



Det här verket har digitaliserats vid Göteborgs universitetsbibliotek och är fritt att använda. Alla tryckta texter är OCR-tolkade till maskinläsbar text. Det betyder att du kan söka och kopiera texten från dokumentet. Vissa äldre dokument med dåligt tryck kan vara svåra att OCR-tolka korrekt vilket medför att den OCR-tolkade texten kan innehålla fel och därför bör man visuellt jämföra med verkets bilder för att avgöra vad som är riktigt.

This work has been digitized at Gothenburg University Library and is free to use. All printed texts have been OCR-processed and converted to machine readable text. This means that you can search and copy text from the document. Some early printed books are hard to OCR-process correctly and the text may contain errors, so one should always visually compare it with the images to determine what is correct.



Rapport

R88:1987

Utjämningsmagasin för kontroll av bräddvattenmängder och bräddfrekvenser

Val av nederbördsdata

Viktor Arnell
Håkan Strandner

K
Jull

INSTITUTET FÖR BYGGDOKUMENTATION
Accnr
Plac <i>Sev</i>

Byggeforskningsrådet

R88:1987

UTJÄMNINGSMAGASIN FÖR KONTROLL AV
BRÄDDVATTENMÄNGDER OCH BRÄDDFREKVENSER

Val av nederbördsdata

Viktor Arnell
Håkan Strandner

VA NYTT

41109

Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 820238-0
från Statens råd för byggnadsforskning till VIAK AB,
Linköping.

REFERAT

Rapporten redovisar valet av nederbördsdata för dimensionering av utjämningsmagasin avsedda att reducera bräddning av orenat avloppsvatten från kombinerade avloppssystem. Användningen av en 18 år lång historisk regnserie har jämförts med användningen av tre olika sk modellsregn (blockregn, triangulära regn och CDS-regn).

Genom användning av regnen och en enhetshydrografmetod har dagvattentillrinningen till ett utjämningsmagasin kombinerat med bräddavlopp beräknats för ett 15,4 ha stort avrinningsområde. Till dagvattentillrinningen har adderats ett spillvattenflöde och dränvattenflöde jämnt fördelat över dygnet.

Det studerade magasinet har varit ett genomströmningsmagasin med utlopp genom ett hål i botten och bräddning över ett rektangulärt skibord.

Resultatet visar att bra beräkningar av bräddade avloppsvattenmängder inkluderande spillvatten, dagvatten och dränvatten enbart kan utföras med historiska regndata. Användning av CDS-regn för beräkning av bräddvattenmängder gav en underskattning av mängderna. Om CDS-regnen används för praktiska tillämpningar bör man kompensera för underskattningarna. Användningen av blockregn och triangulära regn resulterade i stora underskattningar av bräddade vattenmängder och de regnen bör därför ej användas i praktiska tillämpningar.

Kontinuerliga nederbördsmätningar bör snarast startas på ett antal platser i landet för att historiska nederbördsdata skall bli tillgängliga på sikt.

I Byggnadsforskningsrådets rapportserie redovisar forskaren sitt anslagsprojekt. Publiceringen innebär inte att rådet tagit ställning till åsikter, slutsatser och resultat.

R88:1987

ISBN 91-540-4792-7

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Svenskt Tryck Stockholm 1987

INNEHÅLL	SID
FÖRORD	5
SAMMANFATTNING	7
1 INLEDNING	9
1.1 Problemställning	9
1.2 Tidigare undersökningar	10
1.3 Studiens uppläggning	15
2 BESKRIVNING AV NEDERBÖRDSDATA	17
2.1 Tidsserie av historiska nederbördsdata	17
2.2 Modellregn av typ blockregn	18
2.3 Modellregn av triangulär typ	22
2.4 Modellregn av CDS-typ	24
3 BESKRIVNING AV ANVÄNDA BERÄKNINGS- MODELLER	29
3.1 Modell för simulering av tillrinning till magasin och bräddavlopp	29
3.2 Modell för simulering av magasin och brädd- avlopp	32
3.3 Beskrivning av testområde och magasin	35
4 BERÄKNINGAR AV BRÄDDVATTENMÄNGDER VID OLIKA MAGASINSVOLYMER OCH FÖR OLIKA NEDERBÖRDSDATA	39
5 RESULTAT	41
5.1 Inledning	41
5.2 Resultat av användning av blockregn	46
5.3 Resultat av användning av triangulära regn	47
5.4 Resultat av användning av CDS-regn	48
5.5 Bräddfrequenser	50
6 SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER FÖR PRAKTISKA TILLÄMPNINGAR	51
LITTERATURFÖRTECKNING	53

FÖRORD

Denna rapport redovisar resultatet av forskning om val av nederbördsdata för dimensionering av utjämningsmagasin avsedda att reducera mängderna bräddat avloppsvatten och frekvensen av bräddningar. Tidigare rapporter handlar om val av nederbördsdata för dimensionering av ledningar samt utjämningsmagasin för reduktion av maxflöden.

Programmering och datorkörningar har utförts av Håkan Strandner.

Arbetet har finansierats av Statens råd för byggnadsforskning (BFR projekt nr 82 02 38 -0) samt av VIAK AB.

Linköping november 1986

VIAK AB

Linköpingskontoret

Viktor Arnell

SAMMANFATTNING

Denna rapport behandlar valet av nederbördsdata för dimensionering av utjämningsmagasin avsedda att reducera bräddning av orenat avloppsvatten från kombinerade avloppssystem.

Två principellt olika typer av nederbördsdata har använts i denna studie, dels en 18 år lång historisk regnserie dels tre olika sk-modellregn. Bräddade vattenmängder per år och antalet bräddningar per år har bestämts för olika magasinstorlekar i ett 15,4 ha stort avrinningsområde.

De tre modellregn som använts har varit: **Blockregn** bestående av medelintensiteter och medelvaraktigheter för historiska regn indelade i klasser för olika intensiteter och varaktigheter. **Triangulära regn** av samma typ som blockregnen men med triangulär form. **CDS-regn** utvärderade ur konventionella intensitets-varaktighetskurvor för olika återkomsttider.

Dagvattentillrinningen till utjämningsmagasinen för de olika regnen har beräknats med hjälp av en enhetshydrografmodell. Olika enhetshydrografer har använts för olika medelintensiteter på regnen. Enhetshydrograferna har genererats med hjälp av den sk-CTH-modellen för konstanta regnintensiteter varierande mellan 0.36 och 7.20 mm/h.

Till dagvattentillrinningen har adderats ett spillvattenflöde och dränvattenflöde av totalt 280 l/pe.d jämnt fördelat över dygnet.

Det studerade utjämningsmagasinet har varit av typ genomströmningsmagasin med utlopp till avskärande ledning genom ett hål i botten. Vid fullt magasin sker bräddning direkt till recipient över ett rektangulärt skibord. I den använda beräkningsmodellen varierar utflödet genom bottenutloppet och över bräddskibordet med vattenståndet i magasinet.

Beräkningarna av bräddvattenmängder har utförts för de två flödena 5 x torrvädersflödet och 20 x torrvädersflödet till avskärande ledning då bräddningen startar.

Resultatet av studien visar att bra beräkningar av bräddade avloppsvattenmängder inkluderande spillvatten, dagvatten och dränvatten enbart kan utföras med historiska regndata.

Användning av CDS-regnen för beräkning av bräddvattenmängder ger en underskattning av mängderna. Om de används bör beräknade bräddvattenmängder ökas för att kompensera för underskattningarna.

Användningen av blockregn och triangulära regn gav stor underskattning av bräddade vattenmängder varför de inte bör användas i praktiska tillämpningar.

Användningen av CDS-regnen gav en liten underskattning av antalet bräddningar. Vid beräkning av antalet bräddningar bör alltid definitionen av en bräddning anges.

Kontinuerliga nederbördsintensitetsmätningar bör snarast startas på ett antal platser i landet för att historiska nederbördsdata skall bli tillgängliga på sikt.

1 INLEDNING

1.1 Problemställning

Utjämningsmagasin kan användas för att styra eller eliminera bräddning av orenat avloppsvatten direkt till en recipient. Denna tekniska lösning har blivit mer aktuell sedan man börjat tillåta kommunerna att behålla sina kombinerade ledningssystem i stället för att ersätta dem med separata dag- och spillvattenledningar. Magasin som byggs för att styra bräddade vattenmängder eller antalet bräddningar måste dimensioneras med nederbördsdata valda med hänsyn till målsättningen med magasinet.

Ledningar dimensioneras för att avleda ett bestämt maximalt flöde utan att besvärande översvämningar uppstår oftare än med en viss frekvens. Utjämningsmagasin som används för reduktion av maxflöden i ledningsnät dimensioneras på samma sätt för att innehålla en viss volym vatten så att inte översvämningar inträffar oftare än planerat. Denna studie avser dimensionering av magasin i kombination med bräddavlopp där magasinet ska ges en sådan volym att bräddade vattenmängder och/eller antalet bräddningar för en del av året, hela året, eller per regntillfälle ej får överstiga vissa givna värden.

De nederbördsdata som används för dimensionering av magasin i kombination med bräddavlopp måste vara kopplade till den totala nederbörden för de perioder för vilka man vill uppskatta bräddvattenmängderna. Undantaget är magasin som enbart dimensioneras för att reducera bräddfrequensen till någon eller några få gånger per år och där bräddade mängder saknar intresse. Dessa magasin kan dimensioneras så att utflödet ur magasinen ej överstiger det flöde då bräddningen startar oftare än den tillåtna bräddfrequensen. Nederbördsdata eller statistik för enstaka regntillfällen kan då användas se Bergström (1976), Arnell (1982) samt Arnell och Melin (1984).

Lämplig nederbördsstatistik för dimensionering av kombinationen magasin/bräddavlopp för kontroll av mängden bräddat vatten saknas nästan helt. Föreliggande rapport beskriver en jämförelse av dimensioneringar med olika typer av nederbördsdata/statistik samt ger rekommendationer för val av nederbördsdata.

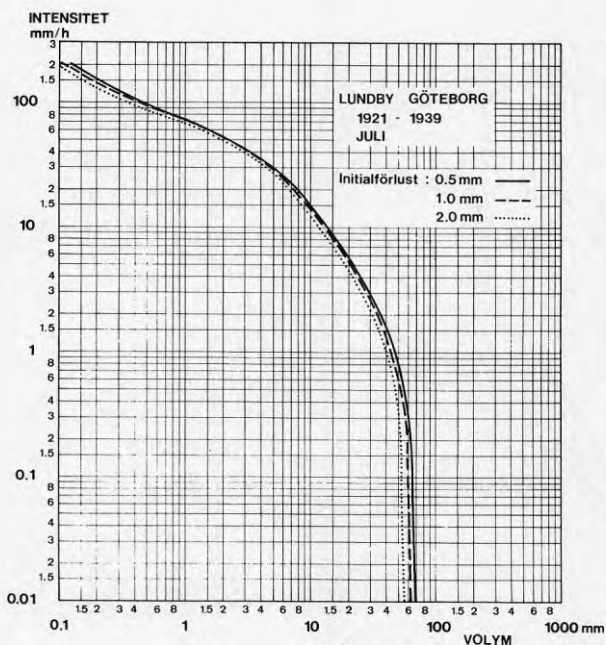
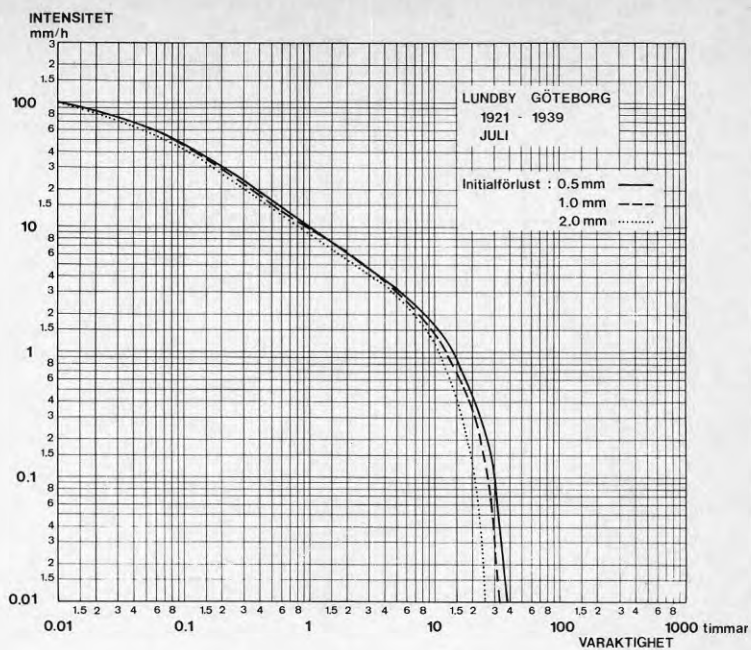
1.2 Tidigare undersökningar

Uppskattning av bräddade vattenmängder från kombinerade ledningssystem utan utjämningsmagasin kan göras med hjälp av data om spillvatten- och dränvattenflöden samt nederbördsvolymen för vilka regnintensiteten överstiger olika värden, se exempel i figur 1.1 hämtade ur Arnell och Asp (1979). Den rapporten beskriver även metodiken för användning av kurvorna.

