

Institutionen för vattenbyggnad
Chalmers Tekniska Högskola

Department of Hydraulics
Chalmers University of Technology

Simulering av dagvattenavrinningen i två bostadsområden i Linköping med en datormodell

Ingrid Hægerström
Henriette Melin
Majlis Ryberg

Examensarbete
1976 : 1

Göteborg
1977



Institutionen för vattenbyggnad
Chalmers Tekniska Högskola

Department of Hydraulics
Chalmers University of Technology

Simulering av dagvattenavrinningen i två bostadsområden i Linköping med en datormodell

Ingrid Hægerström
Henriette Melin
Majlis Ryberg

Examensarbete
1976 : 1

Göteborg
1977

INNEHÅLL		Sid.
SAMMANFATTNING		1
1	SYFTE OCH MÅLSÄTTNING	4
1.1	Forskningsprojektets organisation, målsättning och verksamhet	4
1.2	Examensarbetets syfte och målsättning	5
1.3	Uppläggning av examensarbetet	5
2	OMRÅDESBESKRIVNING	7
2.1	Läge och topografi	7
2.2	Geologi	7
2.3	Områdesbeskrivning	10
3	MÄTUTRUSTNING	16
3.1	Nederbördsmätning	16
3.2	Flödesbestämning	19
4	DATORMODELL OCH INDATA	22
4.1	Modellstruktur	22
4.2	Beräkningsgång	23
4.3	Beräkningsmodellens delprocesser	23
4.4	Modellens begränsningar	26
4.5	Indata till modellen	27
4.6	Hur påverkar felaktigheter och approximationer i indata resultatet?	32
5	RESULTAT	34
5.1	Område 2 - Villaområdet	34
5.2	Område 3 - Hyreshusområdet	36
6	REFERENSER	39
BILAGOR		40
1.	Simulerade och uppmätta hydrografer.	40
2.	Jämförelser mellan uppmätta och simulerade maxflöden och avrinningsvolymer.	50
3.	Ritningar.	53

SAMMANFATTNING

Vid Institutionen för vattenbyggnad på Chalmers tekniska högskola pågår ett forskningsprojekt, start 1972, med målsättning att förbättra underlaget för dimensionering av dagvattenledningar. Projektet genomförs bl a tillsammans med VA-verket i Göteborg, Tekniska Verken i Linköping och med anslag från Statens råd för byggnadsforskning.

Forskningsgruppens målsättning är att studera dagvattenavrinning inom urbana områden och att utveckla en beräkningsmodell för dimensionering av ledningssystem.

Beräkningsmodellen testas genom att jämföra uppmätta flöden från enstaka häftiga regn med simulerade flöden.

För att kunna få ett tillräckligt stort underlag för att testa beräkningsmodellen behövs värden på nederbörd och avrinning från flera olika områden.

I vårt examensarbete, som är ett delprojekt till forskningsprojektet, har vi studerat två områden med olika karaktär i Linköping.

De områden som studerats ligger i Ryd, ca 3,5 km väster om Linköpings centrum. Områdena är bågge relativt flacka. De jordarter som dominerar är lera, morän och sand.

Det ena området är huvudsakligen bebyggt med villor. Områdets totala yta är 18,5 ha och ca 34% härav utgörs av impermeabla ytor.

Det andra området är bebyggt med 2-vånings flerfamiljshus. Området är 3,5 ha stort och andelen impermeabla ytor är ca 57%.

För att få värden till indata till beräkningsmodellen har vi karterat områdena med avseende på bl a taklutning, marklutning, yttyper, vattendelare.

Regnvärden erhöles från en regnmätare i området. Övriga värden, ytmagasineringskoefficienten och Mannings tal har hämtats ur litteraturen.

Resultaten av datorkörningarna visar för det största området god överensstämmelse mellan beräknade och uppmätta flöden och relativt god mellan beräknade och uppmätta volymer. De beräknade värdena för volymerna och flödena ligger högre än de uppmätta.

Resultaten för det lilla området visar sämre överensstämmelse mellan uppmätta och beräknade flöden. Detta beror bl a på att regnmätaren för lilla området inte fungerade, utan vi fick använda det stora områdets mätvärden. Avståndet från området till mätaren blev däri-genom ca 1 km. Vid lokala nederbörder kan regnmängden variera avsevärt inom ett område. På lilla området är ca hälften av taken täckta av singel vilket också kan ha inverkat på resultaten.



Dagvattennät som inte dimensionerats med CTH-metoden.

1 SYFTE OCH MÅLSÄTTNING

1.1 Forskningsprojektets organisation, målsättning och verksamhet

Organisation

Vårt examensarbete, som utförs på Institutionen för Vattenbyggnad på Chalmers tekniska högskola, ingår i ett större forskningsprojekt som startade 1972. Projektet genomförs bl a tillsammans med VA-verket i Göteborg, Tekniska Verken i Linköping och med anslag från Statens råd för byggnadsforskning, se Arnell, Lyngfelt (1975).

Målsättning

Forskningsgruppens målsättning är att studera dagvattenavrinning inom urbana områden samt att utveckla en beräkningsmodell för dimensionering av ledningssystem. Därigenom hoppas man uppnå en mer noggrann beräkning av dagvattenflöden, vilket innebär att ledningsdimensionerna kan bestämmas noggrannare och kostnadsbesparingar kan eventuellt göras.

Verksamhet

Beräkningsmodellen testas genom att jämföra simulerade flöden med uppmätta värden från enstaka häftiga regn. För att kunna göra detta behövs värden för nederbörd och avrinning från flera olika områden.

Genom samarbete med kommuner och andra forskare får man tillgång till de olika data som behövs, se Arnell, Lyngfelt (1975).

1.2 Examensarbetets syfte och målsättning

Vårt examensarbete, som är ett delprojekt till forskningsprojektet, skall förbättra underlaget för dimensionering av dagvattenledningar.

Vi har studerat två områden med olika karaktär i Linköping och jämfört de simulerade flödena från beräkningsmodellen med uppmätta flöden. Ett tiotal olika regn har studerats för de två områdena i Linköping.

Examensarbetet, som utförts på Institutionen för Vattenbyggnad på Chalmers tekniska högskola, har bedrivits i samarbete med Tekniska Verken i Linköping. Handledare har varit Viktor Arnell på Institutionen för Vattenbyggnad, Chalmers.

1.3 Uppläggning av examensarbetet

För att få indata till beräkningsmodellen behövde vi vissa uppgifter om de två områdena i Ryd. Fältarbetet i Linköping skedde i juli 1976. Fältarbetet bestod i att kartera de två områdena med avseende på

- marklutningar
- taklutningar
- rännstensbrunnar
- nedstigningsbrunnar
- vattendelare
- yttyper
- detaljer

Grundkartor användes som utgångspunkt för vårt fältarbete. På basis av våra karteringar och grundkartor iordningställdes kartor skala 1:1 000 och 1:400 med ledningsdimensioner, lutningar, ytstorlekar och yttyper för de bägge områdena i Ryd. Dessa kartor tjänade som under-

lag för våra indata.

Med hjälp av ytterligare uppgifter ur litteraturen och från Geologiska institutionen på Chalmers matade vi in våra indata i programmet. De regn från Linköping som vi var intresserade av att studera matades också in och datorprogrammet kördes.

Resultaten, flödena, som erhöles från beräkningsmodellen utvärderades genom att göra en jämförelse mellan dessa och uppmätta flöden.

2 OMRÅDESBESKRIVNING

2.1 Läge och topografi

De två undersökta områdena är belägna i norra delen av stadsdelen Ryd, ca 3,5 km väster om Linköpings centrum. Ryd har en jämn och flack topografi, men mindre morän- och bergsryggar sticker upp här och var. Två svagt utbildade dalgångar sträcker sig åt NNV resp NV från Rydområdet. Ryd utbreder sig inom höjdintervallet 65-80 m ö h och alltså under högsta kustlinjen (HK) som i Linköpingstrakten ligger ca 135 m ö h. Eriksson, L (1977).

