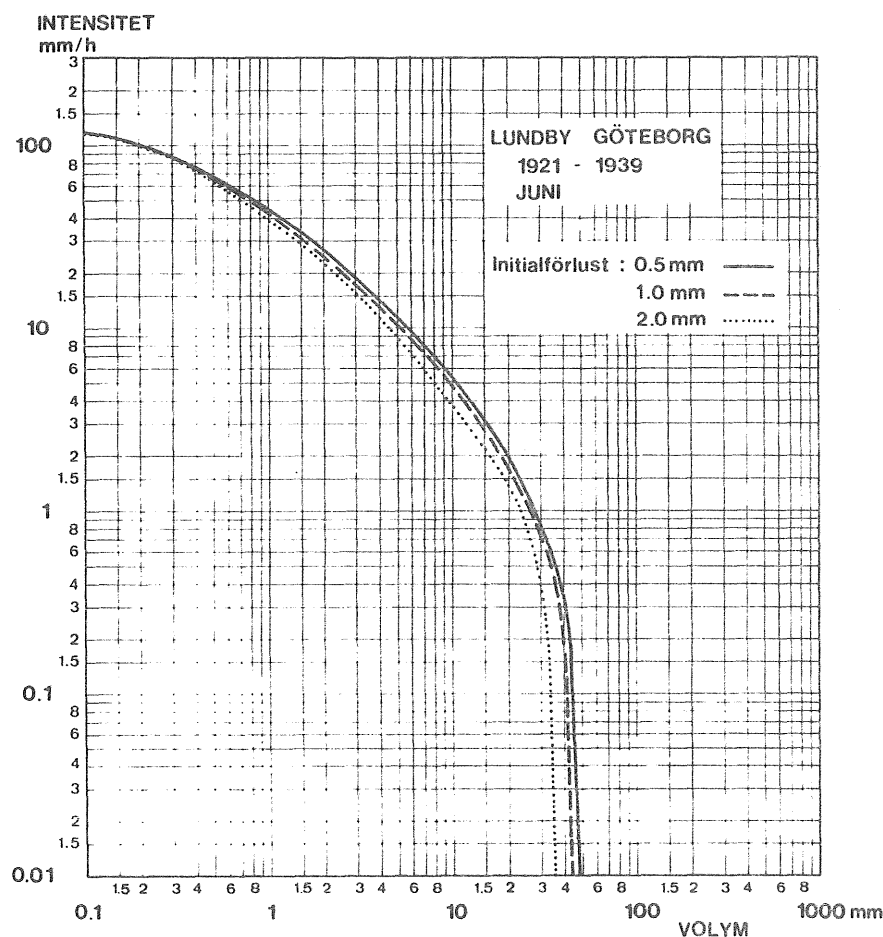
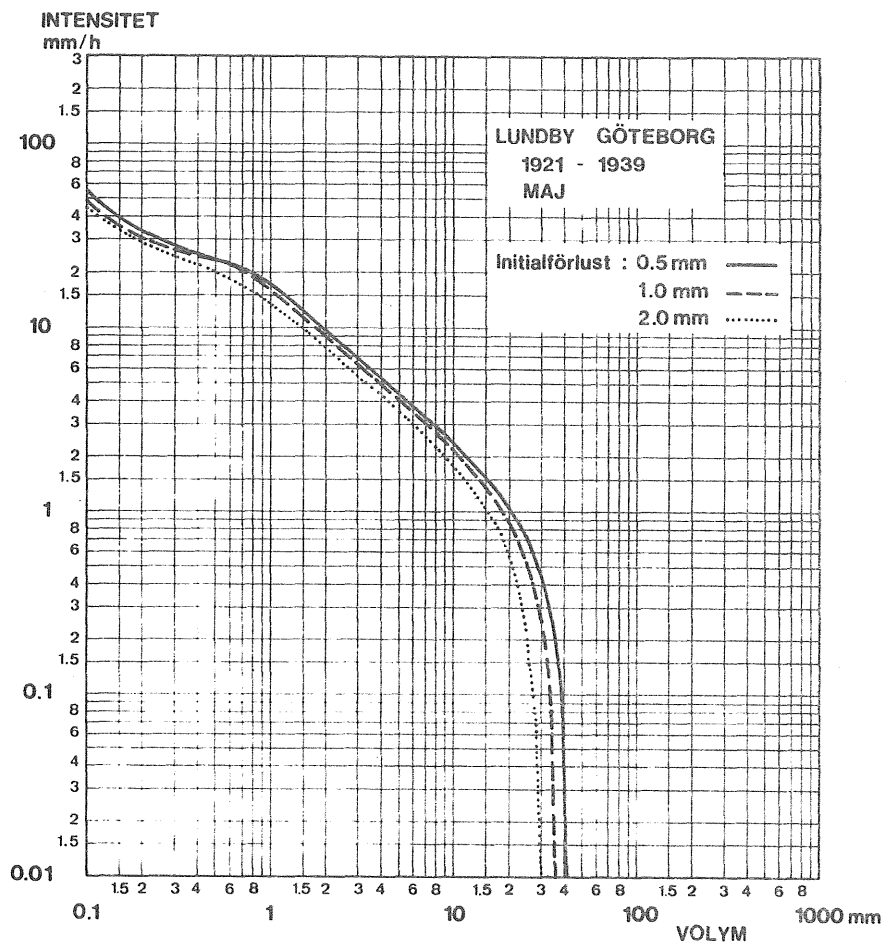
Volym per år av bräddvatten (dagvatten+spillvatten) överströmmande tänkta bräddavlopp verksamma fr o m motsvarande intensitet med hänsyn tagen till regnförluster 0.5, 1.0 och 2.0 mm. Medelvärde för perioden 1921-1939 vid Lundby, Göteborg.