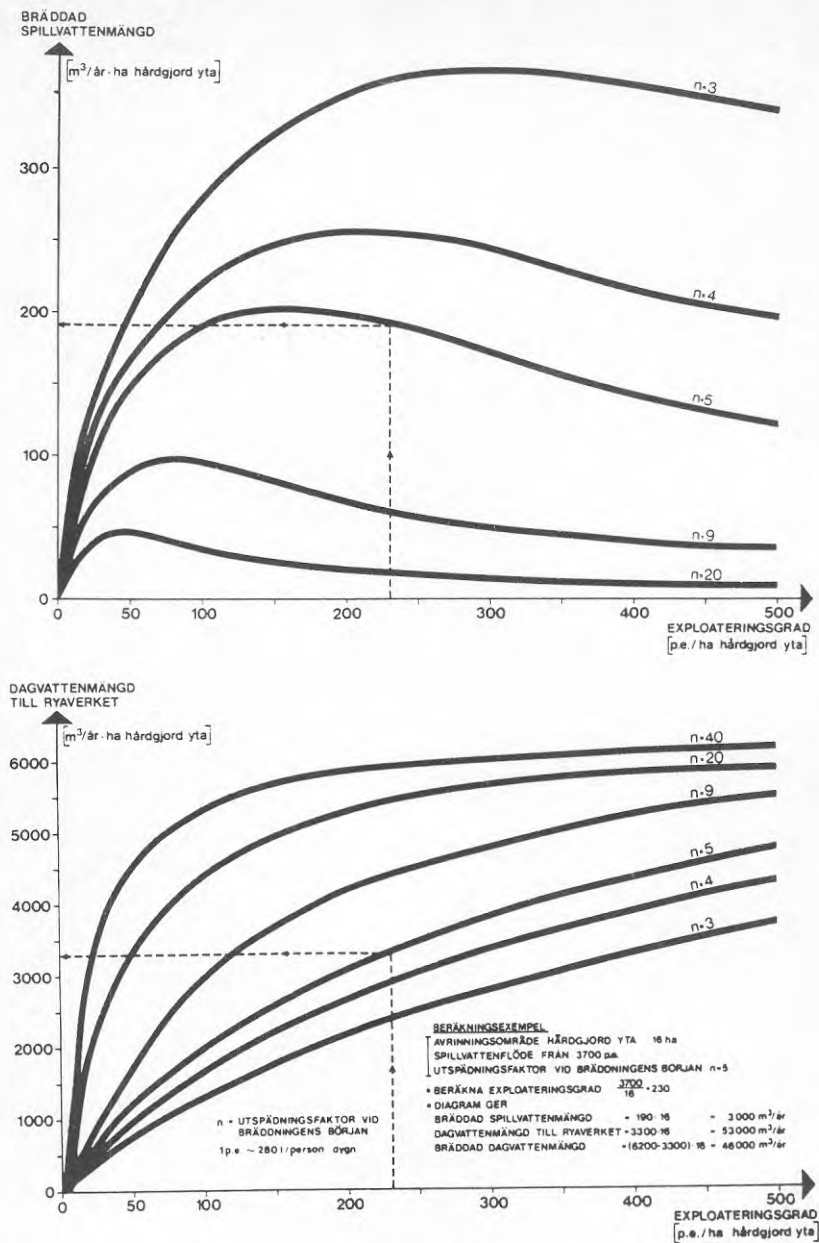
Göteborgs VA-verk (1984) har vidarebearbetat kurvorna presenterade av Arnell och Asp och tagit fram diagram som, under vissa förutsättningar, direkt kan användas för uppskattning av bräddade spillvattenmängder och tillrinningen av dagvatten till reningsverket. Exempel på ett diagram visas i figur 1.2.

Diagrammen presenterade av Arnell och Asp (1979) samt av Göteborgs VA-verk (1984) är inte utvecklade för att användas vid dimensionering av utjämningsmagasin i kombination med bräddavlopp.

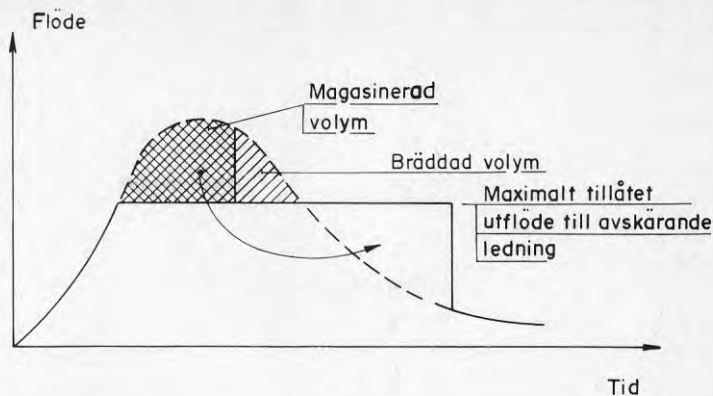
Lindholm (1974) har använt datormodellen NIVANETT för beräkning av bräddade vattenmängder i kombination med magasin. De nederbördsdata han använde bestod av olika modellregn enligt Lindholm (1975) (konstant regnintensitet med en viss varaktighet), som ersatte en kontinuerlig nederbördsserie. NIVANETT beräknar bräddning och magasinering med rutiner som fungerar enligt figur 1.3. Allt vatten överstigande ett givet utflöde går till magasinering. När ledig kapacitet finns i utgående ledning tappas magasinet av. Om magasinet är fullt går flödet utan utjämning rakt igenom magasinet. Vid bräddning går allt vatten större än ett givet utflöde över bräddavloppet och försvinner ur beräkningarna. Ören och Sirum (1978) har jämfört beräkningarna av bräddvattenmängder med modellregnen med beräkningar för en kontinuerlig serie av 89 regn.



Figur 1.1 Varaktighet respektive volym under juli 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. Ur Arnell och Asp (1979).



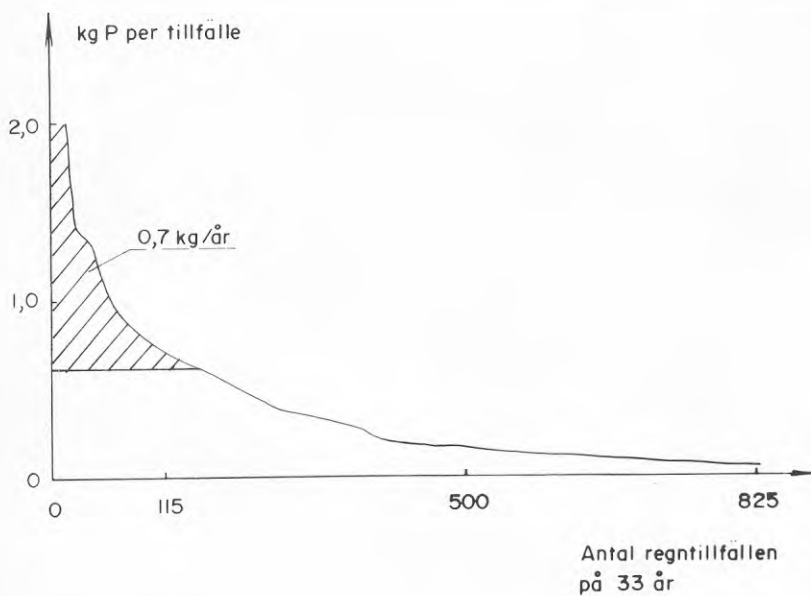
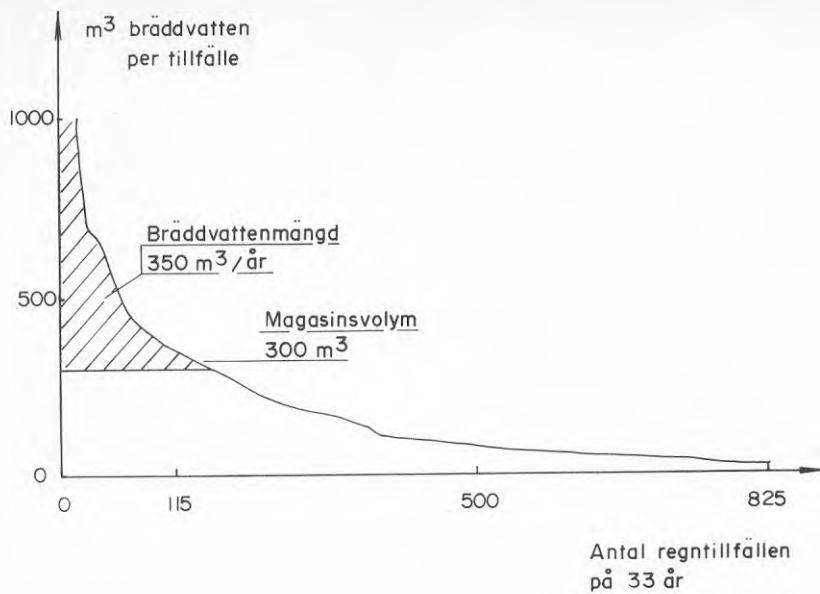
Figur 1.2 Diagram för bestämning av bräddade spillvattenmängder och dagvattenmängder som går till Ryaverket i Göteborg. Enligt Göteborgs Va-verk (1984).



Figur 1.3 Exempelförklaring av rutin för beräkning av magasinering och bräddning i modellen NIVANETT.

Två fall simulerades varav ett med magasin och ett utan magasin uppströms bräddavloppet. I båda fallen underskattades de bräddade vattenmängderna med cirka 10% vid användning av modellregn. En noggrannare klassindelning vid utvärdering av modellregnen skulle antagligen givit ett bättre resultat. Exempel på studier av avloppssystem med hjälp av NIVANETT och modellregn redovisas av Lindholm (1976) och Svensson och Ören (1979).

Johansen (1981), Johansen m fl (1984) och Johansen (1985) har använt sig av en enhetshydrografmetod i kombination med en 33 år lång historisk nederbördsserie för uppskattning av bräddade vattenmängder. Genom att använda en enkel enhetshydrografmetod för beräkning av tillrinningen blir inte kostnaderna för avrinningssimuleringarna större än att man har råd att använda en lång historisk serie. En jämförelse mellan beräkningar av bräddvattenmängder med hjälp av datormodellen ILLUDAS och den använda enhetshydrografmetoden visar att enhetshydrografmetoden ger bräddvattenmängder som avviker obetydligt från vad som erhålls med ILLUDAS. Genom en statistisk bearbetning av bräddvattenmängderna för de enskilda regntillfällena kan man studera effekten av ett utjämningsmagasin placerat så att det bräddade vattnet passerar magasinet. Magasinet antas tömmas helt efter regnets slut. Resultatet illustreras i figur 1.4.



Figur 1.4 Exempel på beräkning av bräddvattenmängder och bräddade fosformängder enligt Johansen (1981).

Johansen visar även att stora skillnader kan erhållas mellan resulterande bräddvattenmängder beräknade med hjälp av modellregn enligt Lindholm (1975) och mängder beräknade för historiska regn. Differenserna blir speciellt stora för stora kapaciteter på den avskärade ledningen.