2.2 Geologi, se figur 2.1

Berggrunden inom Ryd utgörs av smålandsgranit. Berg i dagen förekommer sparsamt och då i anslutning till morän- och isälvsavlagringar.

Jordarterna i Ryds norra del domineras av lera och morän. Även en del svallsandavlagringar förekommer i anslutning till moränen.

Område 2 - Villaområdet

Östra delen av området genomkorsas av en mindre dalgång i NNV-lig riktning. I denna dalgång förekommer lera med en mäktighet av 5-10 m, under denna finns grovsediment om minst 2 m tjocklek.

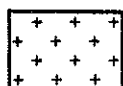
Västra delen är belägen högre än den östra. Jordarten domineras här av morän och sand med en del berg i dagen.

Område 3 - Hyreshusområdet

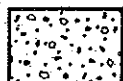
Området är beläget i en mindre dalsänka. Bland jordarterna dominerar lera till ringa djup, dvs 0-5 m. Området flankeras av morän. Eriksson, L (1977).

JORDARTER

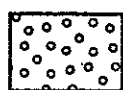
BETECKNINGAR:



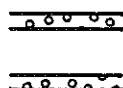
Berg i dagen
eller på ringa djup (mindre än 0,5 m)



Morän



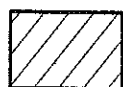
Sand, grovmo, finmo



Grovsediment, minst 2 m mäktigt
under finsediment



Grovsediment, minst 0,5 m mäktigt, som har konstaterats
eller kan antagas underlagras av finsediment

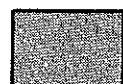


Lagerföljden består av
både lera och silt

Lera



0 - 5 m



5 - 10 m



> 10 m



Torv < 1 m



Fyllning

Figur 2.1

200 m

LINKÖPING, RYD

INGENJÖRSGEOLOGISK KARTA



2.3 Områdesbeskrivning

Område 2 - Villaområdet

Avrinningsområdet gränsar i norr till en större gräsyta, i söder till Rydsvägen, i väster till Glyttingevägen och i öster till ett större skogsområde, Rydskogen. Hela området är ca 18,5 ha stort. Andelen impermeabla ytor är 34% och andelen permeabla ytor 66%.

Fördelningen mellan de olika ytorna är:

Impermeabla	Asfalt	3,3 ha
	Tak	3,0 ha
Permeabla	Naturmark	3,3 ha
	Gräsytor	8,9 ha

Bebyggelsen består huvudsakligen av villor byggda i början av 70-talet. Östra delen av området, dalsänkan, är bebyggd med 59 likartade kedjehus. Husen är byggda i 1 1/2 plan med taklutning 45°. Alla tak är kopplade till dagvattenssystemet.

Vegetationen i kedjehusområdet består mestadels av gräsytor samt en del buskar. Uppvuxna träd saknas nästan helt.

Centralt genom kedjehusområdet går Hedbornsgatan och vinkelrätt denna de olika entrégatorna. Alla asfaltytor är i gott skick och väl avgränsade med kantsten.

I området finns en grundskola, Björnkärrsskolan, samt ett daghem. Skolgården är till större delen asfalterad, men en del buskage och gräsmattor förekommer.



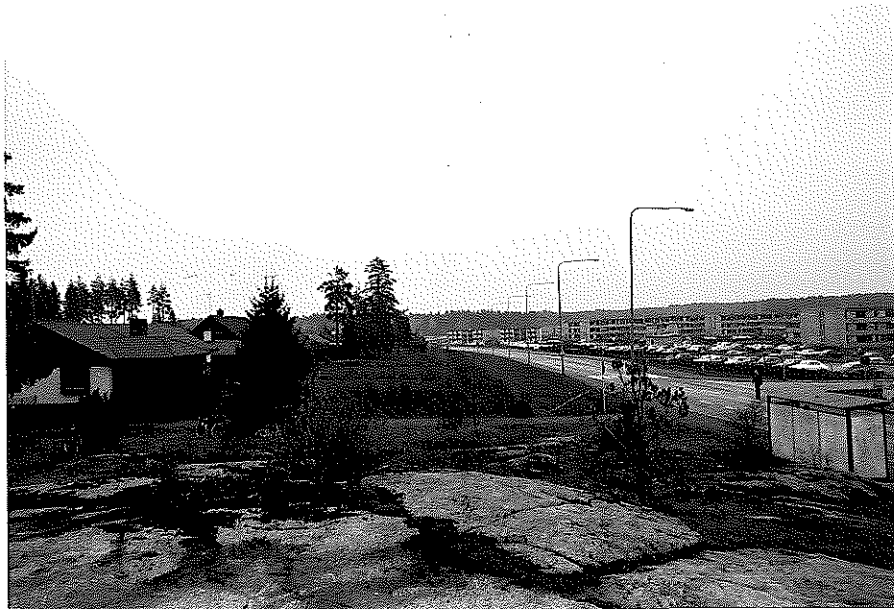
Friliggande villor

Västra delen av området ligger högre än de andra. Bebyggelsen består av friliggande villor, en-plans och 1/1/2 plans, med taklutningar 3-45°. Alla tak, även på de friliggande garage som finns, är kopplade till dagvattensystemet.

Alla gator i området, samt de flesta garageuppfarter är väl avgränsade med kantsten.

I området finns två större grönområden bevuxna med äldre blandskog. De enskilda tomterna saknar uppvuxna träd.

Område 2 genomkorsas av ett antal asfalterade gångvägar. Dessa saknar kantsten.



Villaområdet: kedjehusområdet, Rydsvägen, skolan.

Ledningsnätstandard

Ledningssystemet är separerat och antas vara i god kondition. Uppsamlingsledningen för området går mot norr till Stångån. Dimensionen på denna ledning är 800 mm. Dimensioner inom området varierar mellan 225-800 mm. Den vanligast förekommande dimensionen är 300 mm. Materialet är betongrör.

Område 3 - Hyreshusområdet

Området avgränsas i norr av Rydsvägen, i söder och öster av Rydskogen och i väster av likartad bebyggelse. Hela området är ca 3,5 ha stort. Andelen impermeabla ytor är 57% och permeabla således 43%.

Följande uppställning visar fördelningen av olika ytor:

Impermeabla	Asfalt	1,2 ha
	Tak med singel	0,4 ha
	" med papp	0,4 ha
Permeabla	Gräsytor	1,5 ha

Bebyggelsen består av 2-vånings flerfamiljshus, byggda i början av 70-talet. Husen är grupperade två och två kring gårdar. Taken är nästan platta, dvs max 3° lutning, med invändiga stuprör som är kopplade till dagvattenssystemet. Cirka hälften av taken är papp-täckta, resten är belagda med singel.

En asfalterad entrégata leder in i området från Rydsvägen. På bägge sidor om gatan finns parkeringsplatser. Även dessa är asfalterade, likaså de gårdar som finns emellan husgrupperna. Alla asfalterade ytor har kantsten utom de gångstigar som förbinder de olika gårdarna.