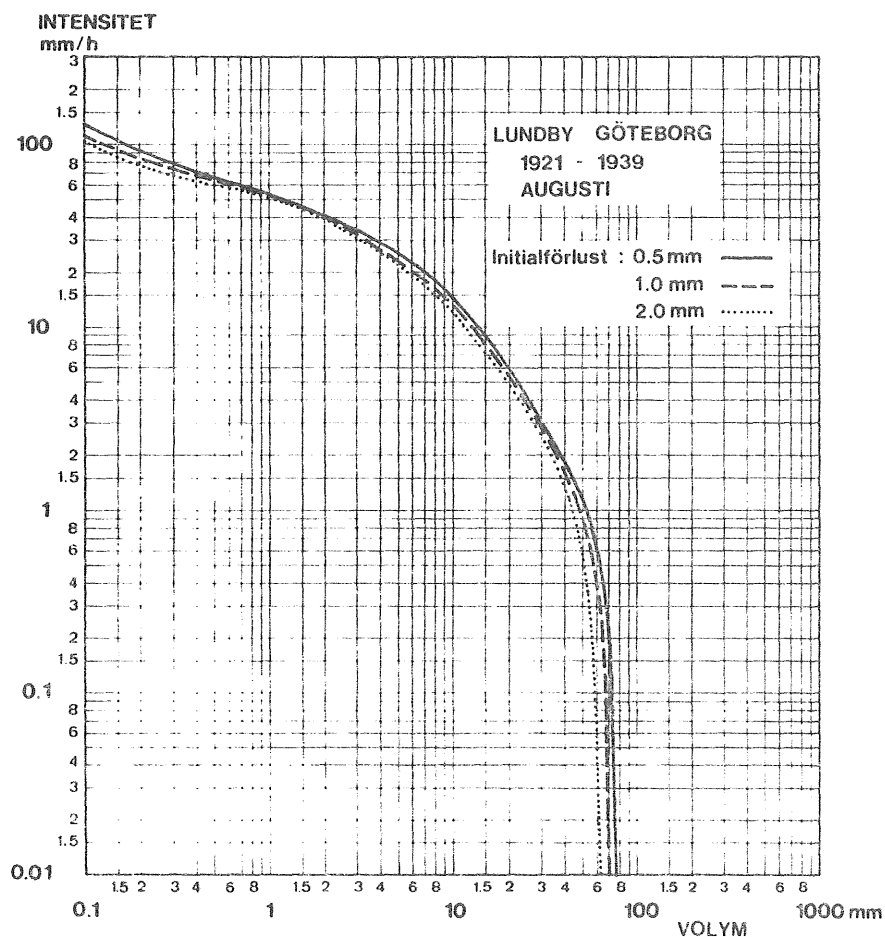
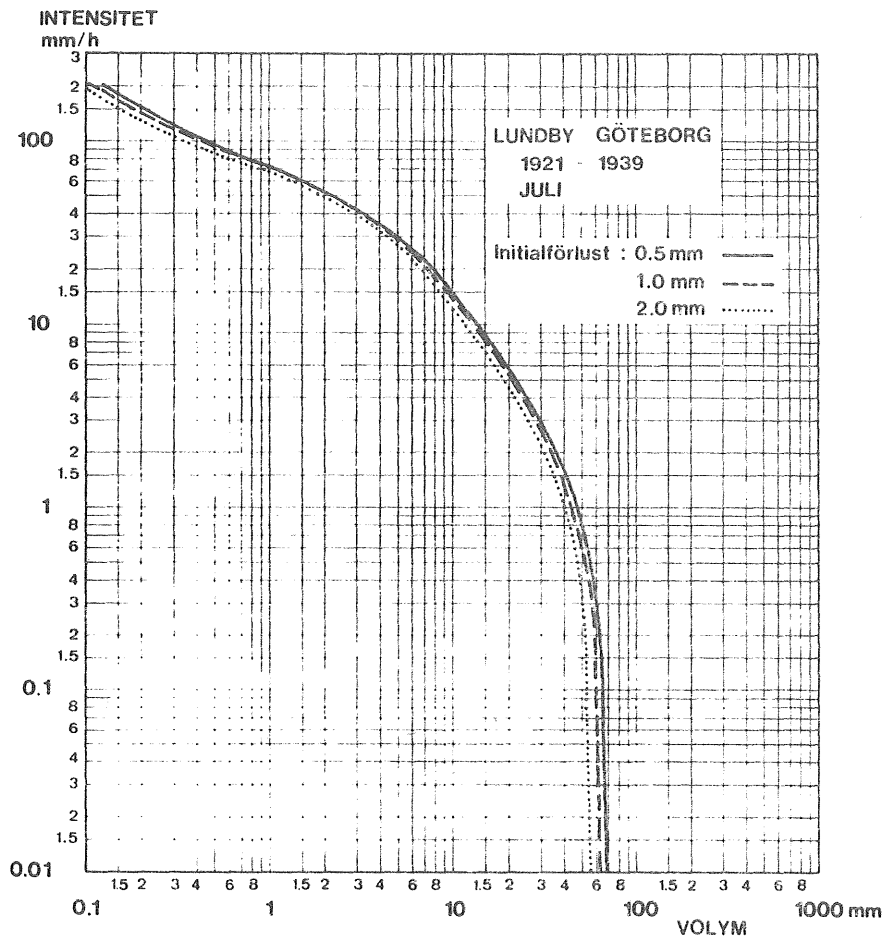
Volym per månad av bräddvatten (dagvatten+spillvatten) överströmmande tänkta bräddavlopp verksamma fr o m motsvarande intensitet med hänsyn tagen till regnförluster 