Förutom ovanstående referenser finns flera exempel på effekten av användning av utjämningsmagasin i kombination med bräddavlopp redovisade i litteraturen, se t ex Feldman och Abbot (1974), Hogland och Niemczynowicz (1980), Berlamont och Langenhove (1981) samt Wada och Sueishi (1981). Emellertid har ingen specialstuderat vilka nederbördsdata man skall använda vid dimensionering av utjämningsmagasin avsedda att styra bräddfrensor och/eller bräddade vattenmängder.

1.3 Studiens uppläggning

Några olika typer av nederbördsdata för dimensionering av utjämningsmagasin/beräkning av bräddvattenmängder kan särskiljas.

- . Tidsserier av inträffade historiska regn eller statistiskt genererade tidsserier av regn.
- . Typregn utvärderade ur tidsserier av historiska regn, t ex modellregnen presenterade av Lindholm (1975) eller typregn härledda ur medelintensitets-varaktighetskurvor.
- . Statistiskt framtagna diagram för överslagsmässig dimensionering av magasin/beräkning av bräddvattenmängder av samma typ som visas i figurerna 1.1 - 1.2.

Föreliggande studie är inriktad på användning av datormodeller för beräkningarnas genomförande och därför har de två första ovannämnda typerna av nederbördsdata testats. En 18 år lång kontinuerlig serie av nederbördsdata har använts för beräkningarna och resultaten har jämförts med resultaten av beräkningar utförda med modellregn med konstant intensitet enligt Lindholm (1975), modellregn med triangulär form beskrivna av Yen och Chow (1980) samt modellregn av CDS-typ (Chicago-regn). De olika typerna av nederbördsdata beskrivs i kapitel 2.

Beräkningarna har utförts för ett testområde Bergsjön i Göteborg. Dagvatten, spillvatten och dräneringsvatten avleds i ett kombinerat ledningssystem. Ett magasin av genomströmningstyp är placerat vid utloppet i ledningssystemet. Bräddning sker över ett rektangulärt skibord då magasinet är fullt. Magasinet töms med självfall genom ett strypt utloppsmunstycke. Dagvattentillrinningen till magasinet har beräknats med en enhetshydrografmetod och spillvatten- och dränvattenflöde har adderats till dagvattenflödet. Magasinerings, bräddning och utflöde ur magasinet har beräknats med en särskild matematisk modell. Avrinningsområdet, beräkning av dag- spill- och dränvattenavrinning samt matematisk modellering av magasinet beskrivs i kapitel 3.

För de olika typerna av nederbördsdata och för olika stora magasin har därefter beräknats bräddade avloppsvattenmängder för varje nederbördstillfälle och för olika tidsperioder såsom år och månader. Resultaten kan bearbetas statistiskt för angivande av hur ofta en viss bräddad volym uppträder eller överskrids. Den övergripande målsättningen är att fastställa vilka nederbördsdata som bör användas vid bestämning av magasinens volym för att bräddade mängder ej skall överstiga givna värden.

2. BESKRIVNING AV NEDERBÖRDSDATA

2.1 Tidsserie av historiska nederbördsdata

En 18 år lång kontinuerlig nederbördsserie från Lundby, Göteborg, för perioden 1921 - 1939 (1922 uteslutet p g a dåliga data) har använts för beräkningarna. Inom ramen för tidigare projekt har mätardiagrammen överförts till magnetband av SMHI, se Dahlström (1979). Datamaterialet har tidigare använts för utvärdering av intensitet - volymdiagram och intensitet - varaktighetsdiagram att användas vid uppskattning av bräddade avloppsvattenmängder och bräddvaraktigheter, se Arnell och Asp (1979). Vidare har samma data utnyttjats för studier av vilka nederbördsdata som skall användas vid dimensionering av avloppsledning och utjämningsmagasin. Inom ramen för de studierna har olika typregn utvärderats och testats, se Arnell (1982) och Arnell och Melin (1984).

Den kontinuerliga nederbördsserien har delats in i separata regnhändelser innehållande en serie nederbördsregistreringar där:

- a) Regnintensiteten $\geq 0,1$ mm/h.
- b) Regnintensiteten $< 0,1$ mm/h tillåts under tidsintervall om högst 4 timmar inom regnen, vilket betyder att tidsavståndet mellan regnen är > 4 timmar
- c) Regnens totala varaktighet ≥ 2 min.
- d) Regnens totala volym $\geq 0,5$ mm.

Motiven för ovanstående kriterier finns redovisade i rapporten av Arnell och Lyngfelt (1975), Arnell och Asp (1979), Arnell m fl (1980) samt Arnell (1982). I det här fallet är det viktigt att använda samma regndefinition som använts av Arnell och Asp för att möjliggöra en jämförelse mellan bräddvattenberäkningar gjorda med hjälp av deras diagram och beräkningar gjorda med de historiska regnen inkluderande simulering av tillrinningen till bräddavloppet och simulering av bräddavloppets funktion.

De småregn som inträffar mellan de definierade regnen har tagits bort och ingår ej i den slutliga "kontinuerliga" nederbördsfil som använts för studien.

För avrinningsberäkningarna har nederbördsdata omformats till intensitetsvärden med ekvidistanta tidssteg med 1 minuts längd.

Data om de utsorterade regnen är redovisade i tabell 2.1. Totalt omfattar datamängden cirka 2300 regn.

Tabell 2.1 Data om utsorterade historiska regn för Lundby, Göteborg 1921 - 1939.

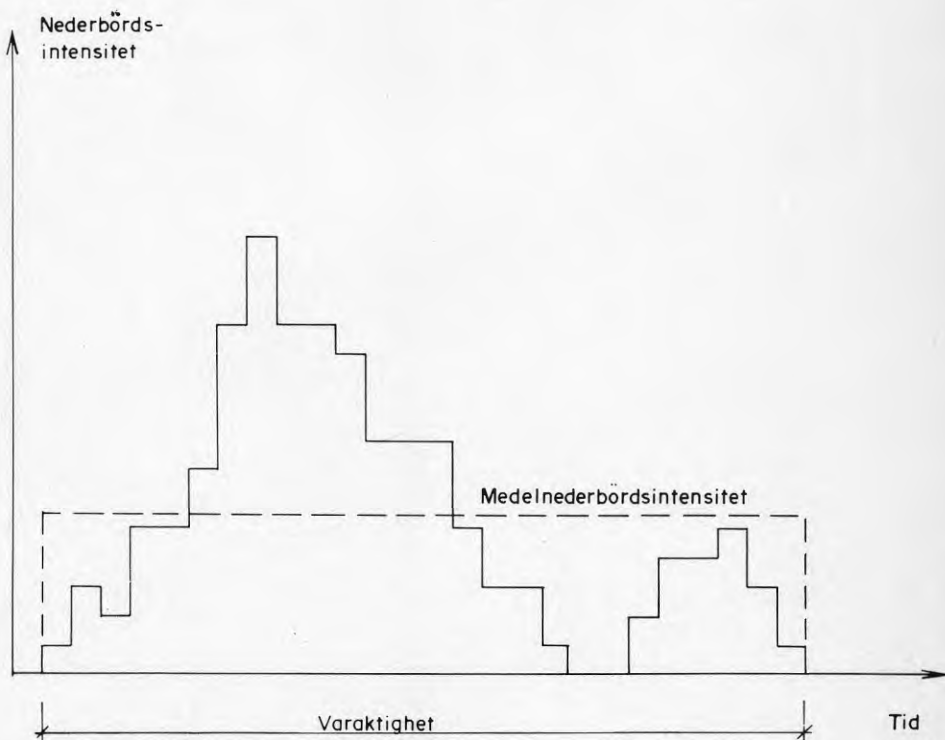
	Medelvärde	Standardavvikelse
Antal per år	129	16
Volym per regn (mm)	5.3	6.1
Varaktighet per regn (min)	360	323

2.2 Modellregn av typ blockregn

Modellregn föreslagna av Lindholm (1975) har även använts för avrinningsberäkningarna. För den här studien har modellregnen utvärderats ur samma historiska nederbördsserie för Lundby, Göteborg, 1921 - 1939, som använts för avrinningssimuleringar för historiska regn.

Till grund för utvärderingen har legat de separata regnhändelserna beskrivna i kapitel 2.1. Arbetet har gjorts i följande steg:

- 1 Beräkning av medelnederbördsintensiteten för varje regn (totalvolymen dividerad med varaktigheten), se figur 2.1.



Figur 2.1 Exemplifiering av beräkning av medelnederbördsintensitet för ett enskilt regn för utvärdering av modellregn av typ blockregn.

- 2 Indelning av regnen i klasser dels med hänsyn till varje regns medelintensitet dels med hänsyn till varje regns varaktighet, se exempel i tabell 2.2.

Tabell 2.2 Resultat av indelning av regn i klasser. I = medelvärde av regnens medelintensiteter, T = medelvärde av regnens varaktigheter och n = antalet regn i varje klass. Efter Svensson och Ören (1979).

Varaktighet (min)	Intensitet (mm/h)					
	<1.8	1.8-3.6	3.6-7.2	7.2-14.4	>14.4	
<15	I	-	2.7	5.2	10.7	16.2
	T	-	13	12	7	7
	n	0	3	5	2	1
15-45	I	1.2	2.6	4.8	8.5	25.5
	T	35	27	33	24	24
	n	12	16	5	3	1
>45	I	1.1	2.5	4.6	10.7	-
	T	195	174	135	87	-
	n	80	28	4	1	0

- 3 Beräkning av medelvärden inom varje klass för regnens medelintensitet och regnens varaktighet. Medelvärdena beräknas för månader och år för att möjliggöra beräkningar av bräddvattenmängder för dessa perioder. Antalet regn under 18-årsperioden summeras och medelantalet beräknas för månader och år. Resultatet redovisas i tabell 2.3 för hela året.

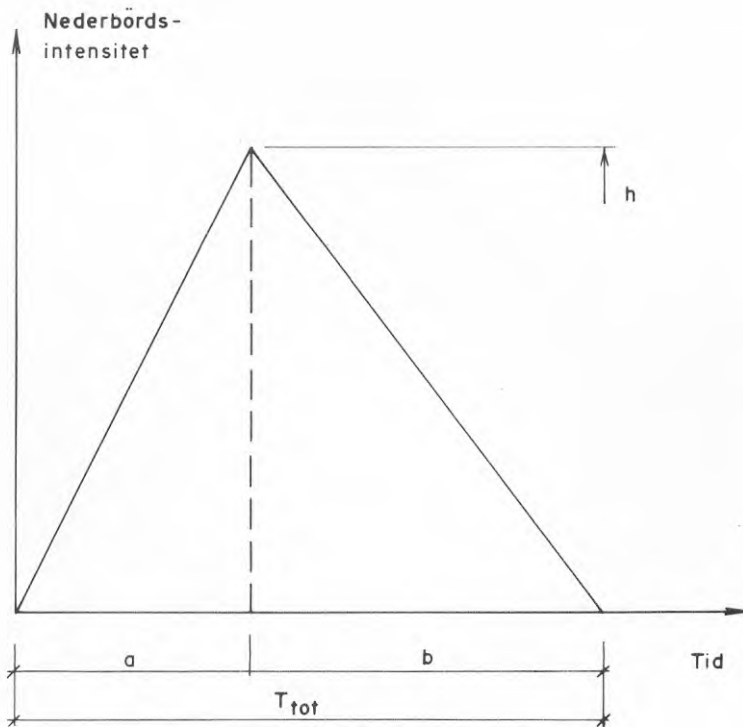
Klassindelningen är vald relativt noggrann inom det område som representerar avskärande ledningars kapaciteter efter erfarenheter av Ören och Sirum (1978). I övrigt är klassindelningen relativt godtycklig och behöver studeras ytterligare.

Tabell 2.3 Parametervärden för modellregn av typ blockregn och triangulära regn. Data från Lundby, Göteborg 1921-1939. I = medelvärde av regnens medelintensiteter, T = medelvärde av regnens varaktigheter, a_o = parameter i CDS-regnet, n = antalet regn under 18-årsperioden i respektive klass.