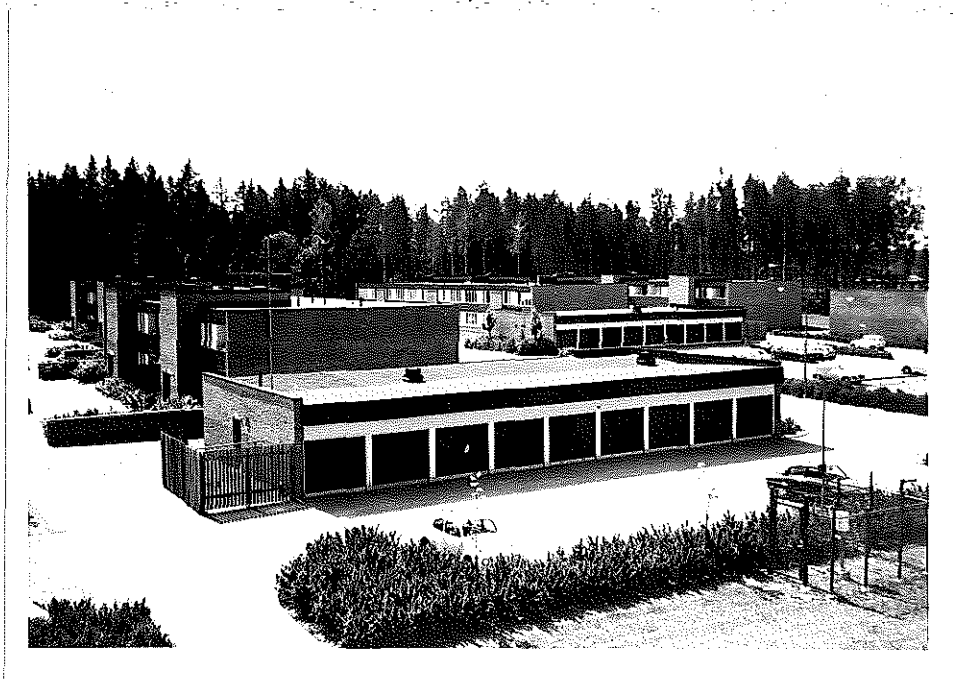
Mellan husen finns stora gräsmattor. Buskplanteringar finns på alla gårdar och runt parkeringarna. Uppvuxna träd saknas i stor utsträckning.



Gård i hyreshusområdet

Ledningsnätstandard

Systemet är separerat med dimensioner mellan 110-500 mm. Uppsamlingsledningen går mot norr för att så småningom mynna i Stångån.



Ungefär hälften av taken i hyreshusområdet är papptäckta. Resten är belagda med singel. Längst ned till höger på bilden syns nederbördsröret.



Detalj av brunn på singeltak.

De indata som behövs i beräkningsmodellen är bl a regnintensiteter i enminutersintervall för olika regn. Man behöver därför mäta nederbörden på något sätt.

För att bestämma det verkliga flödet i ledningarna krävs förstås anordningar och apparatur härför. I följande avsnitt behandlas den mätutrustning som finns vad gäller nederbördsmätning och flödesbestämning, och hur den fungerar.

3.1 Nederbördsmätning

Placering av nederbördsmätare

Två nederbördsmätare är utplacerade, en i varje undersökningsområde. Mätaren för villaområdet är placerad vid den södra avrinningsgränsen, se figur 3.1. Eftersom nederbörden kan variera väsentligt över området vid ett och samma nederbördstillfälle ger denna placering av mätaren inget medelvärde av nederbörden för området. En bättre placering hade varit centralt i området. Nederbördsmätaren för hyreshusområdet är placerad någorlunda centralt, se figur 3.1.