0.5, 1.0 och 2.0 mm. Medelvärde för perioden 1921-1939 vid Lundby, Göteborg.



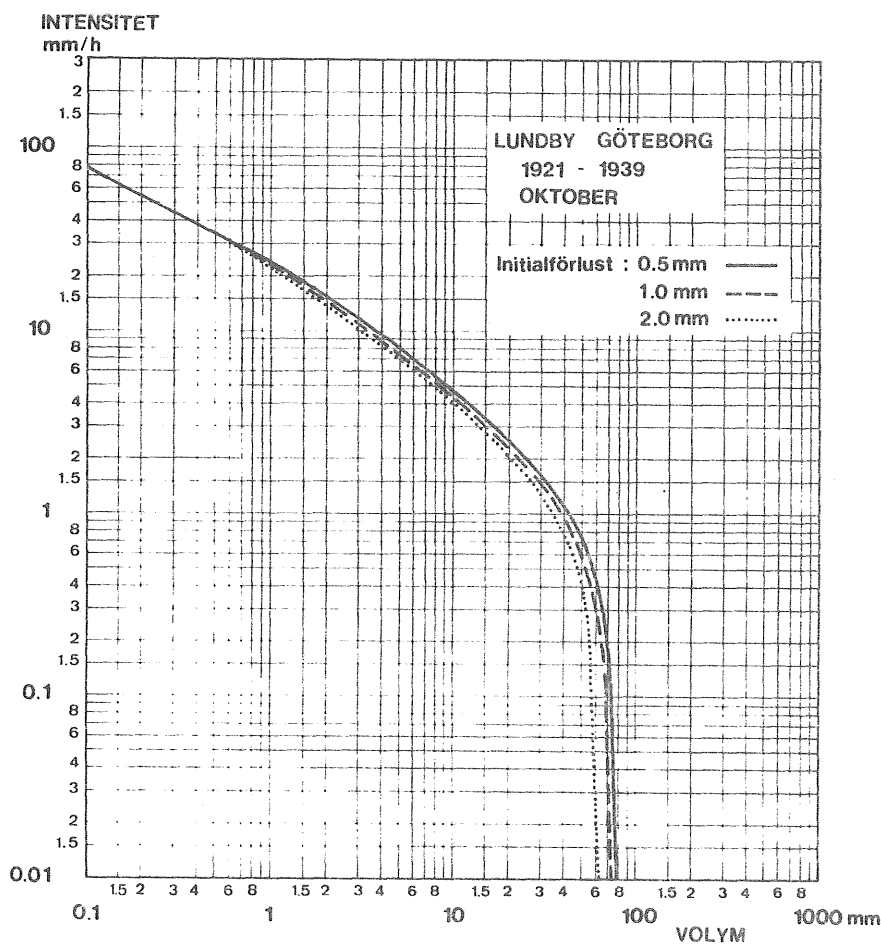
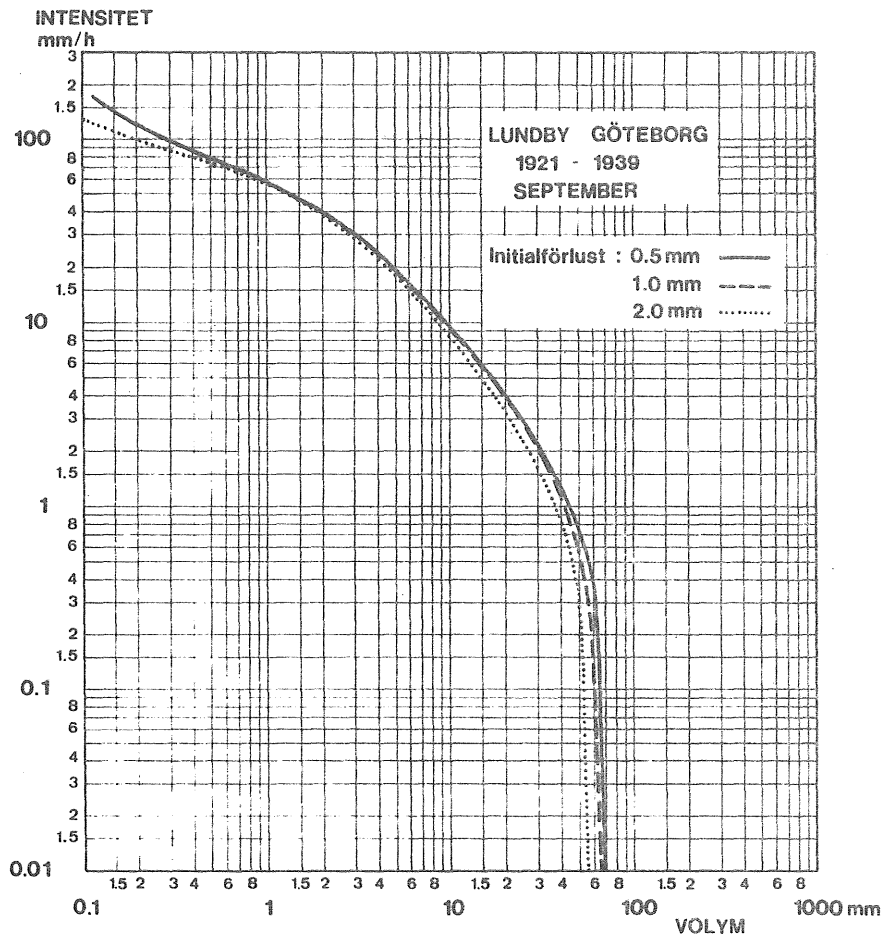
Volym per månad av bräddvatten (dagvatten+spillvatten) överströmmande tänkta