Varaktighetsklass min	Parameter		Nederbördsintensitetsklass mm/h				
			<0.61	0.61-0.90	0.90-1.80	1.80-3.60	>3.60
<40	I	mm/h		0.89	1.38	2.55	7.18
	T	min		34	29	22	17
	a_o	—		0.23	0.09	0.05	(-0.09)
	n	(st)	0	1	38	60	69
40-100	I	mm/h	0.50	0.75	1.24	2.43	5.00
	T	min	76	72	71	67	70
	a_o	—	0.37	0.27	0.26	0.16	0.01
	n	st	51	61	91	57	18
100-180	I	mm/h	0.39	0.76	1.28	2.30	6.72
	T	min	143	140	141	138	128
	a_o	—	0.43	0.41	0.38	0.34	0.10
	n	st	153	54	91	38	11
180-300	I	mm/h	0.34	0.75	1.29	2.39	4.97
	T	min	239	238	237	231	241
	a_o	—	0.39	0.43	0.42	0.35	0.23
	n	st	214	79	113	53	13
>300	I	mm/h	0.34	0.75	1.23	2.30	4.29
	T	min	1073	654	623	524	528
	a_o	—	0.37	0.41	0.41	0.45	0.41
	n	st	476	207	301	65	8

2.3 Modellregn av triangulär typ

Yen och Chow (1980) har presenterat några dimensionerande typregn som bygger på statistisk analys av regnens totala nederbördsvolym och totala varaktighet. För dimensionering av utjämningsmagasin i kombination med bräddavlopp i den här studien har vi valt att testa ett triangulärt regn, se figur 2.2. Man kan i det här fallet betrakta det triangulära regnet som en modifiering av det norska regnet beskrivet i kapitel 2.2.



Figur 2.2 Modellregn av triangulär typ.

Definition av ingående parametrar.

T_{tot} motsvarar de verkliga regnens totala varaktighet.

Parametrarna för det triangulära regnet uppskattas med hjälp av det första momentet av hyetografen med avseende på regnets starttidpunkt (se figur 2.2):

$$\bar{t} \cdot P = \sum_{j=1}^n (j \cdot \Delta t - \frac{\Delta t}{2}) p_j \quad \dots(2.1)$$

eller

$$\bar{t} = \frac{\Delta t \left\{ \sum_{j=1}^n (j - 0.5) p_j \right\}}{P} \quad \dots(2.2)$$

där \bar{t} = första momentet av hyetografen m a p regnets starttidpunkt.

P = regnets totala volym.

Δt = längden på ekvidistanta tidssteg.

n = antalet tidssteg.

p_j = nederbördsvolym för tidssteg j .

Värdet av \bar{t} kan göras dimensionslöst genom division med totala varaktigheten T_{tot} .

$$\bar{t}_o = \frac{\bar{t}}{T_{tot}} \quad \dots(2.3)$$

där \bar{t}_o = dimensionslösa värdet av \bar{t} .

Övriga parametrar som beskriver det triangulära regnet beräknas därefter med följande ekvationer.

$$a = 3 \cdot \bar{t}_o - T_{tot}$$

$$b = T_{tot} - a \quad \dots(2.4)$$

$$h = \frac{2 P}{T_{tot}}$$

där a , b och h definieras i figur 2.2.

Dimensionslösa värden på a, b och h ges av följande ekvationer.

$$\begin{aligned} a_o &= \frac{a}{T_{\text{tot}}} = 3\bar{t}_o - 1 \\ b_o &= \frac{b}{T_{\text{tot}}} = 2 - 3\bar{t}_o \quad \dots(2.5) \\ h_o &= \frac{h}{P/T_{\text{tot}}} = 2 \end{aligned}$$

För beräkning av parametervärdena har de enskilda historiska regnen först indelats i klasser pss som blockregnen i kapitel 2.2. Samma klassindelning m a p regnens varaktighet och medelintensitet har använts som i tabell 2.3. För varje regn har beräknats värden på de dimensionslösa parametrarna t_o och a_o och för varje klass har beräknats medelvärdet av a_o för årets olika månader och för hela året. Resultatet redovisas i tabell 2.3 för hela året.

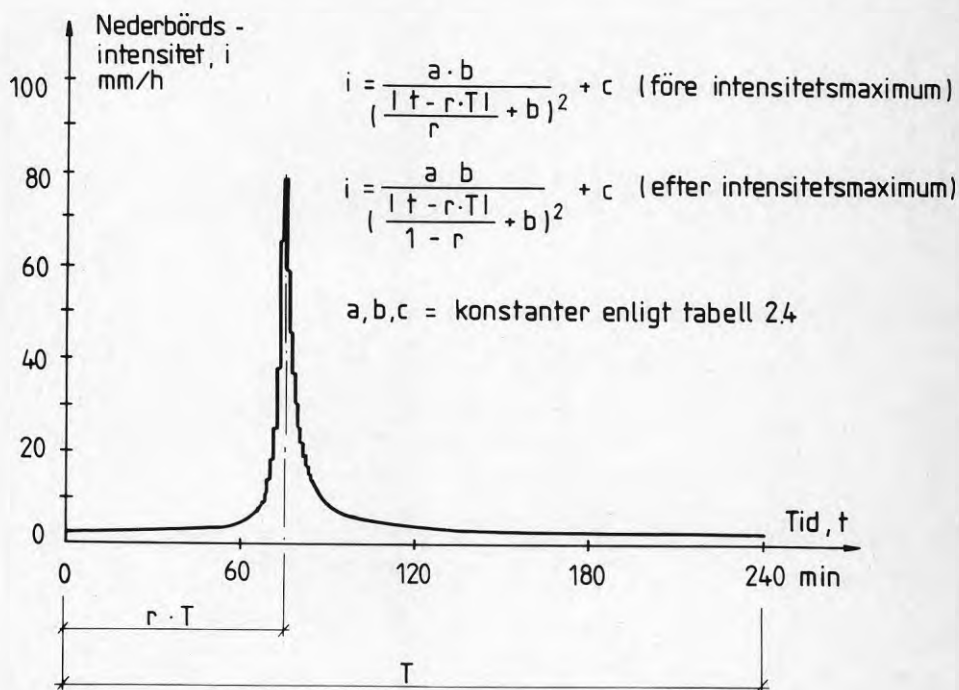
Genom användning av data från tabell 2.3 har modellregn konstruerats för avrinningssimuleringarna. Därefter har en avrinningssimulering utförts för varje klass och resulterande bräddvattenmängder och antal bräddningar har summerats för hela året.

2.4 Modellregn av CDS-typ

CDS-regnet (Chicago Design Storm) kan användas för beräkning av bräddade vattenmängder och dimensionering av magasin för att reducera bräddning. Regnet beskrivs bl a i Arnell (1982).

Den viktigaste egenskapen hos CDS-regnet är att maximala medelintensiteter för olika varaktigheter följer en intensitetsvaraktighetskurva. Det enklaste sättet att konstruera ett sådant regn är att antaga att intensitetsmaximum är lokaliserat i mitten av regnet och fördela regnet symmetriskt runt intensitetsmaximum.

Vid en noggrannare utvärdering av CDS-regnet utgår man antingen direkt från intensitets- varaktighetskurvan eller från kurvans matematiska formel. För enklare formler kan man då härleda matematiska uttryck för hur intensiteten varierar med tiden, se figur 2.3. Läget i tiden på intensitetsmaximum bestäms antingen genom att utvärdera läget inom olika varaktigheter med maximala intensiteter eller genom att bestämma mängden nederbörd som fallit före perioden med maximal intensitet.



Figur 2.3 CDS-regnet. Exempel på modellregn av Chicago-typ.

Den totala varaktigheten på CDS-regnet bestäms av användaren och har i denna studie valts till 4 timmar vilket är den längsta tid som kunnat väljas med hänsyn till de kriterier som använts för utsortering av separata regnhändelser, se kapitel 2.1.

För beräkning av bräddvattenmängder i denna studie har vi utgått från den matematiska formeln för intensitets - varaktighetskurvan:

$$i_m = \frac{a}{T + b} + c \quad \dots(2.6)$$

där i_m = maximal medelintensitet för varaktigheten T

T = varaktighet

a, b, c = konstanter

Värden på konstanterna a, b och c har bestämts ur den 18 år långa nederbördsserien för Lundby, Göteborg, se resultat i tabell 2.4. Konstanterna har bestämts för en återkomsttid av som kortast 1/2 månad.

Tabell 2.4 Värden på konstanter i intensitetsformeln $i_m = a/(T + b) + c$ samt standardavvikelse mellan formelvärderna och uppmätta värden. i_m erhålls i mm/h och T ges i minuter, $5 \text{ min} \leq T \leq 240 \text{ minuter}$. Lundby, Göteborg 1921 - 1939.

Återkomsttid månader	Konstanter			Standardavvikelse mm/h
	a	b	c	
1/2	130	10	1.3	0.18
1	190	8	1.8	0.19
2	260	6	2.4	0.34
4	445	7	2.5	0.34
6	535	7	2.5	0.41
12	725	8	2.5	0.45
24	965	9	2.0	0.51
60	1325	10	1.5	0.66
120	1700	11	0.5	1.02

Återkomsttiden 1/2 månad samt varaktigheten 4 timmar begränsar möjligheterna att göra avrinningsberäkningar och beräkningar av bräddvattenmängder. Maxintensiteten i CDS-regnet för den kortaste återkomsttiden måste vara lägre än eller nära vad som krävs för att bräddning skall inträffa. Likaså får inte intensiteterna i början och slutet av regnet vara högre än att motsvarande flöden passerar magasinet till avskärande ledning utan att magasinering inträffar.

Tillgängliga data medgav inte att kortare återkomsttid än 1/2 månad och att längre varaktigheter än 4 timmar användes utan omfattande bearbetning av nederbördsdata.

Intensitetsmaximums läge i regnet har tidigare bestämts av Arnell (1982). Koefficienten r erhöll värdet 0.35 för återkomsttider från och med 1 år till och med 10 år och värdet 0.43 för återkomsttider mindre än eller lika med 1/2 år.

Vid användning av CDS-regnet i den aktuella studien har den 18 år långa regnserien simulerats med ett antal CDS-regn, se tabell 2.5. Antalet regn som överstiger intensiteten motsvarande en viss återkomsttid har beräknats med en plottningsformel som är anpassad till exponentialfördelningen, se Arnell (1982).

Tabell 2.5 Antal regn under perioden 1921-1939 Lundby, Göteborg.

Återkomsttid månader	Antal regn	Antal regn vid simulering
1/2	432	216.0
1	216	108.0
2	108	53.3
4	54.7	18.0
6	36.7	18.1
12	18.6	9.0
24	9.6	5.5
60	4.1	4.1
Summa		432

3. BESKRIVNING AV ANVÄNDA BERÄKNINGSMODELLER

3.1 Modell för simulering av tillrinning till magasin och bräddavlopp

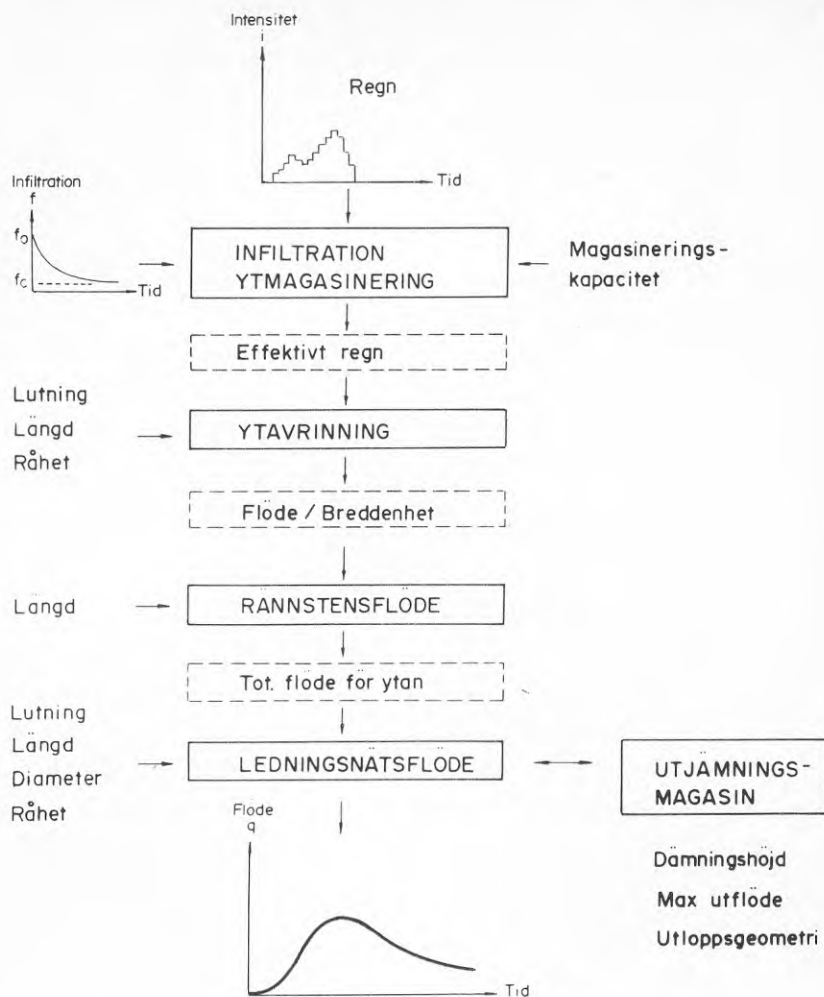
Tillrinningen till magasin och bräddavlopp är uppdelad i dagvatten, spillvatten och dräneringsvatten.