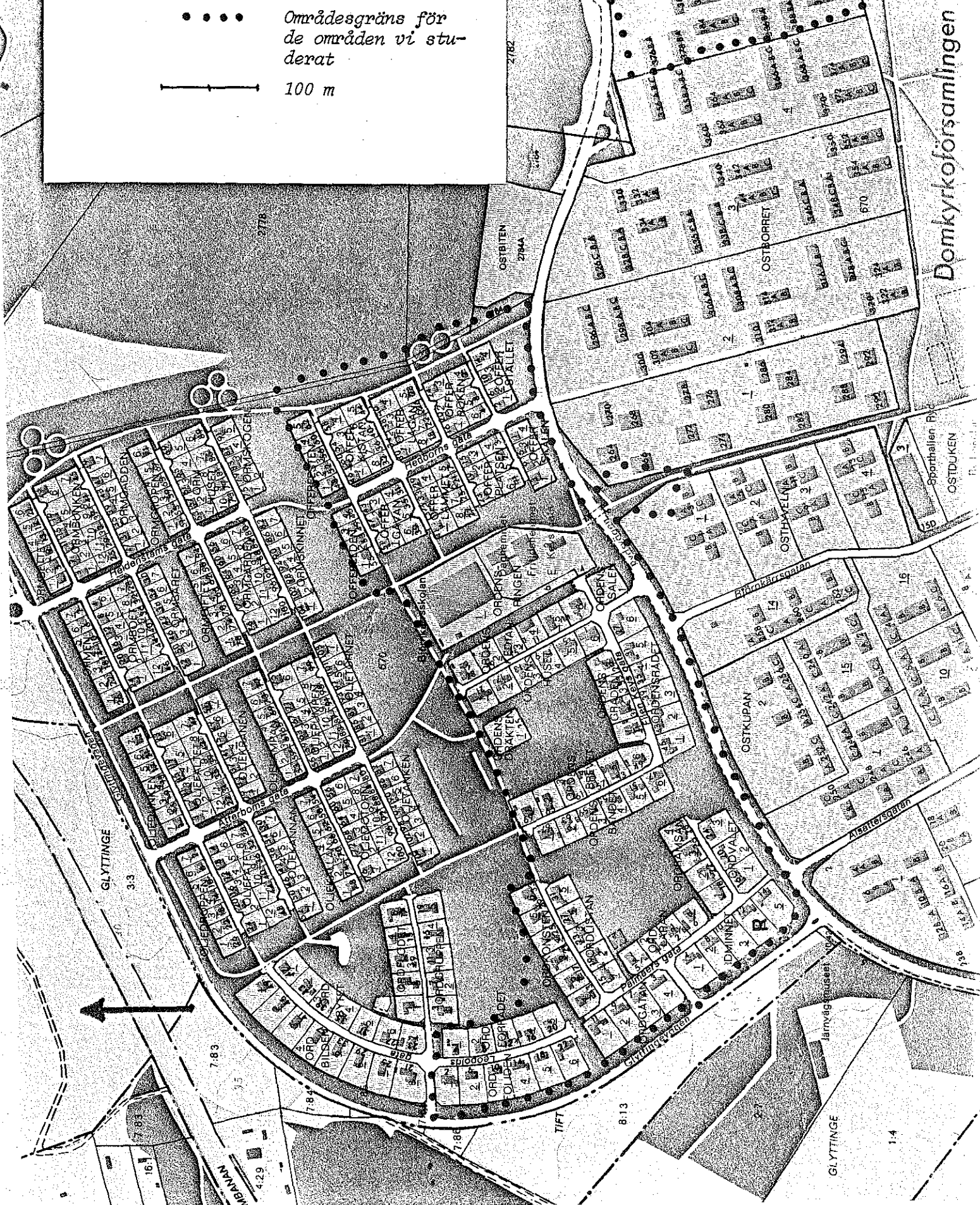
Beskrivning av nederbördsmätare

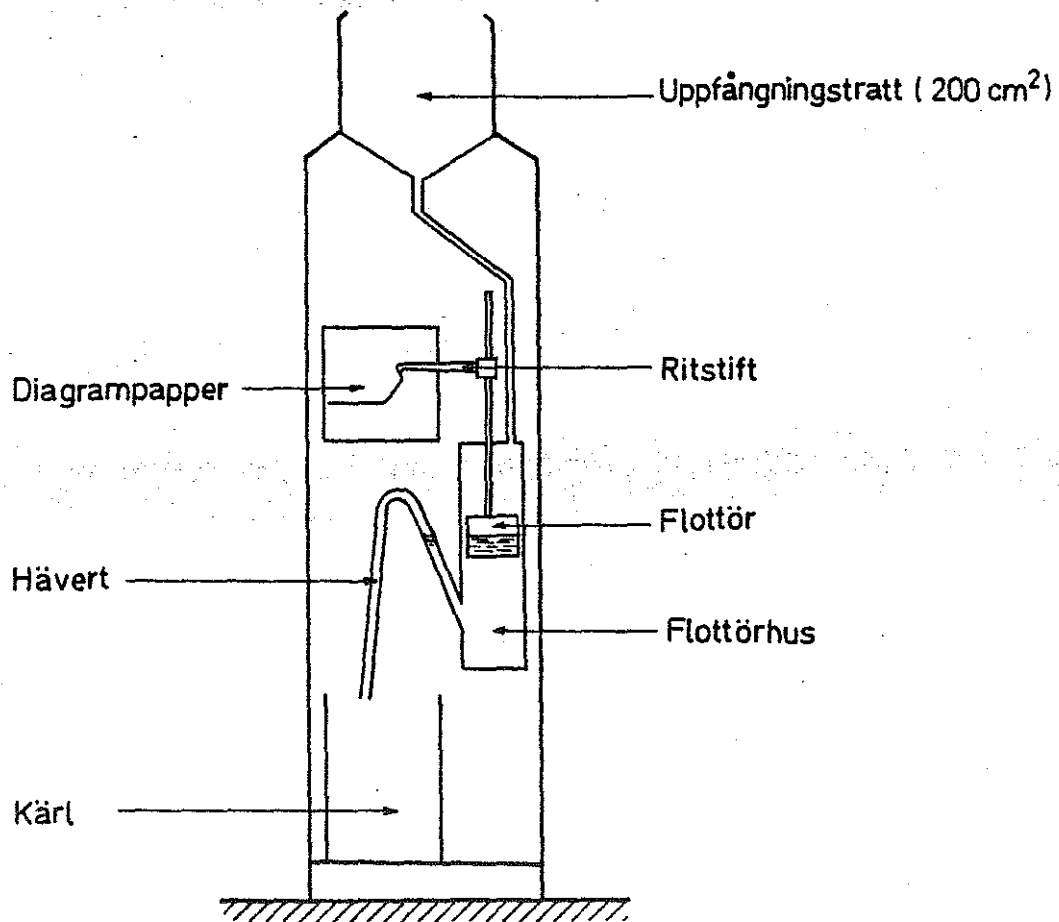
I villaområdet finns en konventionell nederbördsmätare typ Hellmann, se figur 3.2.

Funktionssätt: Nederbörden samlas upp i en tratt (area 200 cm²) och leds ner i ett flottörhus. Flottören stiger då vattnet ansamlas. Ett ritstift är kopplat till flottören och på ett diagrampapper uppritas en kurva över den ackumulerade nederbörden. När flottörhuset är fullt töms det genom en hävert. Framdrivningshastigheten

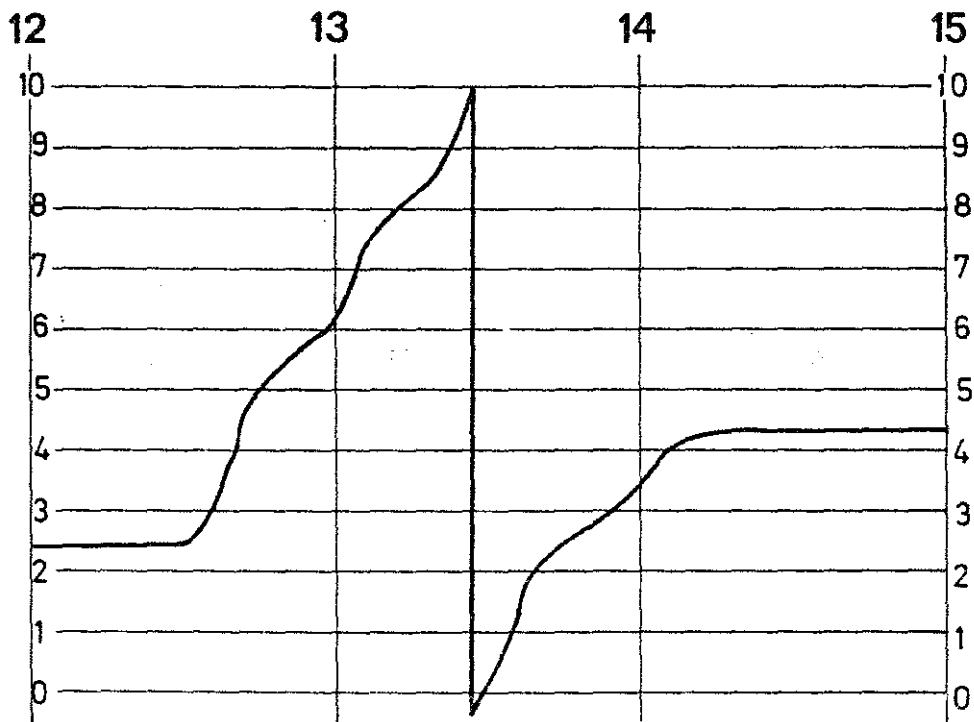
Figur 3.1 Stadsplanekarta över Rydområdet. Skala 1:5.000.

- R Regnmätare
 • • • • • Områdesgräns för de områden vi studerat
 ——— 100 m





Figur 3.2 Nederbördsjätare typ Hellmann.



Figur 3.3 Nederbördsdiagram från Hellmannjätare.

hos diagrampapperet är 40 mm/tim. Utvärdering av den ackumulerade nederbörden är möjlig ner till ett tidsintervall av 2-3 minuter, se figur 3.3.

Nederbördsrätnaren för hyreshusområdet är av en helt annan typ. Rätnaren, som är av modellen Plumatic, är en vipprätnare som rätar och registrerar regnintensiteten. Rätnaren består av ett uppsamlingskärl (750 cm²) och en vipprätkopa till vilken en registreringsenhet är kopplad. Vattnet leds ner från uppsamlingskärlat till den ena skophalvan. Denna fylls och tyngdkraften gör att den vippar. Den andra skophalvan kommer därmed i läge för fyllning.

Varje vipp registreras på en bandspelare samtidigt med en tidsangivelse (1 puls/min). Max antal vipp som kan registreras är 35 st/2 mm tape. Tidsupplösningen är 1 min. Rätnarens begränsning går vid en regnintensitet av 7 mm/min. Tyvärr fungerade denna regnrätnare inte tillfredsställande under vår undersökningsperiod. Nederbördsdata för område 3 är därför huvudsakligen baserade på uppgifter från nederbördsrätnaren i villaområdet.