bräddavlopp verksamma fr o m motsvarande intensitet med hänsyn tagen till regnförluster 0.5, 1.0 och 2.0 mm. Medelvärde för perioden 1921-1939 vid Lundby, Göteborg.



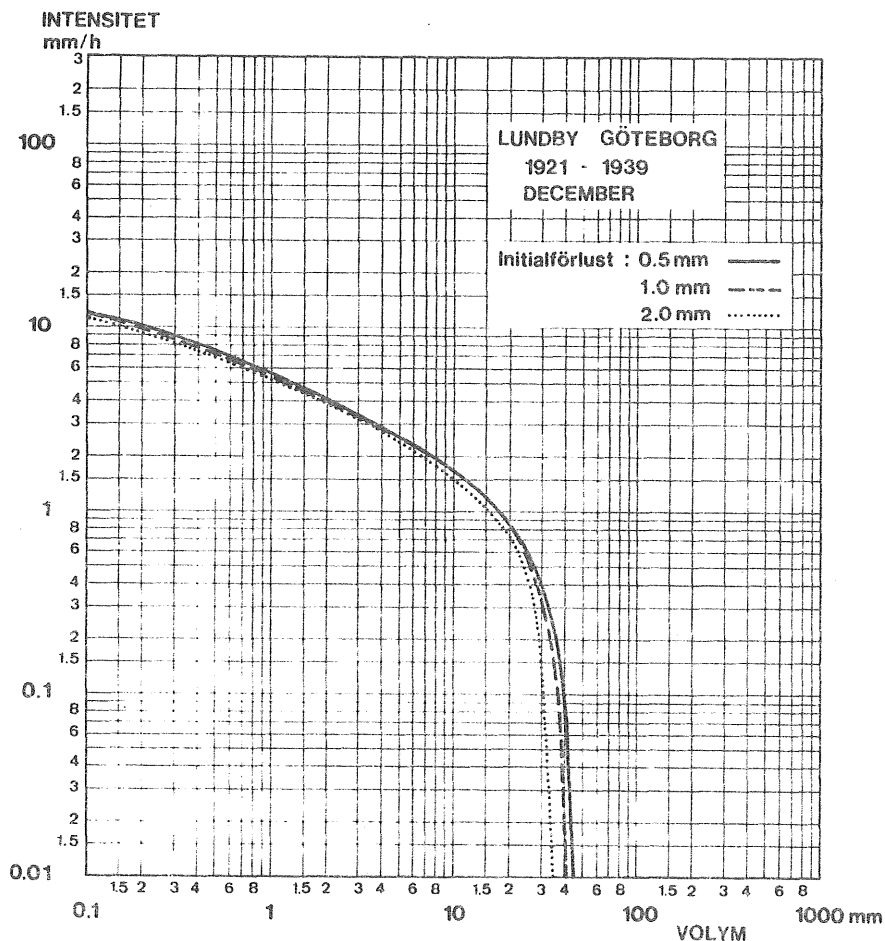
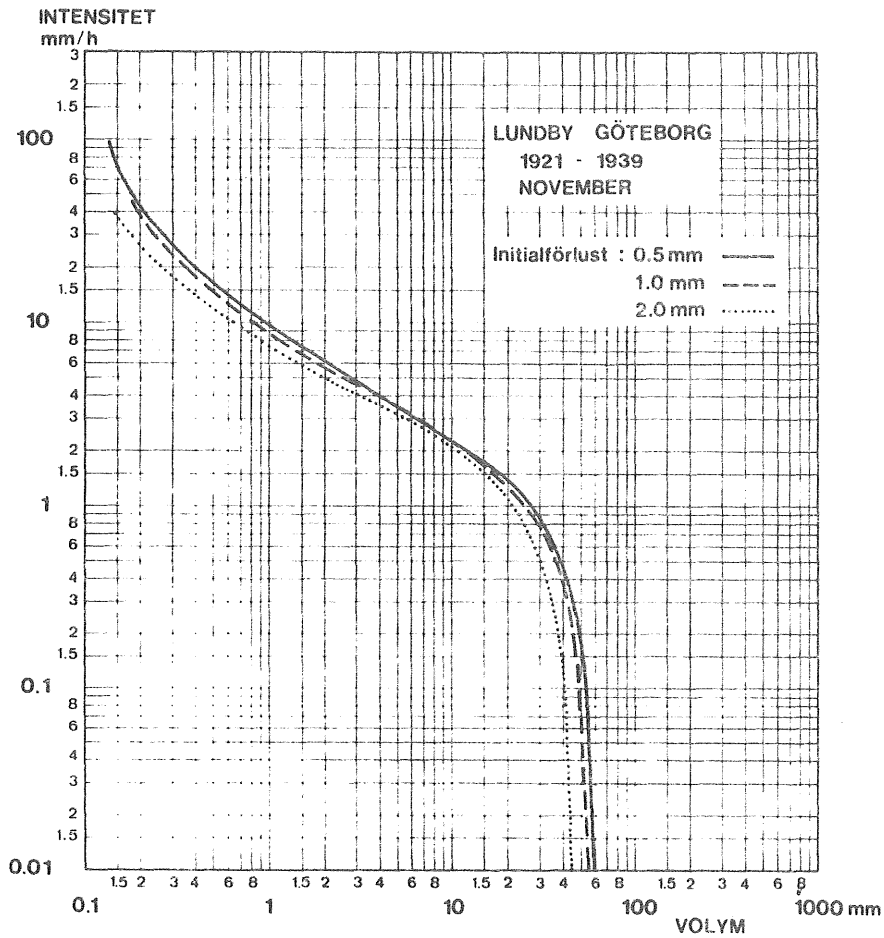
Volym per månad av bräddvatten (dagvatten+spillvatten) överströmmande tänkta bräddavlopp verksamma fr o m motsvarande intensitet med hänsyn tagen till regnförluster 0.5, 1.0 och 2.0 mm. Medelvärde för perioden 1921-1939 vid Lundby, Göteborg.