Dagvattentillrinningen till magasinerna har beräknats med en enhetshydrografmetod. Denna metod valdes därför att en kontinuerlig modell erfordrades för beräkningarna av tillrinningen till magasin och bräddavlopp. Beräkningarna har utförts i följande steg.

1. S-hydrografer eller tid-area kurvor har genererats för olika konstanta nederbördsintensiteter med hjälp av den så kallade CTH-modellen. CTH-modellen (se Arnell, 1980) är en metod som enligt kinematisk teori simulerar avrinning från ytor och i ledningar, se figur 3.1. Indata är uppgifter om ytornas och ledningarnas längder, bredder/dimensioner, lutningar och råheter. Modellen har kalibrerats mot uppmätta volymer på nederbörd och avrinning i testområdet och resultatet har verifierats genom jämförelser mellan beräknade och uppmätta maxflöden och mellan beräknade och uppmätta volymer. Jämförelserna visar att maxflöden och volymer beräknade för historiska regn är behäftade med ett medelfel av cirka $\pm 15\%$ och med en standardavvikelse på felen av 15-20%.

Sju S-hydrografer har beräknats för avrinningsområdet för sju olika nederbördsintensiteter, se tabell 3.1.

Vid beräkning av avrinningen för de enskilda historiska regnen och för de olika typregnen har först de enskilda regnens medelintensitet beräknats. Därefter har valts en S-hydrograf, som är genererad med en regnintensitet i närheten av det enskilda regnets medelintensitet, se tabell 3.1. På det sättet har hänsyn tagits till att koncentrationstiden varierar med regnintensiteten.



Figur 3.1 Flödesschema för CTH-modellen.

Johansen (1981) använde sig av ett polynom för att ta hänsyn till varierande koncentrationstid och Lyngfelt (1981) har tagit fram ett regressionsuttryck för samma sak. I föreliggande studie har det ansetts lämpligt att använda CTH-modellen för att generera olika tid-area kurvor eftersom kalibrerade indata fanns klara för området som studerats.

Tabell 3.1 Nederbördsintensiteter använda för generering av S-hydrografer och intensitetsintervall för vilka varje S-hydrograf använts.

Nederbördsintensitet för generering av S- hydrograf mm/h	Intensitetsintervall mm/h
0.36	<0.54
0.72	0.54 - 1.08
1.44	1.08 - 2.16
2.70	2.16 - 3.15
3.60	3.15 - 4.50
5.40	4.50 - 6.30
7.20	>6.30

2. Enhetshydrografer för en regnvaraktighet av en minut har beräknats genom att förskjuta varje S-hydrograf en minut och beräkna skillnaden mellan de två S-hydrograferna. Enhetshydrografen dividerades därefter med den nederbördsintensitet som användes för generering av S-hydrografen.
3. Dagvattentillrinningen till magasinen har därefter beräknats för historiska regn och för de olika typregnen och lagrats på tape med angivande av tidpunkt och flöde för varje punkt på hydrografen.

Spillvattenflödet har valts till 200 l/pe . d och fördelats jämnt över dygnet. Dränvattenflödet antas vara konstant 80 l/pe . d under dygnet.

Dränvattenflödet har antagits vara konstant under året.

Spillvattenflödet och dränvattenflödet till magasinen har simulerats varje gång vid beräkning av bräddvattenmängder och magasinering. Vid beräkning av bräddade spillvattenmängder och dagvattenmängder samt vid beräkning av hur stora mängder av olika vatten som går vidare till avskärande ledning har vattnet antagits vara fullständigt omblandat.

3.2 Modell för simulering av magasin och bräddavlopp

De bräddningsmagasin som används har varit av typ rektangulära lådor av genomströmningstyp, se figur 3.2. Magasinen har ett strypt utlopp i botten till den avskärande ledningen. Vid fullt magasin bräddar vattnet över ett rektangulärt skibord till närmaste recipient. Ett givet basflöde tillåts passera magasinet innan själva magasineringen startar. Detta är motiverat av önskemålet på självrensning av magasinet. Bottenutloppet är konstruerat så att då magasinet är fullt och bräddningen startar så är utflödet genom bottenutloppet till den avskärande ledningen lika med det tillåtna flödet. Det betyder att under själva bräddningen blir utflödet något större än tillåtet. Magasinet antas ej påverka strömningen i ledningssystemet uppströms.

Simulering av magasinering och utflöden genom utlopp i botten och över skibord har utförts med hjälp av ett datorprogram PER-KOLA utvecklad vid Chalmers tekniska högskola, se Sjöberg och Mårtensson (1982). Magasineringen beskrivs med ekvationen:

$$\frac{dM}{dt} = Q_{in} - Q_{ut} \quad \dots(3.1)$$

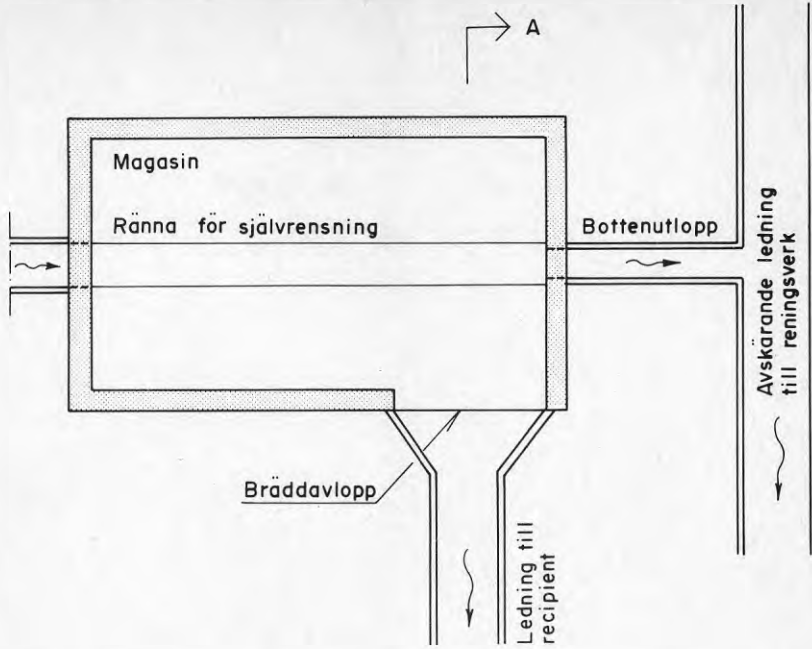
där M = volym vatten i magasinet

Q_{in} = tillflöde till magasinet

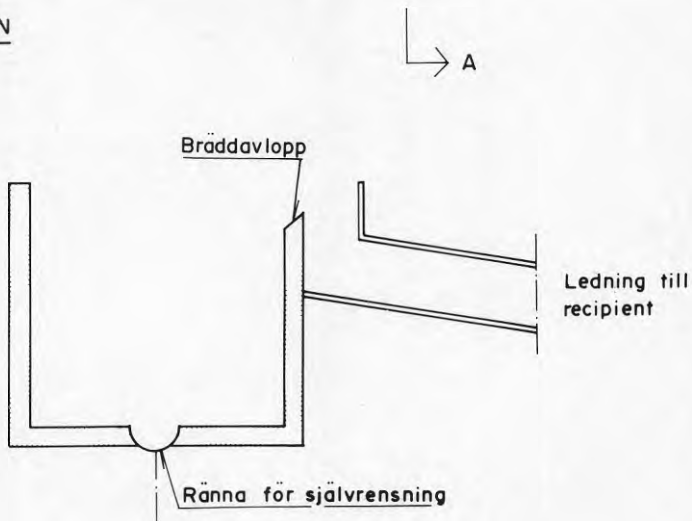
Q_{ut} = utflöde ur magasinet via bottenutlopp och bräddavlopp

Ekvationen (3.1) löses numeriskt med differensschemat.

$$\frac{A_s(H) (H^{j+1} - H^j)}{\Delta t} = \frac{Q_{in}^j + Q_{in}^{j+1}}{2} - \frac{Q_{ut}^j + Q_{ut}^{j+1}}{2} \quad \dots (3.2)$$



PLAN



SNITT A-A

Figur 3.2. Principiellt utseende på studerat utjämningsmagasin och bräddavlopp

där $A_s(H)$ = magasinets horisontella area vid vattenståndet H .

$j, j + 1$ = tidssteg j och $j + 1$.

H = vattennivå över botten i magasinet.

Δt = tidsstegets längd.

Magasinets horisontella area kan ges i diskreta punkter som funktion av nivån över botten. I den här studien har arean valts konstant oberoende av nivån.

Utfloppet varierar med vattennivån i magasinet och ges som diskreta punkter i indata. Detta innebär att godtyckliga avbördningsfunktioner kan användas. I den här studien har utströmningen genom bottenutloppet beräknats med hjälp av ekvationen:

$$Q_{ut}^o = A_o \left(\frac{2g}{1 + k_i} \right)^{1/2} H_o^{1/2} \quad \dots(3.3)$$

där Q_{ut}^o = utflöde genom bottenutloppet.

A_o = utloppshålets area.

k_i = koefficient för beräkning av energiförluster vid utloppshålet.

H_o = vattennivå över utloppshålets mittpunkt.

Q_{in} = medelspillvattenflöde + dränvattenflöde.

Utloppshålets area, A_o , har bestämts så att utfloppet till den avskärande ledningen då bräddningen startar är lika med det maximalt tillåtna. Koefficienten, k_i , har valts till 0,5.

Till utfloppet beräknat med ekvation (3.3) adderas utfloppet då magasineringen startar, se kapitel 3.3 och ekvation (3.5).

Strömningen över bräddskibordet har beräknats med formeln:

$$Q_{ut}^b = \frac{2}{3} \cdot \mu \cdot B \cdot (2g)^{1/2} \cdot H_b^{3/2} \quad \dots (3.4)$$

där Q_{ut}^b = avbördning över bräddskibordet

μ = avbördningskoefficient

B = skibordets bredd

H_b = vattennivå över skibordets kant

Avbördningskoefficienten, μ , har valts till 0.65. Skibordets bredd, B har valts till 2.0 m

Beräkningsmodellen håller reda på volymerna av olika typer av vatten i magasinet, nämligen spillvatten, dagvatten och dräneringsvatten. För de regn som orsakat bräddning har därför skrivits ut regnummer, totalt bräddad volym, bräddad spillvattenmängd, bräddad dagvattenmängd och bräddad dränvattenmängd. Motsvarande mängder som går till avskärande ledning skrivs även ut.