3.2 Flödesbestämning

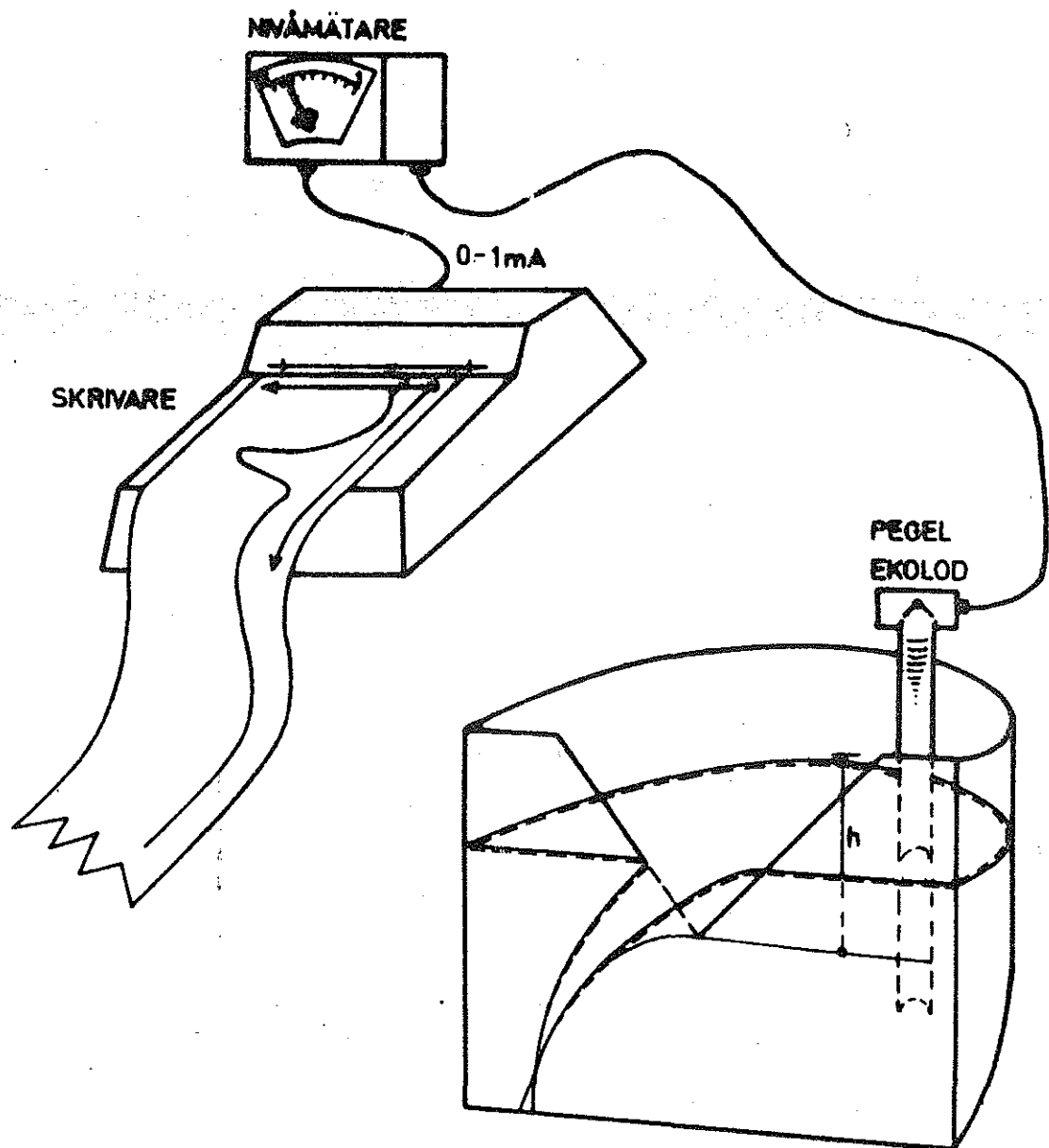
Flödet kan bestämmas genom att låta uppdämt vatten passera ett överfall. Genom att mäta vattennivån uppströms överfallet kan man med hjälp av vissa formler beräkna flödet. Det är viktigt att förhållandena i dammen är de rätta, annars är det omöjligt att uppmäta rätt vattennivå och därmed beräkna flödet korrekt.

Det gäller bl a att strålen över mätöverfallet är helt luftad, dvs vattenytan nedströms får ej nå upp till överfallets underkant. Dessutom måste vattnet uppströms mätanordningen vara uppdämt så att en viss vattenvolym finns vid sidorna om och under mätöverfallets kanter. Se Weijman-Hane (1972).

Vid utloppsledningen för vardera undersökningsområdet är en mätstation inrättad. I brunnar i anslutning till mätstationerna är ett V-format Thompsonöverfall (90°) installerat.

Utrustningen för flödesmätning består av en nivåmätare och en skrivare. Nivåmätaren registrerar ändringar av vattennivån uppströms överfallet och skrivaren noterar mätvärdena som funktion av tiden, se figur 3.4.

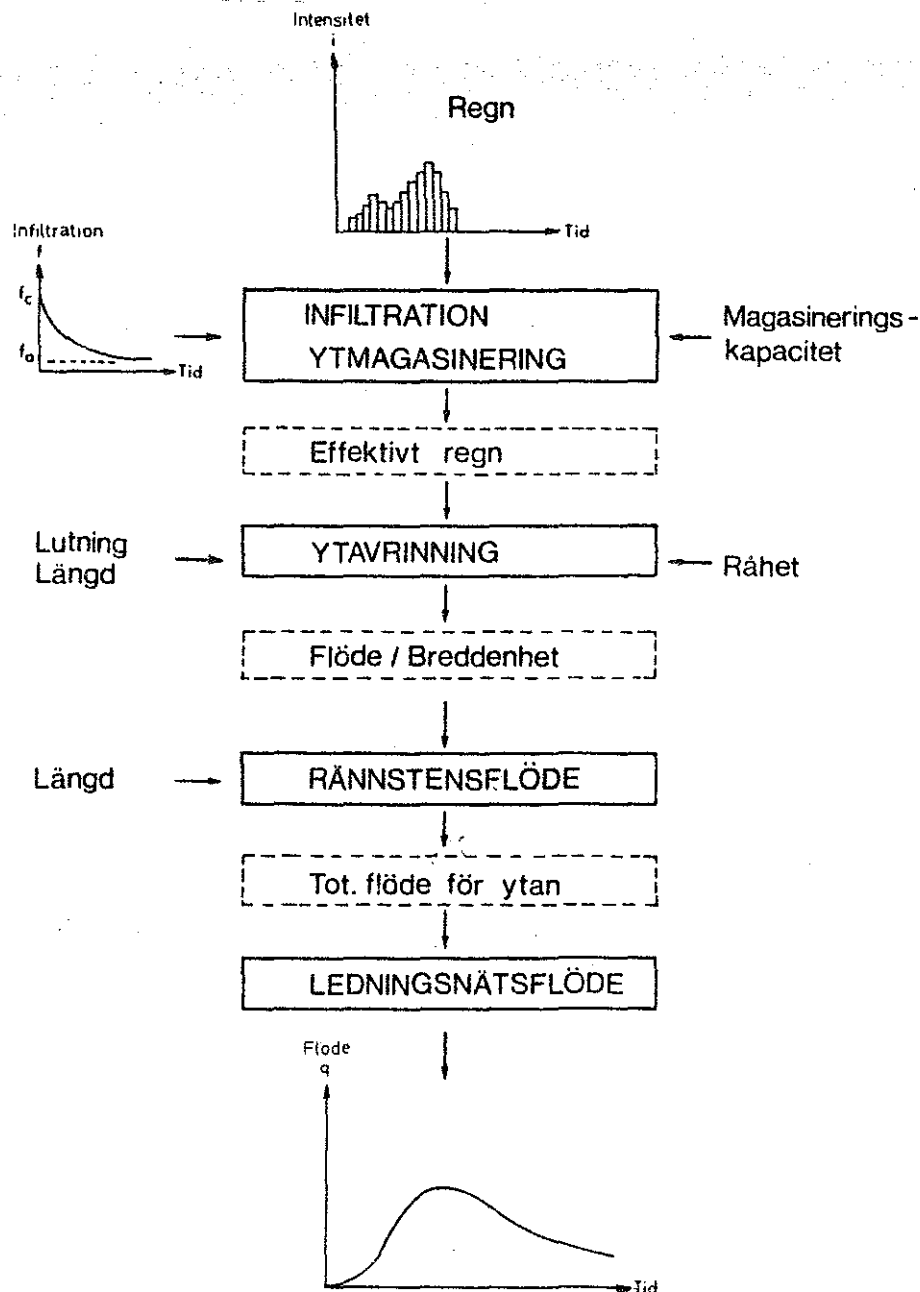
Den nivåmätare som används är en ekolodsmätare typ Deber PU72 med en givareenhet typ K72. En ljudsignal utsänds pulsvis från givaren, signalen reflekteras mot vattenytan och mottages av givaren. Tiden, som mäts på signalen, omvandlas till spänning som är proportionell mot mäthöjden. Givaren är placerad i ett rör för största möjliga återreflektion. Skrivaren ritar diagram över vattennivån som funktion av tiden. Flödet kan därefter beräknas för varje tidsintervall.



Figur 3.4 Utrustning för avrinningsmätning, enligt Ericsson (1977).