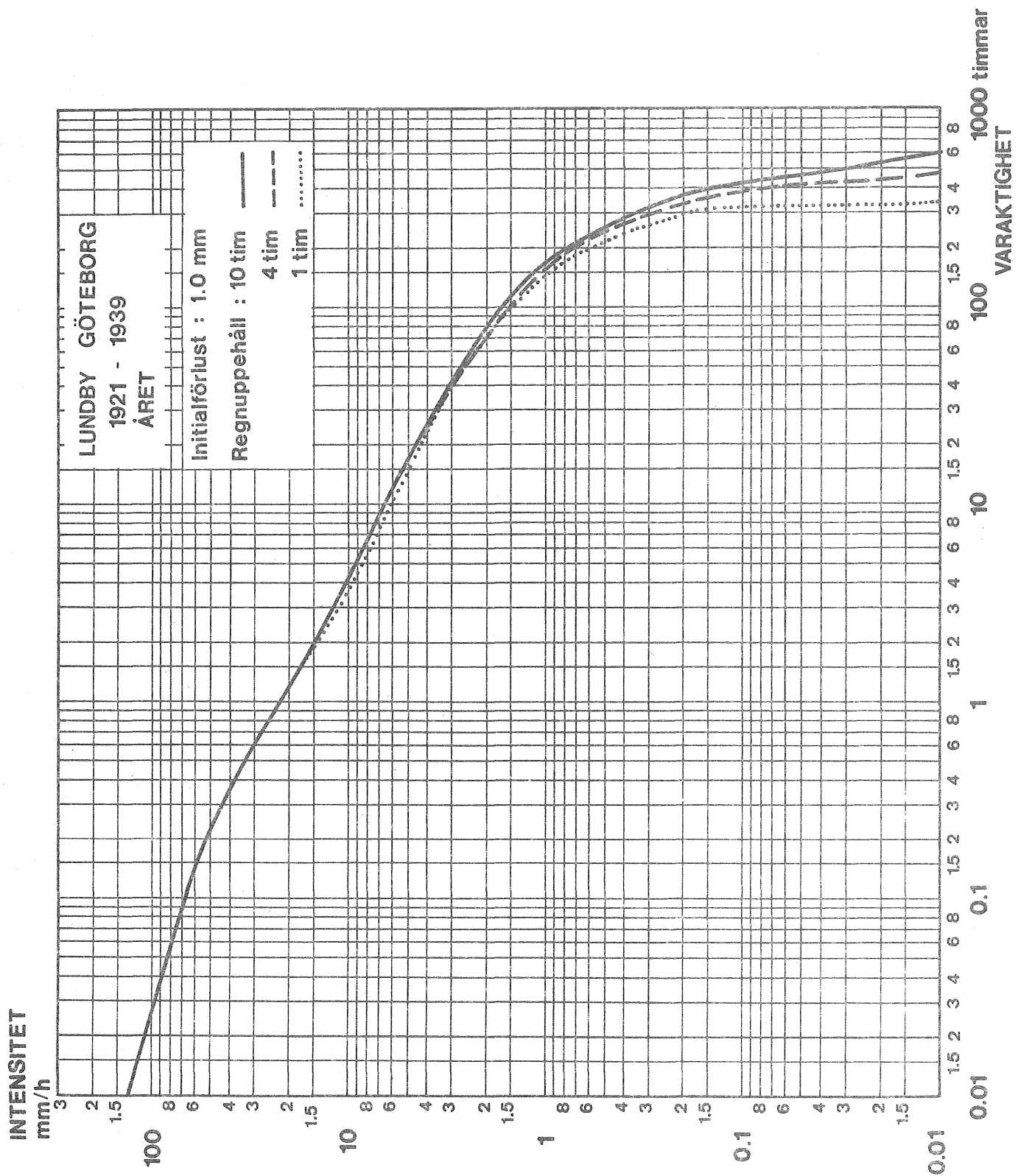
Volym per månad av bräddvatten (dagvatten+spillvatten) överströmmande tänkta bräddavlopp verksamma fr o m motsvarande intensitet med hänsyn tagen till regnförluster 0.5, 1.0 och 2.0 mm. Medelvärde för perioden 1921-1939 vid Lundby, Göteborg.



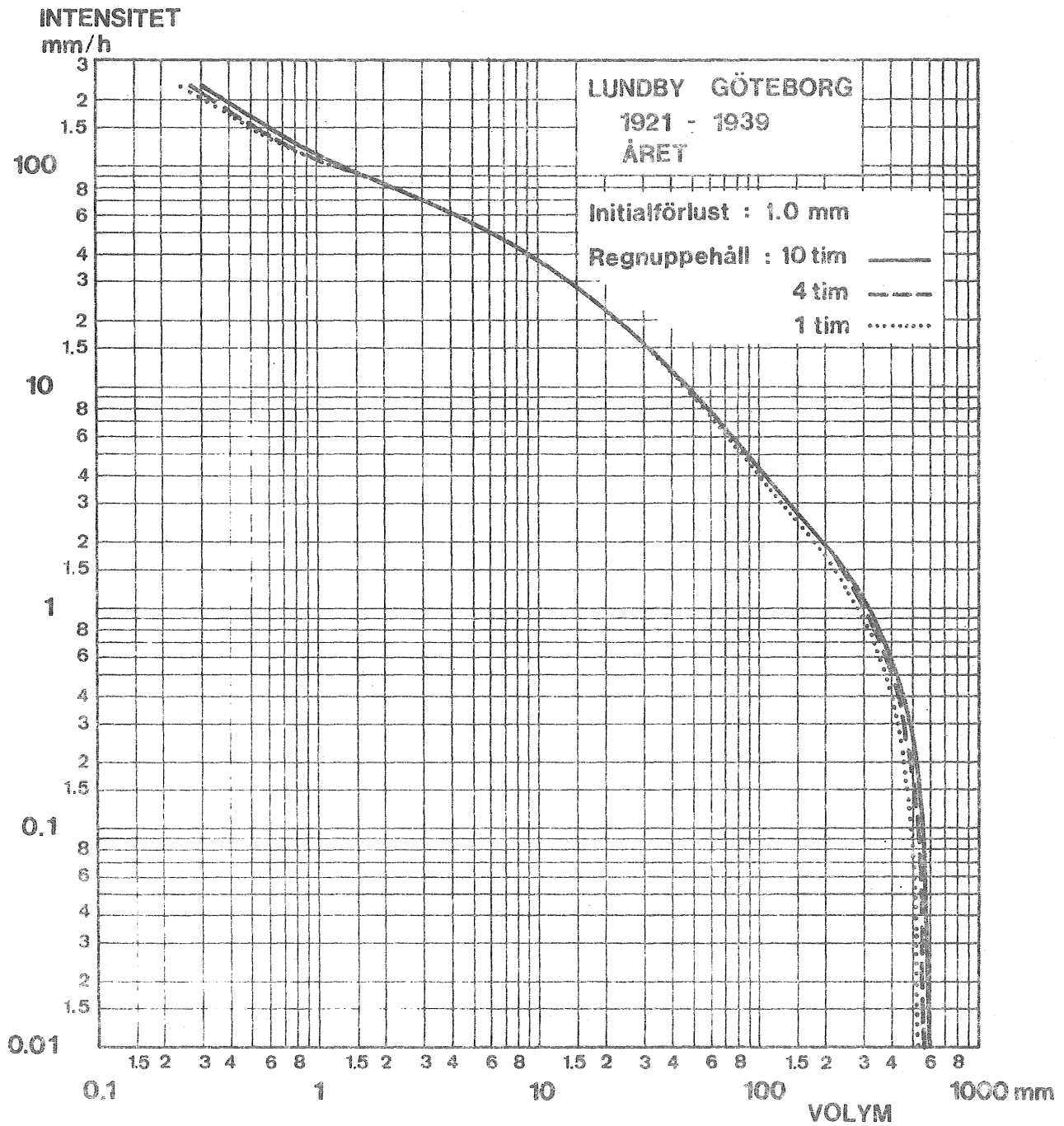
Volym per månad av bräddvatten (dagvatten+spillvatten) överströmmande tänkta bräddavlopp verksamma fr o m motsvarande intensitet med hänsyn tagen till regnförluster 0.5, 1.0 och 2.0 mm. Medelvärde för perioden 1921-1939 vid Lundby, Göteborg.



Volym per månad av bräddvatten (dagvatten+spillvatten) överströmmande tänkta bräddavlopp verksamma fr o m motsvarande intensitet med hänsyn tagen till regnförluster 0.5, 1.0 och 2.0 mm. Medelvärde för perioden 1921-1939 vid Lundby, Göteborg.



Skillnader i varaktigheter per år av nederbörd överstigande viss intensitet vid olika regndefinitioner.
 Uppehåll mellan regnen 1, 4 och 10 timmar.
 Regnförlust 1.0 mm. Medelvärde för perioden 1921-1939 vid Lundby, Göteborg.



Skillnader i volym per år av bräddvatten (dagvatten+spillvatten) överströmmande tänkta bräddavlopp verksamma fr o m motsvarande intensitet vid olika regndefinitioner. Uppehåll mellan regnen 1, 4 och 10 timmar. Regnförlust 1.0 mm. Medelvärde för perioden 1921-1939 vid Lundby, Göteborg.

GEOHYDROLOGISKA FORSKNINGSGRUPPEN

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