3.3 Beskrivning av testområde och magasin

Ett testområde Bergsjön, har valts för den aktuella studien. Detta område har tidigare använts för studien av nederbördsdata för dimensionering av ledningar (Arnell 1980, 1982) och för studien av dimensionering av magasin för reduktion av maxflöden i ledningssystem (Arnell och Melin, 1984). Områdets storlek, topografi och typ av bebyggelse framgår av tabell 3.2. Fördelen med att välja detta område var att indata redan fanns framtagna för användning i CTH-modellen för generering av tid-area kurvorna. Dessutom kan man jämföra resultaten av olika studier vilket kan vara av värde. Arnell (1980) har beskrivit området mer detaljerat, se även Arnell och Lyngfelt (1975).

Tabell 3.2 Data om Bergsjön

Area (ha)	15.4
Andel karterade täta ytor (%)	38
Typ av bebyggelse	Flerfamiljshus
Topografi	Brant
Antal personekvivalenter	1.800

Indata vid avrinningssimuleringar

Antal ledningar	73
Antal inlopp för dagvatten	47
Storlek på deltagande ytor (ha)	4.01
Andel av totala ytan (%)	26

De indata som har använts i CTH-modellen är samma som användes av Arnell (1980) vid validering av modellen. Den totala storleken på de ytor som bidrager till avrinningen har bestämts genom linjär regressionsanalys av uppmätta regnvolymer och uppmätta avrunna volymer.

Ingen avrinning antas äga rum från permeabla ytor beroende på antingen stor infiltrationskapacitet eller att inga dagvattenbrunnar dränerar dessa ytor. Detta antagande styrks av utförda mätningar. Emellertid bör man förvänta sig avrinning från de permeabla ytorna vid de mest intensiva regnen vilket kan påverka magasinvolymerna och bräddvattenmängder för dessa regn. Detta bör dock inte nämnvärt påverka totalvolymerna bräddat vatten.

Någon påverkan på regnvattenavrinningen från tidigare nederbördstillfällen har inte antagits äga rum eftersom ingen avrinning antas ske från permeabla ytor.

Dräneringsvattenflödet har, som beskrivits i kapitel 3.1, antagits vara 80 l/pe.d. Denna siffra bygger inte på några mätningar utan har valts för att resultaten från olika områden skall vara jämförbara. Mätningar i Bergsjön visade att variationerna under året var betydande men ingen hänsyn har tagits till det i denna studie.

Spillvattenflödet bygger på en uppskattning av antalet personer som bor i området med tillägg för andra verksamheter såsom skolor, daghem m m. Antalet personekvivalenter i Bergsjön har hämtats från Malmqvist (1983). Det totala spillvattenflödet har därefter beräknats genom en multiplicering av antalet pe med medelspillvattenförbrukningen 200 l/pe.d och fördelats jämnt under dygnet.

Vid genomförandet av den här studien har ledningssystemet antagits vara kombinerat med avledning av spillvatten, dagvatten och dränvatten i samma ledningar. I verkligheten är det duplikatsystem med avledning av spillvatten i ett ledningssystem och dagvatten och dränvatten i ett ledningssystem.

Vid utloppet i ledningssystemet är placerat ett utjämningsmagasin av genomströmningstyp, se kapitel 3.2 och figur 3.2. Följande kriterier styr dimensioneringen av ett magasin.

- a) Flödet till den avskärande ledningen är begränsat till ett givet maximalt värde. I den här studien har använts 5 och 20 gånger medelspillvattenflödet, inkl dränvattenflödet, se tabell 3.3 Detta flöde uppnås då bräddningen startar.
- b) Magasineringen startar då tillflödet överstiger ett givet värde beräknat med formeln:

$$Q_{ut}^o = Q_{in}^d + C_d^{max} \cdot C_t^{max} \cdot Q_{in}^s \quad \dots (3.5)$$

Där Q_{in}^d = dränvattenflöde

C_d^{max} = maximidygnsfaktor

C_t^{max} = maximitimfaktor

Q_{in}^s = medelspillvattenflöde

Maximidygnsfaktorer och maximitimfaktorer är givna i tabell 3.3 i vilken även är givet de flöden då magasineringen startar.

- c) Dämningsnivån i magasinet då bräddningen startar är given och i de aktuella fallen vald till 2.5 m. Bräddavloppens bredd är vald till 2.0 m.

Tabell 3.3 Data om utjämningsmagasin och bräddavlopp

Medelspillvattenflöde och dränvattenflöde (l/s)	5.8
$5 \times Q_{in}$ (l/s)	29.2
$20 \times Q_{in}$ (l/s)	116.7
Maximidygnsfaktor	1.7
Maximitimfaktor	2.0
Flöde då magasineringen startar (l/s)	15.8

Med ovanstående kriterier och geometriska begränsningar givna är uppgiften att bestämma ett magasins area så att bräddad mängd under en bestämd tidsperiod ej överstiger önskade värden eller att frekvensen av bräddningar ej är för hög. I den här studien har magasinets area bestämts genom att först göra beräkningar av bräddvattenmängder och bräddfrequenser för olika stora magasin. Resultatet har plottats som funktion av magasinens volym och erforderlig volym kan bestämmas grafiskt ur diagrammen, se kapitel 4.

4 BERÄKNINGAR AV BRÄDDVATTENMÄNGDER VID OLIKA MAGASINSVOLYMER OCH FÖR OLIKA NEDER- BÖRDSDATA

Beräkningar av bräddvattenmängder har gjorts för olika typer av nederbördsdata och för olika stora magasin.

Beräkningarna för de historiska regnen har gjorts för magasinvolymerna 5, 50, 200, 500 och 1000 m³. För varje regn som orsakat bräddning har bräddade vattenmängder och mängder som går till avskärande ledning skrivits ut. Vattenmängderna har summerats för varje månad och för hela 18-års perioden. Antalet bräddningar har beräknats för magasinvolymerna 5 och 200 m³.

För modellregnen av typ blockregn och regnen av triangulär typ har beräkningar av bräddvattenmängder gjorts för magasinvolymerna 5, 20, 50, 100, 200, 500 och 1000 m³. För varje regn som orsakar bräddning har bräddade vattenmängder och vattenmängder som går till avskärande ledning registrerats. Vattenmängderna för varje regn som orsakar bräddning har därefter multiplicerats med antalet regn i varje klass och resultatet summerats för alla klasser för erhållande av totalt bräddade vattenmängder per år. Dessutom har antalet bräddningar summerats.

För CDS-regnen har bräddvattenmängderna beräknats för de olika återkomsttiderna och för varje återkomsttid multiplicerats med antalet regn som motsvarar återkomsttiden, se tabell 2.5. De summerade bräddvattenmängderna har därefter dividerats med 18 år för att erhålla medelvärdet per år.

Beräkningar av bräddvattenmängder för CDS-regnen har bara kunnat utföras för ett flöde av 20 x torrvädersflödet till avskärande ledning då bräddningen startar. Den använda regndefinitionen med minst 4 timmars uppehåll mellan regnen och 4 timmars varaktighet på CDS-regnen medför att regnintensiteten i början och slutet av CDS-regnen är så hög att bräddning startar respektive slutar före och efter regnen för ett maxflöde av 5 x torrvädersflödet till avskärande ledning. Bräddvattenvolymer beräknade för 5 x torrvädersflödet skulle bli underskattade med den använda regndefinitionen.

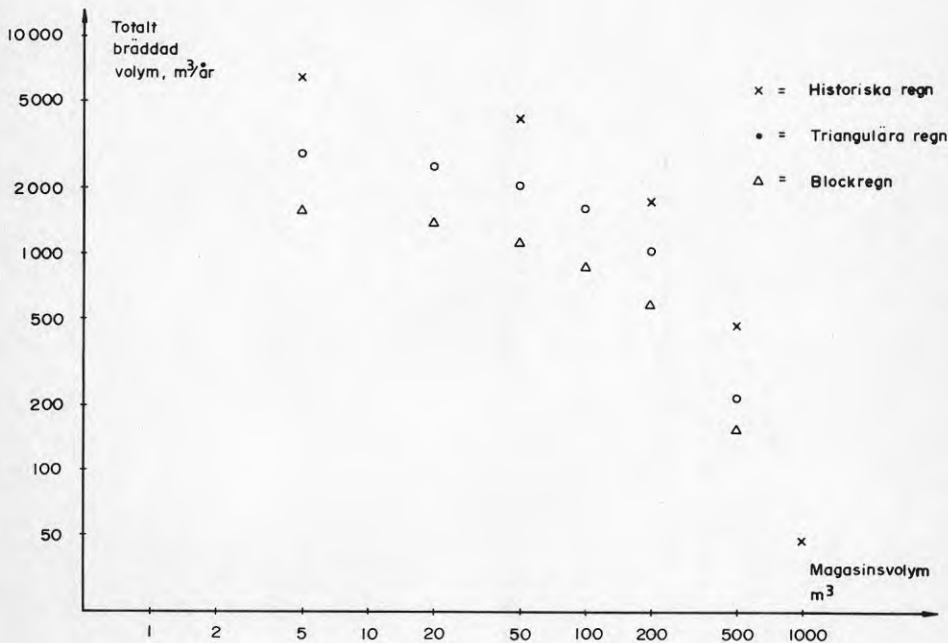
5 RESULTAT

5.1 Inledning

Resultaten av beräkningarna är redovisade i Tabellerna 5.1 och 5.2. Tabellerna redovisar medelvärden per år av totalt bräddade mängder samt bräddade dagvattenmängder, spillvattenmängder och dränvattenmängder för de olika typerna regn och för olika magasinvolym.

Antalet bräddningar är redovisat för samtliga magasinvolym för blockregnen, de triangulära regnen och CDS-regnen. För de historiska regnen är antalet redovisat för cirka hälften av volymerna.

I figurerna 5.1 respektive 5.2 är redovisat beräknade totala bräddvattenmängder respektive beräknade bräddade spillvatten-



Figur 5.1

Beräknade totala bräddvattenmängder för olika magasinstorlekar i Bergsjön. Max tillrinning till avskärande ledning lika med 5 x torrvädersflödet.

Tabell 5.1 Beräknade bräddvattenmängder och bräddfrekvenser för olika regn och olika magasinstorlekar i Bergsjön. Max tillrinning till avskärande ledning lika med 5 x torrvädersflödet. Tabellen redovisar medelvärden i m³ per år samt antalet bräddningar per år.

TYP AV REGN BRÄDDÄT VATTEN	MAGASINSVOLYM (m ³)						
	5	20	50	100	200	500	1000
HISTORISKA							
Totalt	6407		4144		1726	464	48
Dagvatten	5987		3894		1636	435	44
Spillvatten	331		181		66	21	3
Dränvatten	127		69		25	8	1
Antal/år	66.6				9.0		
TRIANGULÄRT							
Totalt	2881	2506	2049	1625	1030	218	0
Dagvatten	2571	2250	1852	1473	934	199	0
Spillvatten	225	185	144	112	70	14	0
Dränvatten	81	71	55	42	27	5	0
Antal/år	50.3	35.2	11.4	9.3	5.4	1.2	0
BLOCKREGN							
Totalt	1554	1384	1125	873	580	156	0
Dagvatten	1374	1226	998	781	524	139	0
Spillvatten	131	115	91	66	40	12	0
Dränvatten	50	44	35	25	15	5	0
Antal/år	18.4	18.4	9.3	6.4	1.8	1.2	0

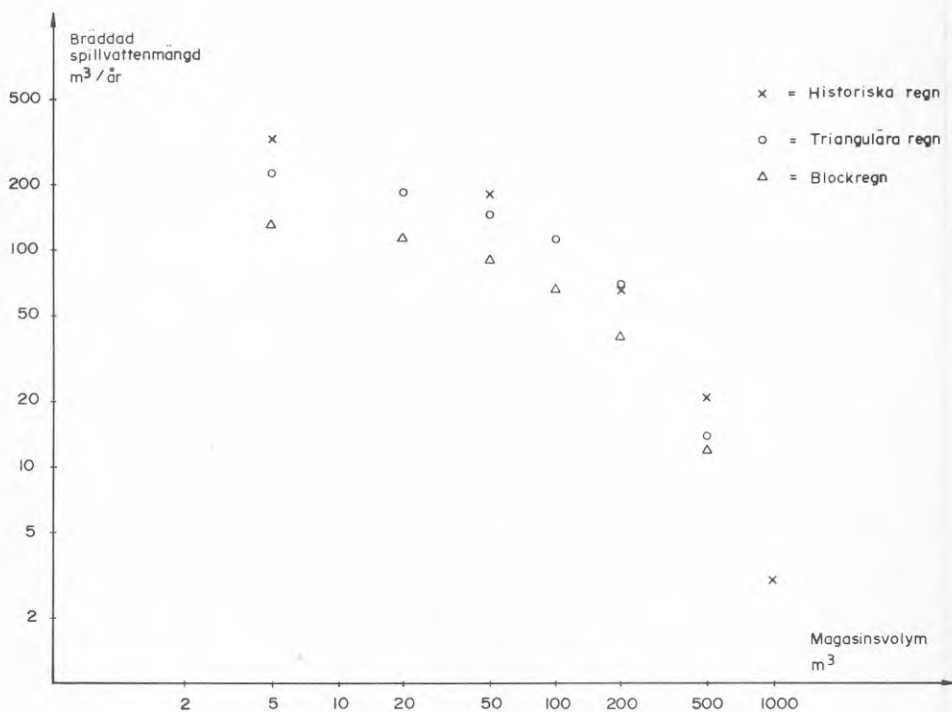
Tabell 5.2 Beräknade bräddvattenmängder och bräddfrekvenser för olika regn och olika magasinstorlekar i Bergsjön. Max tillrinning till avskärande ledning lika med 20 x torrvädersflödet. Tabellen redovisar medelvärden i m³ per år samt antal bräddningar per år.