4.1 Modellstruktur

Den beräkningsmodell som används kommer från Cincinnati-universitetet i USA. Den är numera modifierad, se Arnell m fl (1975). Modellen är uppdelad i fem olika delar: in-



Figur 4.1 Beräkningsmodellens struktur, enligt Arnell, Lyngfelt (1975).

filtration, ytvattenmagasinerings, ytvattenavrinning, rännstensflöde och flöde i ledningsnätet. De områden som modellen lämpar sig att användas på är s k urbana områden, dvs områden med relativt stor andel hårdgjorda ytor (asfaltytor, taktytor).

4.2 Beräkningsgång

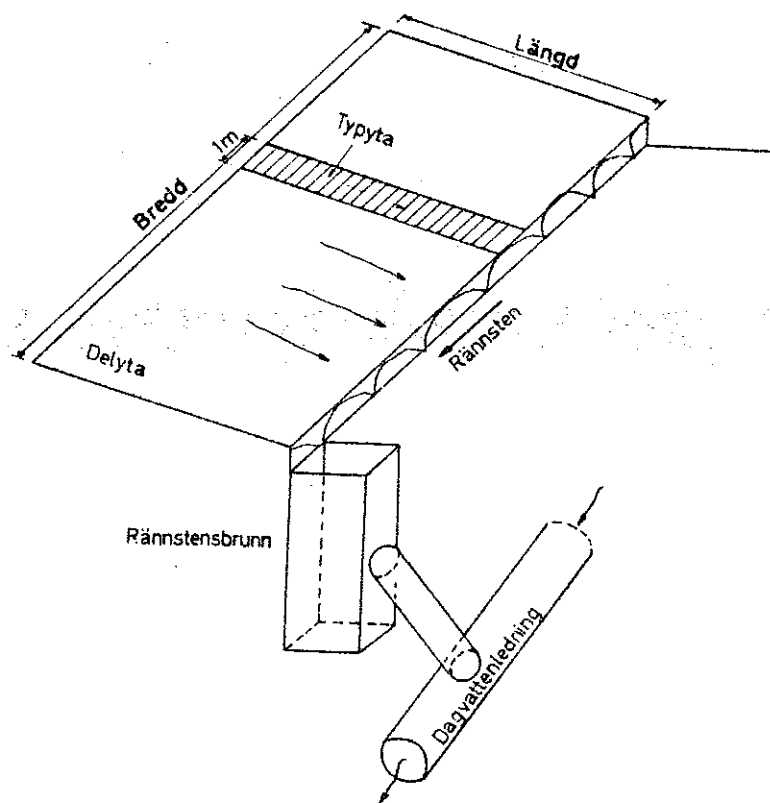
Beräkning av ett område sker på så sätt att avrinningsområdet till varje rännstensbrunn indelas i delytor, dvs ytor med enhetlig lutning och ytstruktur (asfalt, gräs, tak). Ytvattenavrinningen från delytan beräknas för en 1 m bred typyta. Genom att ha typytor som kan återkomma på flera olika ställen i indatan behöver beräkningen endast genomföras en gång för varje typyta. I indata delas ytorna upp i permeabla och impermeabla, då datormodellen tar hänsyn till infiltration och ytvattenmagasinerings vid beräkning.

Vid typytans nedströmsände, dvs rännstenen, summeras avrinningen från delytan genom att utflödet per tidssteg multipliceras med rännstenens längd. Flödet från rännstenen ansluts via verkliga eller fiktiva brunnar till ledningsnätet, se figur 4.2.

Ledningsflödet beräknas enligt kinematisk vågteori. I nedströmsändan av ledningssträckan mellan två brunnar summeras samtliga inkommande flöden från grenledningar plus tillflödet från rännstenar, detta utgör inflöde på nästa ledningssträcka, se figur 4.2.

4.3 Beräkningsmodellens delprocesser

För närmare studium av de olika delprocesserna och deras ekvationer se Arnell, Lyngfelt (1975).



Figur 4.2 Schematisk indelning av avrinningsprocessen, enligt Arnell, Lyngfelt (1975).

Infiltration

De olika delområdena klassas som impermeabla eller permeabla.

Impermeabla	Vattnet kan ej infiltrera p g a hårdgjorda ytor (asfalt, tak).
-------------	--

Permeabla	Vattnet avgår genom infiltrationen, dvs vattnet tränger ned genom markytan, t ex gräs.
-----------	--

Det vatten som tränger ned deltagar ej i avrinningsprocessen, däremot kan det påverka infiltrationskapaciteten vid markytan.

Ytvattenmagasinerings

Då nederbörden faller sker en viss vattenmagasinerings i ythåligheter innan själva avrinningen börjar. Ytvattenmagasineringsen består av interception, vätnings och magasinering av vatten i håligheter. Detta vatten deltagar ej i avrinningsprocessen. I urbana områden antas interceptionen vara obetydlig. Avdunstningen antas vara noll under ett nederbördstillfälle.

Ytvattenavrinning

De ekvationer som används vid analys av icke stationär strömning på ytor är kontinuitets- och rörelseekvationer.

I beräkningsmodellen beskrivs ytavrinningen med en kinematisk vågbetraktelse där sambanden mellan volymflöde och vattendjup förenklats.

Rännstensflöde

Flödet från delytorna samlas upp i rännstenar. Rännstensflödet beräknas utgående från kontinuitetsekvationen där magasinstermen försummats.

Ledningsflöde

Ledningsflödet beräknas enligt en kinematisk vågteori. I nedströmsänden av ledningssträckan mellan två brunnar summerar datormodellen samtliga inkommande flöden från grenledningar plus tillflödet från rännstenar, detta utgör inflöde på nästa ledningssträcka.

4.4 Modellens begränsningar

Beräkningmodellen

- är lämplig att användas för bebyggda områden med relativt stor andel hårdgjorda ytor
- är lämpad för enstaka häftiga regn
- är ej användbar i områden där mark- och grundvattenmagasin styr avrinningen
- försummar tiden som vattnet rinner i rännstenen
- försummar den tid det tar för vattnet att rinna sträckan rännstensbrunn (RB) till nedstigningsbrunn (NB) när vattnet från RB förs på NB (eller tvärtom)
- tar ej hänsyn till dämnd ledning
- tar ej hänsyn till regnets variationer över en viss areal.

4.5 Indata till modellen

När den nödvändiga informationen om nederbörd, områdesbeskaffenhet m m insamlats måste denna göras om till indata. Modellen kräver indata som beskriver markytan, ledningsnätet och nederbörden.

Indata som beskriver markytan

Infiltration och ytmagasinering

Det är svårt att bestämma infiltrationens storlek och variation i tiden för olika yttyper. Infiltrationen påverkas av schaktning, utfyllnad och byggande. Infiltrationsvärden väljs med ledning av litteraturstudier.

Värden på ytmagasinskapaciteten har hämtats ur litteraturen, se tabell 4.1.

Indata till en s k infiltrationskurva är

f_c	infiltrationskapacitet då tiden $\rightarrow \infty$ (mm/h)
f_o	infiltrationskapacitet vid starttidpunkten (mm/h)
k	avklingningshastighet (1/h)
S_{perm}	total ytmagasinskapacitet för permeabel yta (mm)
$S_{imperme}$	total ytmagasinskapacitet för impermeabel yta (mm)

Tabell 4.1

Regnförluster genom fuktning av ytor och uppfyllning av håligheter enligt Arnell, Lyngfelt (1975).

Fuktförluster:

Impermeabla ytor (tak, asfalterade vägar, betongvägar, gångvägar etc)	0,2 - 0,5 mm
Permeabla ytor (trädgårdar, parker åkrar etc)	0,2 - 2,0 mm

Uppfyllnad av håligheter och ojämnheter:

Mycket glatta impermeabla ytor	0,2 - 0,4 mm
Glatta impermeabla ytor	0,5 - 0,7 mm
Jord med ringa växtlighet (ängar, betesmarker)	0,6 - 2,5 mm
Jord med kraftig växtlighet	2,5 - 4,0 mm

Modellen beräknar infiltration och ytmagasinerings vid det aktuella regnet för de olika infiltrationskurvorna. Varje infiltrationskurva har en impermeabel ($f_c = f_o = 0$, $S = S_{\text{imper}}$) och en permeabel ($S = S_{\text{perm}}$) variant.