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. 20:-- (Utgången)
- nr 2 Leif Carlsson: Grundvattenavsänkning Del 1. Evaluering av akviferers geohydrologiska data med hjälp av provpumpningsdata. 1973. 67 sidor. 20:--.
- nr 3 Leif Carlsson: Grundvattenavsänkning Del 2. Evaluering av lågpermeabla lagars hydrauliska diffusivitet med hjälp av provpumpningsdata. 1973. 17 sidor. 15:--.
- nr 4 Viktor Arnell: Nederbördsräknare. En sammanställning av några olika mätaggreger. 1973. 39 sidor. 15:-- (Utgången)
- nr 5 Viktor Arnell: Intensitets-varaktighetskurvor för häftiga regn i Göteborg under 45-årsperioden 1926-1971. 1974. 68 sidor. 20:--.
- nr 6 Urbaniseringsprocessens inverkan på ytvattenavrinning och grundvattenbildning. Lägesrapporter (1973-03-01 - 1974-02-01). 1974. 167 sidor. 20:--.
- nr 7 Olov Holmstrand, Per O Wedel: Ingenjörsgelogiska kartor - litteraturstudier. 1974. 55 sidor. 15:-- (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. 20:-- (Utgången).
- nr 9 Olov Holmstrand (red.): Seminarium om ingenjörsgelogiska kartor. 1974. 38 sidor. 15:-- (Utgången).
- nr 10 Viktor Arnell, Börje Sjölander: Mätning av nederbördsintensiteter i Göteborgsregionen. Stationsbeskrivning. 1974. 53 sidor. 15:-- (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. 20:--.
- 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. 15:--.
- nr 13 Viktor Arnell, Sven Lyngfelt: Nederbörds-avrinningsmätningar i Bergsjön, Göteborg 1973-1974. 1975. 92 sidor. 20:--.