TYP AV REGN BRÄDDAT VATTEN	MAGASINSVOLYM (m ³)				
	0	5	50	200	1000
HISTORISKA					
Totalt	605	594	421	170	27
Dagvatten	594	577	413	167	26
Spillvatten	9.1	8.6	5.2	1.8	0.3
Dränvatten	3.5	3.3	2.0	0.7	0.1
Antal/år		14.1	7.1	2.2	
CDS-REGN					
Totalt	415	410	298	101	9.3
Dagvatten	407	401	293	99	9.0
Spillvatten	6.0	5.8	3.6	1.1	0.2
Dränvatten	2.3	2.2	1.3	0.4	0.1
Antal/år	12	12	6	2	0.2

mängder för de olika regnen och olika magasinsvolymer. Maximal avledning till avskärande ledning är lika med 5 x torrvädersflödet då bräddningen startar. I figurerna 5.3 och 5.4 redovisas motsvarande jämförelser för 20 x torrvädersflödet.

Beräknade bräddvattenmängder för olika regn har jämförts med beräknade bräddvattenmängder för de historiska regnen. Användning av de historiska regnen ger de bästa beräkningarna av bräddvattenmängder.

En annan bättre referensnivå hade varit en lång serie uppmätta värden på bräddade vattenmängder kopplat till utjämningsmagasin. Någon sådan serie existerar inte.

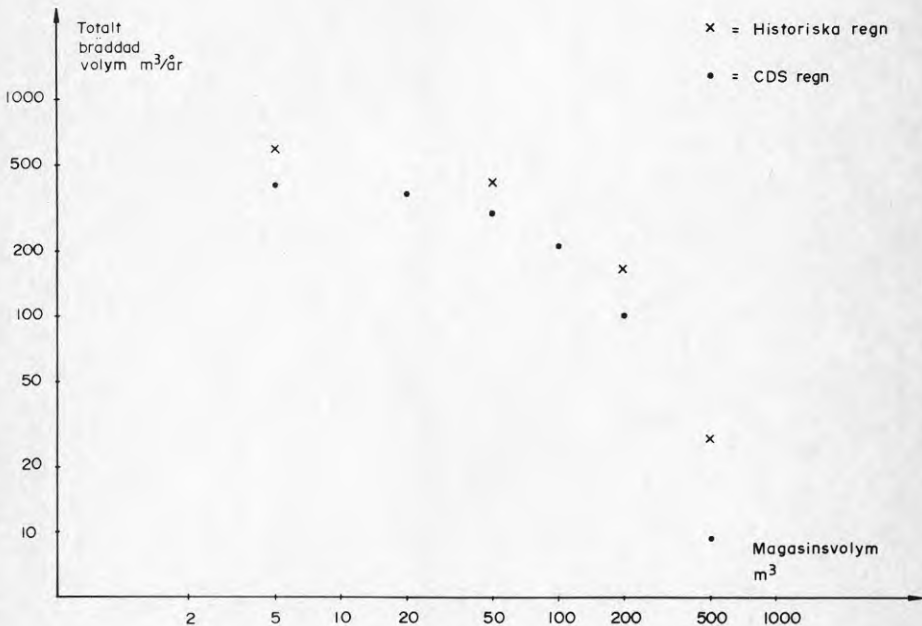


Figur 5.2 Beräknade bräddade spillvattenmängder för olika magasinstorlekar i Bergsjön. Max tillrinning till avskärande ledning lika med 5 x torrvädersflödet.

Att beräkna bräddvattenmängder är förenat med en rad svårigheter och osäkerheter. Dit hör svårigheter med modellering av ytavrinning, flöde i ledningsnäten samt hydrauliken i bräddavloppen och utjämningsmagasinen. Exempel på osäkerheter är nederbördsdatas representativitet och mätfel samt osäkerheter i olika indata vid modelleringen. Ett speciellt problem utgör torrvädersflödets variationer både under dygnet och under året. Basvattenföringen (dräneringsvatten och annat inläckande vatten) varierar med årstid, nederbörd och grundvattennivå. Under snösmältningsperioder kan stora flöden förekomma under långa perioder.

Det är mycket värdefullt om indata för beräkningarna kan kalibreras mot mätningar av flöden och bräddvattenmängder åtminstone för en kort period.

Totalt bedöms osäkerheten i beräknade bräddvattenmängder vara 20-30% även om mätningar utförts.



Figur 5.3

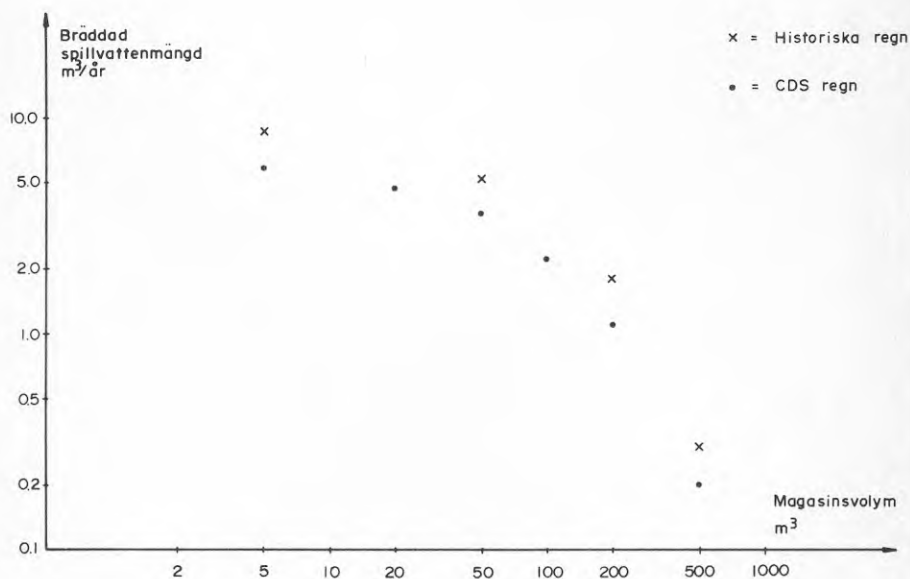
Beräknade totala bräddvattenmängder för olika magasinstorlekar i Bergsjön. Max tillrinning till avskärande ledning lika med 20 x torrvädersflödet.

5.2 Resultat av användning av blockregn

För ett maxflöde av 5 x torrvädersflödet till avskärande ledning resulterade användningen av blockregnen i totalt bräddade mängder av 25-35% av totalmängderna för de historiska regnen. Det lägre värdet erhöles för små magasin och det högre värdet för magasin med en volym av 200 m³ eller större. Bräddade spillvattenmängder för blockregnen är 40-60% av mängderna för de historiska regnen.

För ett maxflöde av 20 x torrvädersflödet till avskärande ledning erhöles ingen bräddning alls vid användning av blockregnen. Orsaken till detta är att medelintensiteterna för blockregnen är så låga att flödena blir för små för att bräddning skall inträffa.

Om de historiska regnen, som ligger till grund för blockregnen, definieras med kortare uppehåll mellan regnen så ökar blockregnens medelintensitet. Detta leder till ökade bräddvattenmängder.



Figur 5.4

Beräknade bräddade spillvattenmängder för olika magasinstorlekar i Bergsjön. Max tillrinning till avskärande ledning lika med 20 x torrvädersflödet.

Emellertid är det svårt att bestämma ett lämpligt regnuppehåll för definition av regnen, eftersom det bör variera bl a med avrinningsområdets storlek.

En annan svårighet med blockregnen är att fastställa gränserna för regnens indelning i intensitetsklasser och varaktighetsklasser. Resultatet är mycket känsligt m a p intensitetsklasserna då intensiteten ligger nära den intensitet för vilken bräddning inträffar.

Slutsatsen beträffande användning av blockregn är att de inte är lämpliga att använda för beräkning av bräddvattenmängder eller dimensionering av magasin för att reducera bräddvattenmängderna.

5.3 Resultat av användning av triangulära regn

Användningen av de triangulära regnen resulterade i totalt bräddade mängder av 45-60% av totalmängderna för de historiska regnen för ett maxflöde av 5 x torrvädersflödet till avskärande ledning. Bräddade spillvattenmängder för de triangulära regnen blev 70-105% av spillvattenmängderna för de historiska regnen med de högre värdena för magasinvolymerna av 50-200 m³.

För ett maxflöde av 20 x torrvädersflödet till avskärande ledning erhöles bräddning för endast ett av de triangulära regnen. Resultatet är inte redovisat i tabellen.

Orsakerna till de för små bräddningarna för de triangulära regnen är samma som för blockregnen. Även de är känsliga för definition av regnuppehållets längd, men de är mindre känsliga för definition av intensitetsklasser och varaktighetsklasser än blockregnen.

Slutsatsen beträffande användning av de triangulära regnen är att de är bättre än blockregnen, men att de resulterar i stora underskattningar av totalt bräddade mängder. Bräddade spillvattenmängder uppskattas bättre för ett flöde av 5 x torrvädersflödet till avskärande ledning. För 20 x torrvädesflödet underskattas alla bräddvattenmängder. En annan regndefinition skulle sannolikt

förbättra resultaten för de triangulära regnen. Sammantaget avråds från användningen av de triangulära regnen för beräkning av bräddvattenmängder och dimensionering av magasin.

5.4 Resultat av användning av CDS-regn

CDS-regnen har använts för beräkning av bräddvattenmängder för ett maxflöde till avskärande ledning av 20 x torrvädersflödet enbart. Totalt bräddade mängder blev cirka 70% av totalt bräddade mängder för de historiska regnen. Bräddade spillvattenmängder utgör 65-70% av motsvarande mängder för de historiska regnen.