Vi använder oss av en enda infiltrationskurva. All nederbörd som faller på permeabla ytor låter vi infiltrera, avrinning sker alltså endast från de impermeabla ytorna.

Typytor

Typytorna används för att beskriva områdets ytstruktur på ett schematiskt sätt. En typyta är en yta vinkel-

rät mot rännstenen med längden lika med delytans bredd och bredden 1 m. Den har samma råhet, infiltration, ytmagasinerings och lutning som delytan.

Följande indata krävs för varje typyta.

- uppgift om huruvida den är permeabel eller impermeabel
- längd (m)
- $n = \frac{1}{M}$, M = Mannings tal
- lutning (%)
- uppgift om vilken infiltrationskurva som skall användas.

Uppgifter om ytans egenskaper erhålls från kartor och fältarbete. Mannings tal hämtas ur litteraturen.

Modellen kräver en delyta både till höger och vänster om varje rännsten. Om det inte finns i verkligheten ansetter man en fiktiv yta. Denna har längden noll och ger följaktligen ingen avrinning. För att få så litet antal typytor som möjligt tolererar man måttliga avvikelser i fråga om längd, lutning och ytbeskaffenhet mellan typyta och verklig yta. Man kan tolerera större avvikelser vad gäller lutning än längd av en typyta.

För impermeabla typytor för villaområdet gäller att avvikelser i längd är i medeltal 18% från valt medelvärde. Ca 16% av typytorna avviker 40-50% från medelvärdet. Lutningar avviker i medeltal 22% från valt värde.

Rännstenar

Rännstenarna leder vattnet från delytorna till brunnarna där det förs ner i ledningsnätet.

Rännstenslängden multiplicerad med typytans längd skall vara lika med delytans area. I regel får man



Figur 4.3 Delytor som avvattnas till brunn nr 6.