- nr 14 Per-Arne Malmquist, Gilbert Svensson: Delrapport. Dagvattnets sammansättning i Göteborg. Engelsk sammanfattning. 1975. 73 sidor. 20:-- (Utgången).
- 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. 25:--
- nr 18 Göran Ejdeling: Beräkningsmodeller för prognos av grundvattenförhållanden. 1978. 130 sidor. 25:--.
- nr 19 Viktor Arnell, Jan Falk, Per-Arne Malmquist: Urban Storm Water Research in Sweden. 1977. 30 sidor. 15:--.
- nr 20 Viktor Arnell: Studier av amerikansk dagvattenteknik. Resa i december 1976. 1977. 64 sidor. 15:--.
- 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. 15:--.
- nr 22 Per O Wedel: Grundvattenbildning, samspelet jordlager och berggrund. Exemplifierat från ett försöksområde i Angered. 1978. 130 sidor. 25:--.
- nr 23 Viktor Arnell: Nederbördsdata vid dimensionering av dagvattensystem med hjälp av detaljerade beräkningsmodeller. En inledande studie. 1977. 29 sidor. 20:--.
- 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. 15:--.
- nr 25 Lars O Ericsson (red.): Lokalt omhändertagande av dagvatten. Delrapport från första verksamhetsåret 1976-02-01 - 1977-01-31. 1977. 120 sidor. 25:--.
- nr 26 Ann-Carin Andersson, Jan Berntsson: Kontrollerad grundvattenbalans genom djupinfiltration. En inventering av djupinfiltrationsprojekt. 1978. 273 sidor. 25:--.
- nr 27 Anders Eriksson, Per Lindvall: Lokalt omhändertagande av dagvatten. Resultatredovisning av enkät rörande drift och konstruktion av perkolationsanläggningar. 1978. 126 sidor. 25:--.

- nr 28 Olov Holmstrand (red.): Lokalt omhändertagande av dagvatten. Delrapport nr 2 från perioden 1977-02-01 - 1977-11-30. 1978. 69 sidor. 20:-.
- nr 29 Leif Carlsson: Djupinfiltrationsstudier i Angered. 1978. 70 sidor. 25:-.
- nr 30 Lars O Ericsson: Infiltrationsprocessen i en dagvattenmodell. Teori, Undersökning, Mätning och Utvärdering. 1978. 45 sidor. 20:-.
- nr 31 Lars O Ericsson: Permeabilitetsbestämning i fält vid perkolationsmagasin. Dimensionering. 1978. 15 sidor. 15:-.
- nr 32 Lars O Ericsson, Stig Hård: Infiltrationsundersökningar i stadsdelen Ryd, Linköping. 1978. 145 sidor. 25:-.
- nr 33 Jan Hällgren, Per-Arne Malmquist: Urban Hydrology Research in Sweden 1978. Swedish Coordinating Committee for Urban Hydrology Research. 1978. 14 sidor. 10:-.
- nr 34 Bo Lind, Göte Nordin: Geohydrologi och vegetation i Dalen 5, Karlskoga. 1978. 63 sidor. 25:-.
- nr 35 Eivor Bucht, Bo Lind: Metodfrågor vid naturanpassad stadsplanering - erfarenheter från studie i Karlskoga. 1978. 65 sidor. 25:-.
- 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. 20:-.
- nr 37 Per-Arne Malmquist m fl: Papers on Urban Hydrology 1977-78. 99 sidor. 20:-.
- nr 38 Viktor Arnell, Per-Arne Malmquist, Bo-Göran Lindquist, Gilbert Svensson: Uppsatser om Dagvattenteknik 1978. 30 sidor. 15:-.
- nr 39 Bo Lind: Dagvatteninfiltration - förutsättningar inom ett bergsområde, Östra Gårdsten i Göteborg. 1979. 32 sidor. 25:-.
- 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. 25:-.
- nr 42 Per-Arne Malmquist (red.): Infiltrera dagvatten. Diskussioner och figurer från CTH-seminarium 1979-04-20. 1979. 86 sidor. 25:-.
- nr 43 Bo Lind: Dagvatteninfiltration - perkolationsanläggning i Halmstad. 1979. 58 sidor. 25:-.
- nr 44 Viktor Arnell, Thomas Asp: Beräkning av bräddvattenmängder. Nederbördens varaktighet och mängd vid Lundby i Göteborg 1921-1939. 1979. 80 sidor. 25:-.
- nr 45 Thomas Holm, Stig Hård, Sven Jonasson: Dagvatteninfiltration på grönytor - Litteraturstudie, kunskapssammanställning och hypotes. 1979. 278 sidor. 25:-.

Beställningar kan göras från Geohydrologiska forskningsgruppen, Chalmers tekniska högskola, 412 96 Göteborg, tel. 031/810100 ankn. 1648, May-Britt Fryksmark.