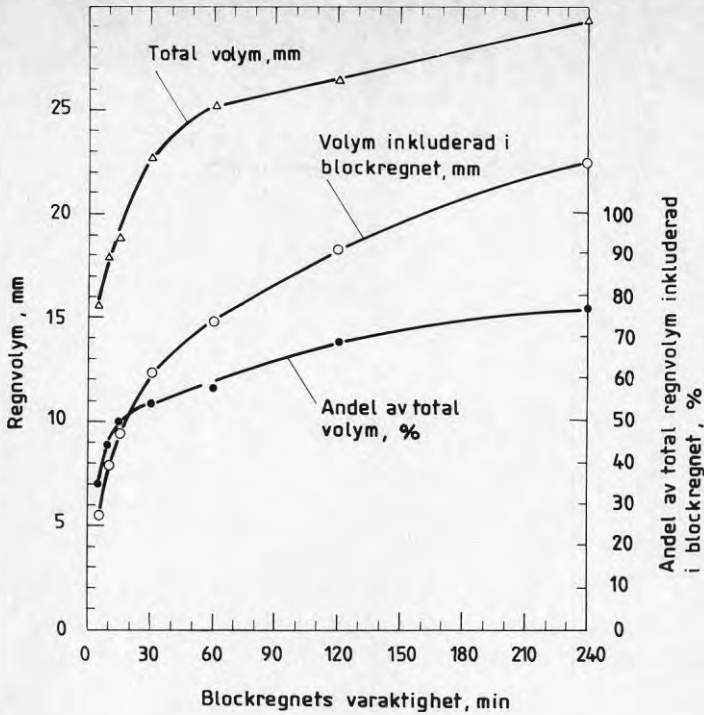
De mindre mängderna för CDS-regnen beror på att dessa är utvecklade ur intensitets- och varaktighetskurvorna. Vid utveckling av dessa kurvor gör man en statistisk bearbetning av maximala medelintensiteter för olika varaktigheter för enskilda historiska regn. Regn före och efter de bearbetade varaktigheterna beaktas ej vid utvärderingen och kommer ej med i intensitets- varaktighetskurvorna och CDS-regnen.

En detaljerad beskrivning av egenskaperna hos intensitets- varaktighetskurvor är redovisade av Arnell (1982).

Avrinningssimuleringar och bräddningsberäkningar med CDS-regnen medför således att avrunna mängder totalt sett blir för små och bräddningar som inträffar för regnintensitetstoppar före och efter regnets mest intensiva del kommer aldrig med i beräkningen av bräddvattenvolymer. CDS-regnen bör således ge för små bräddvattenmängder.

De erhållna bräddvattenmängderna för CDS-regnen på 70% av mängderna för de historiska regnen stämmer överens med blockregnets volyms andel av de historiska regnens volym, se figur 5.5.

En annan faktor som påverkar beräkningarna av bräddvattenmängder för CDS-regnen är att olika punkter på en intensitets-varaktighetskurva kan komma från olika historiska regn genom att varje varaktighet bearbetas separat vid utveckling av kurvorna. Det-



Figur 5.5

Blockregnets volym i förhållande till de historiska regnens totala volym som funktion av blockregnets varaktighet. Medelvärden för regn med en återkomsttid längre än 1/2 år. Data från Lundby, Göteborg 1921-1939. Arnell (1982)

ta betyder att återkomsttiden för en hel intensitets-varaktighetskurva är längre än återkomsttiden för enstaka punkter på kurvan.

Arnell (1982) utvärderade intensitets-varaktighetskurvor för Lundby, Göteborg för 18-års perioden 1921-1939. Utvärderingen gjordes för varaktigheterna 5, 10, ..., 60, 70, ..., 120, 140, ..., 220 och 240 minuter, och maximala medelintensiteter rangordnades i fallande storleksordning för varje varaktighet för sig. En utsortering av de 54 mest intensiva regnen motsvarande återkomsttiden 4 månader för varje varaktighet resulterade i 110 historiska regn. Detta visar att antalet regn (motsvarande en viss återkomsttid) som används vid beräkningar av bräddvattenmängder med CDS-regnen är för litet, vilket medför för små bräddvattenmängder.

Stockholms va-verk (1983) samt Bennerstedt och Larsson (1984) har jämfört användningen av CDS-regn med användningen av historiska regn för beräkning av sambandet mellan bräddade vattenmängder och bräddfrequenser.

Användningen av CDS-regnen gav en liten underskattning av bräddade vattenmängder. Hogland m fl (1983) erhöll vid en studie i Malmö avsevärt mindre bräddvattenvolymer med CDS-regnen jämfört med kontinuerlig simulering med historiska regn.

Slutsatsen beträffande CDS-regnen är att för små bräddvattenmängder erhålls då de används. Om CDS-regnen ändå används bör beräknade bräddvattenmängder ökas för att kompensera för underskattningarna.

5.5 Bräddfrequenser

Beträffande antalet bräddningar resulterade användningen av blockregnen i cirka 1/4 av medelantalet per år för de historiska regnen

Antalet bräddningar för de triangulära regnen blev cirka 60-70% av medelantalet per år för de historiska regnen.

Antalet bräddningar per år för CDS-regnen blev 85-90% av antalet för de historiska regnen.

Antalet bräddningar är en tveksam parameter att använda för bedömning av bräddförhållanden eftersom resultatet är starkt beroende av hur en bräddning definieras. Till exempel är flera små bräddningar under ett och samma regntillfälle en bräddning eller flera bräddningar? Därför måste alltid en definition av vad en bräddning är anges då antalet bräddningar beräknas.

6 SLUTSATSER OCH REKOMMENDATIONER FÖR PRAKTISKA TILLÄMPNINGAR

Bra beräkningar av totalt bräddade avloppsvattenmängder, spillvattenmängder, dagvattenmängder och dränvattenmängder kan bara utföras med historiska regndata. Detta gäller även dimensionering av utjämningsmagasin avsedda att reducera bräddade avloppsvattenmängder.

Kontinuerliga nederbördsintensitetsmätningar behöver snarast startas på ett antal platser i landet för att erforderliga historiska nederbördsdata skall bli tillgängliga på sikt. Detta förbättrar även underlaget för dimensionering och analys av avloppsledning.

Användning av CDS-regnen för beräkning av bräddvattenmängder ger en underskattning av mängderna. Om de används bör beräknade bräddvattenmängder ökas för att kompensera för underskattningarna. Storleken på ökningen befanns i denna studie vara 40-45% men underlaget är för litet för att någon generellt giltig procentsats skall kunna anges.

Användning av CDS-regnen ger endast en liten underskattning av antalet bräddningar.

Vid beräkning och rapportering av antal bräddningar bör alltid definitionen av en bräddning anges.

Blockregn och triangulära regn bör inte användas för beräkning av bräddvattenmängder då de kan ge stora underskattningar. Om de ändå skall användas måste en jämförelse av bräddvattenmängderna för historiska regn göras och en lämplig regndefinition bestämmas.

LITTERATURFÖRTECKNING

Arnell, V, 1980, Description and Validation of the CTH-Urban Runoff Model. Chalmers University of Technology, Department of Hydraulics, Report series A:5, Göteborg.

Arnell V, 1982, Rainfall Data for the Design of Sewer Pipe Systems. Chalmers University of Technology, Department of Hydraulics, Report Series A:8, Göteborg.

Arnell V, Asp T, 1979, Beräkning av bräddvattenmängder, Nederbördens varaktighet och mängd vid Lundby i Göteborg 1921-1939. Chalmers Tekniska Högskola, Geohydrologiska forskningsgruppen, Meddelande nr 44, Göteborg.

Arnell V, Lyngfelt S, 1975, Nederbörds- avrinningsmätningar i Bergsjön, Göteborg 1973-1974. Chalmers Tekniska Högskola, Geohydrologiska forskningsgruppen Meddelande nr 13, Göteborg.

Arnell V, Strandner H, Svensson G, 1980, Dagvattnets mängd och beskaffenhet i stadsdelen Ryd i Linköping 1976-1977. Chalmers Tekniska Högskola, Geohydrologiska forskningsgruppen, Meddelande nr 48, Göteborg.

Arnell V, Melin H, 1984, Rainfall Data for the Design of Sewer Detention Basins. Chalmers University of Technology, Urban Geohydrology Research Group, Report nr 76, Göteborg.

Bennerstedt K, Larsson J, 1984, Storage of Storm Water and Combined Sewer Overflow. Proceedings of the Third International Conference on Urban Storm Drainage, June 4-8, 1984, Göteborg, Sweden, Göteborg.

Bergström T, 1976, Utjämningsmagasin i avloppsnät. Synpunkter på principutformning, användning och dimensionering. VAV. Svenska vatten- och avloppsverksföreningen, publikation VAV P31, Stockholm.

Berlamont J, Langenhove G V, 1981, Diversion Frequency in Combined Sewer Systems. Proceedings of the Second International Conference on Urban Storm Drainage, June 14-19, 1981, Urbana, Illinois, USA.

Dahlström B, 1979, Regional fördelning av nederbördsintensitet - en klimatologisk analys. Statens råd för byggnadsforskning, Rapport R18:1979, Stockholm.

Feldman A D, Abbot J W, 1974, Use of the Computer Program "Storm" for Analysis of the Quantity and Quality of Urban Storm Water Runoff. National Symposium on Urban Rainfall and Runoff and Sediment Control, University of Kentucky, july 29-31 1974, Lexington, Kentucky, USA.

Göteborgs Vatten- och Avloppsverk, 1984, Åtgärdsplan avlopp, Göteborg.

Hogland W, Niemczynowicz J, 1980, Kvantitativ och kvalitativ vattenomsättningsbudget för Lunds tätort, Kompletterande mätningar och metodik. Institutionen för teknisk vattenresurslära, Lunds Tekniska Högskola, Rapport 3038, Lund.

Hogland W, Berndtsson R, Larsson M, 1983, Bräddning i Malmö - årliga bräddvattenvolymer och föroreningsmängder samt förslag till bräddningsreducerande åtgärder. Institutionen för teknisk vattenresurslära, Lunds Tekniska Högskola, Rapport 3079, Lund.

Johansen N B, 1981, Method for Computation of Overflow Volumes and Load of Pollutants. Nordic Seminar on Pollutants in Storm Water. The Technical University of Norway, august 24-25, 1981 Trondheim.

Johansen N B, 1985, Discharge to Receiving Waters from Sewer Systems during Rain. Technical University of Denmark, Department of Environmental Engineering, Lyngby.

Johansen N B, Harremoes P, Jensen M, 1984, Methods for Calculation of Annual and Extreme Overflow Events from Combined Sewer Systems. Water Science and Technology, Vol 16, No 8/9.

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, Valg av modellregn. Prosjektkomiteen for rensing av avloppsvann, pra 6, Oslo.

Lindholm O, 1976, Nedborforhold - Overlopsmengder - Fordrojning. Vann 4.

Lyngfelt S, 1981, Dimensionering av dagvattensystem. Rationella metoden. Chalmers Tekniska Högskola, Geohydrologiska forskningsgruppen, Meddelande nr 56, Göteborg.

Malmqvist P-A, 1983, Urban Stormwater Pollutant Sources. An Analysis of Inflows and Outflows of Nitrogen, Phosphorus, Lead, Zinc, and Copper in Urban Areas. Chalmers University of Technology, Department of Sanitary Engineering, Göteborg.

Sjöberg A, Mårtensson N, 1982, Regnenveloppmetoden. En analys av metodens tillämplighet för dimensionering av ett 2-års perkolationsmagasin. Chalmers Tekniska Högskola, Geohydrologiska forskningsgruppen, Meddelande nr 64, Göteborg.

Stockholms Va-verk, 1983, Stockholms avloppssystem. Plan 1983. Stockholm.

Svensson G, Øren K, 1979, Planeringsmodeller för avloppssystem. Niva-modellen tillämpad på Torslanda avrinningsområde. Chalmers Tekniska Högskola, Geohydrologiska forskningsgruppen, Meddelande nr 41, Göteborg.

Wada Y, Sueishi T, 1981, Effect of Decreasing Total Pollution Loads with Retention Tank. Proceedings of the Second International Conference on Urban Storm Drainage, June 14-19, 1981, Urbana, Illinois, USA.

Yen B C, Chow V T, 1980, Design Hyetographs for Small Drainage Structures. Journal of the Hydraulics Div, ASCE, Vol 106, No HY6, pp 1055-1076.

Øren K, Sirum J, 1978, Bruk av modellregn ved planlegging av avloppssystem. Norsk institutt for vannforskning, NIVA C4-20, Oslo.

**Denna rapport hänför sig till forskningsanslag 820238-0
från Statens råd för byggnadsforskning till VIAK AB,
Linköping.**

R88: 1987

ISBN 91-540-4792-7

Statens råd för byggnadsforskning, Stockholm

Art.nr: 6707088

**Abonnemangsgrupp:
V. Anläggningsteknik**

**Distribution:
Svensk Byggtjänst, Box 7853
103 99 Stockholm**

Cirka pris: 36 kr exkl moms