Teckenförklaring

- gräns delyta
- ▨ typyta
- nedstigningsbrunn
- rännstensbrunn
- ~~~~ rännsten

olika rännstenslängd för den högra och den vänstra typytan. Om den ena delytan är permeabel och den andra impermeabel väljer vi den rännstenslängd som ges av den impermeabla ytan. Har båda ytorna samma permeabilitet väljer vi längden så att höger- och vänsterytans sammanlagda area blir lika stor som i verkligheten.

Vid uppställning av indata anges för varje brunn vilka rännstenar som leder vatten dit. Numret på den högra och vänstra typytan till varje rännsten och rännstensens längd anges också.

Indata för ledningsnätet

Brunnarna numreras med början i den borttersta brunnen. Vid varje grenledning numreras de från den borttersta och fram till grenens anslutningspunkt.

Ledningen delas upp i ett antal delsträckor. För varje ledning anges

lutningen	(‰)
råheten	$n = \frac{1}{M}$, M = Mannings tal
diametern	(mm)
längden	(m)

Längd, lutning och diameter hämtas från kartmaterialet. Mannings tal väljs ur en handbok.

Nederbördsdata

Regnet ställs upp i form av en hyetograf, dvs kurva över nederbördsintensiteten som funktion av tiden. Vi använder oss av verkliga uppmätta regn.

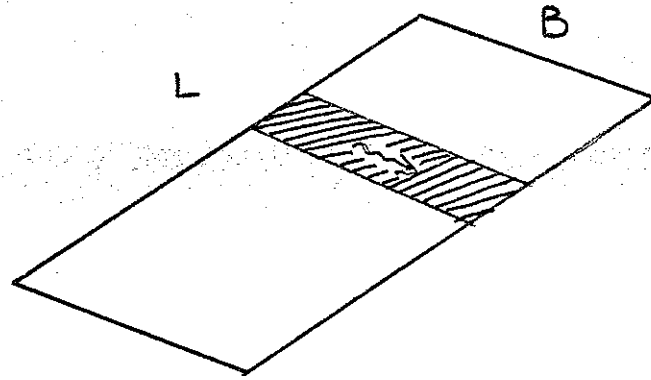
Nödvändiga indata är längd på tidssteget (vi använder 1 min), antal tidssteg och medelintensiteten i mm/h under 1 min för varje tidssteg.

4.6 Hur påverkar felaktigheter och approximationer i indata resultatet?

De indata som matas in i modellen överensstämmer naturligtvis inte exakt med verkligheten. Felen beror på flera faktorer t ex subjektiva bedömningar under fältarbetet, mätfel, approximationer. Om man vet på vilket sätt och i hur hög grad olika fel påverkar resultatet kan man anpassa framtagningen av indata därefter. I Proctor and Redfern Ltd, James F MacLaren Ltd (1976) som behandlar SWMM (Storm Water Management Model) redogörs för hur olika fel i indata påverkar beräkningarna. Felen är ordnade efter minskande betydelse:

- Andelen impermeabla ytor är den i särklass betydelsefullaste parametern. Både maxflöde och avrunnan volym är så gott som proportionella mot denna.
- Delytans bredd - längdförhållande vid given area inverkar på maxflödet. Ju större längd i förhållande till bredden desto större maxflöde. Större bredd ger långsammare avrinning. Om simulering pågår tillräckligt länge påverkas inte volymen, se figur 4.4.
- Infiltrationskapaciteten påverkar maxflödet och volymen. Störst inverkan på den senare. Ju högre andel permeabla ytor - desto större känslighet för infiltrationskapaciteten.
- Ytmagasineringen påverkar volymen och, i mindre grad, maxflödet.
- Minskad råhet ger ökat maxflöde. Känsligheten är störst vid små råheter. Om simuleringen pågår tillräckligt lång tid är volymen oberoende av råheten.
- Ju större lutning på typytan desto större maxflöde. Känsligheten är störst vid lutningar under 10%. Om

man kör så länge att allt vatten hinner rinna av är avrunnen volym oberoende av lutningen.



Figur 4.4 Längd och bredd på delytan. Typytan är streckad.

5 RESULTAT (Se även bilaga 1 och 2)

5.1 Område 2 - VillaområdetMaxflöde

Tabell 5.1 Beräknade och uppmätta maxflöden. Ytmagasinskoefficienten $S = 0,5$ mm.

Regn- datum	Regn- volym (mm)	Uppmätt maxflöde l/s	Beräknat maxflöde l/s	Procentuell avvikelse från uppmätt flöde
760617	2,4	60	79	+ 32
760720	5,8	517	585	+ 13
760724	7,1	241	271	+ 12
760730	2,5	85	99	+ 16
760731	4,4	188	206	+ 9
760915	7,4	218	246	+ 13

Det beräknade maxflödet ligger i samtliga fall högre än det uppmätta. En förklaring kan vara att vi har för stor procent deltagande ytor. Vi förutsätter att avrinning sker från alla hårdgjorda ytor. Troligen rinner vatten från en del hårdgjorda ytor ut i gräs och planteringar där det infiltrerar.

En förändring av ytmagasinskoefficienten inverkar endast obetydligt på maxflödets storlek.

Urverket på skrivaren till nivåmätaren fungerade dåligt under den period då vi utförde våra mätningar. Följaktligen har vi inte kunnat placera den uppmätta hydrografen rätt i tiden, utan vi har lagt in den så att den överensstämmer med den beräknade hydrografen.

För regn med två flödestoppar är det svårt att få korrelation mellan bägge topparna för uppmätt och beräknat flöde. Detta kan bero på urverket.

Eftersom det endast finns en, perifert belägen, regnmätare i området går det inte att få någon uppfattning om lokala skillnader i regnintensitet som kan påverka maxflödet.

Volym

Tabell 5.2 Beräknade och uppmätta volymer. $S = 0,5$.

Regn-datum	Regn-volym (mm)	Uppmätt volym (m^3)	Beräknad volym (m^3)	Procentuell avvikelse från uppmätt volym
760617	2,4	88	110	+ 25
760720	5,8	291	327	+ 12
760724	7,1	388	441	+ 14
760730	2,5	84	117	+ 39
760731	4,4	210	237	+ 13
760915	7,4	304	434	+ 43

Den beräknade volymen är för alla regnen större än den uppmätta. Detta beror antagligen på för många deltagande ytor. Vi har använt ytmagasinet 0,5 mm. En ökning av ytmagasinskoefficienten med 1 mm ger en volymminskning på ca 60 m^3 .

Regnmätarens perifera placering gör att man går miste om eventuella variationer i regnvolym, som påverkar avrunnen volym inom området.

5.2 Område 3 - Hyreshusområdet

Maxflöde

Tabell 5.3 Beräknade och uppmätta maxflöden. $S = 0,5$ mm.

Regn- datum	Regn- volym (mm)	Uppmätt maxflöde l/s	Beräknat maxflöde l/s	Procentuell avvikelse från uppmätt maxflöde
760617	2,4	39	38	- 3
760720	5,8	143	285	+ 99
760724	7,1	103	86	- 16
760915	7,4	79	108	+ 42

Överensstämmelse mellan uppmätt och beräknat maxflöde är sämre än för villaområdet. Det finns flera möjliga orsaker till avvikelserna.

Ungefär hälften av taken i området (ca 4.000 m²) är täckta med singel. Dessa tak kommer att få ett mycket större ytmagasin än motsvarande papptak. Mannings tal för ett singeltak blir mindre än för ett papptak.

Eventuella fördröjningar av maxflödena har inte kunnat kontrolleras p g a det bristfälliga urverket i nivåmätaren.

Regnmätaren är placerad ca 1 km från områdets centrum. Det kan alltså bli ganska stor skillnad mellan regnintensitet vid mätaren och i området.

VolymTabell 5.4 Beräknade och uppmätta volymer. $S = 0,5$.

Regn- datum	Regn- volym (mm)	Uppmätt volym (m ³)	Beräknad volym (m ³)	Procentuell avvikelse från uppmätt volym
760617	2,4	44	35	- 20
760720	5,8	111	103	- 7
760724	7,1	140	130	- 7
760915	7,4	120	136	+ 13

De tre första värdena tycks stödja teorin om en ytvattenmagasinering på singeltaken. Vi vet, som tidigare nämnts, inte hur stor magasinsökning singeltäckningen ger upphov till. För att försöka få en uppfattning om singeltakens inverkan har vi gjort några överslagsberäkningar där vi ökat ytmagasinet och minskat deltagande ytans storlek. Tabellen visar att de bästa värdena erhöles med oförändrad yta och ytmagasinskoefficienten $S = 0,5$.

Tabell 5.5 $A =$ uppmätt volym $B =$ oförändrad yta, $S = 1,0$ mm $C = 20\%$ mindre yta, $S = 0,2$ mm $D = 10\%$ mindre yta, $S = 0,5$ mm $E =$ oförändrad yta (beräknad volym), $S = 0,5$ mm

Regndatum	A (m ³)	B (m ³)	C (m ³)	D (m ³)	E (m ³)
760617	44	26	35	33	35
760720	111	93	88	93	103
760724	140	120	110	118	130
760915	120	127	116	124	136

Regnmätarens avlägsna placering kan medföra rätt stora skillnader i regnmängd mellan område 3 och området när-

mast mätaren. Detta skulle kunna vara förklaringen till att det uppmätta värdet på regnet 760915 underskrider det beräknade. För de övriga tre regnen är förhållandet som synes det motsatta.

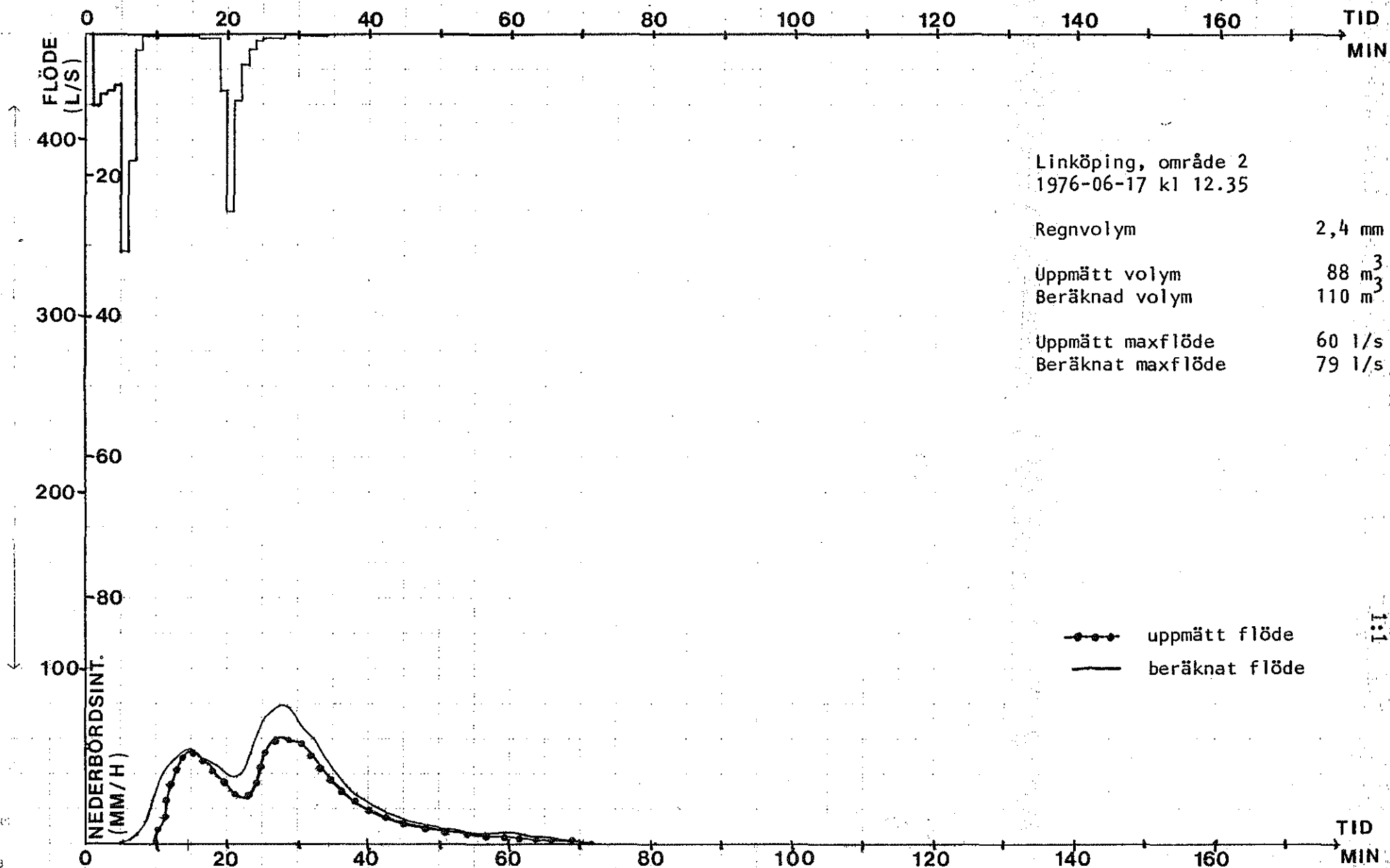
Arnell, V, Lyngfelt, S, 1975, Beräkningsmodell för simulering av dagvattenflöde inom bebyggda områden. Chalmers Tekniska Högskola, Geohydrologiska forskningsgruppen, Meddelande nr 12, Göteborg.

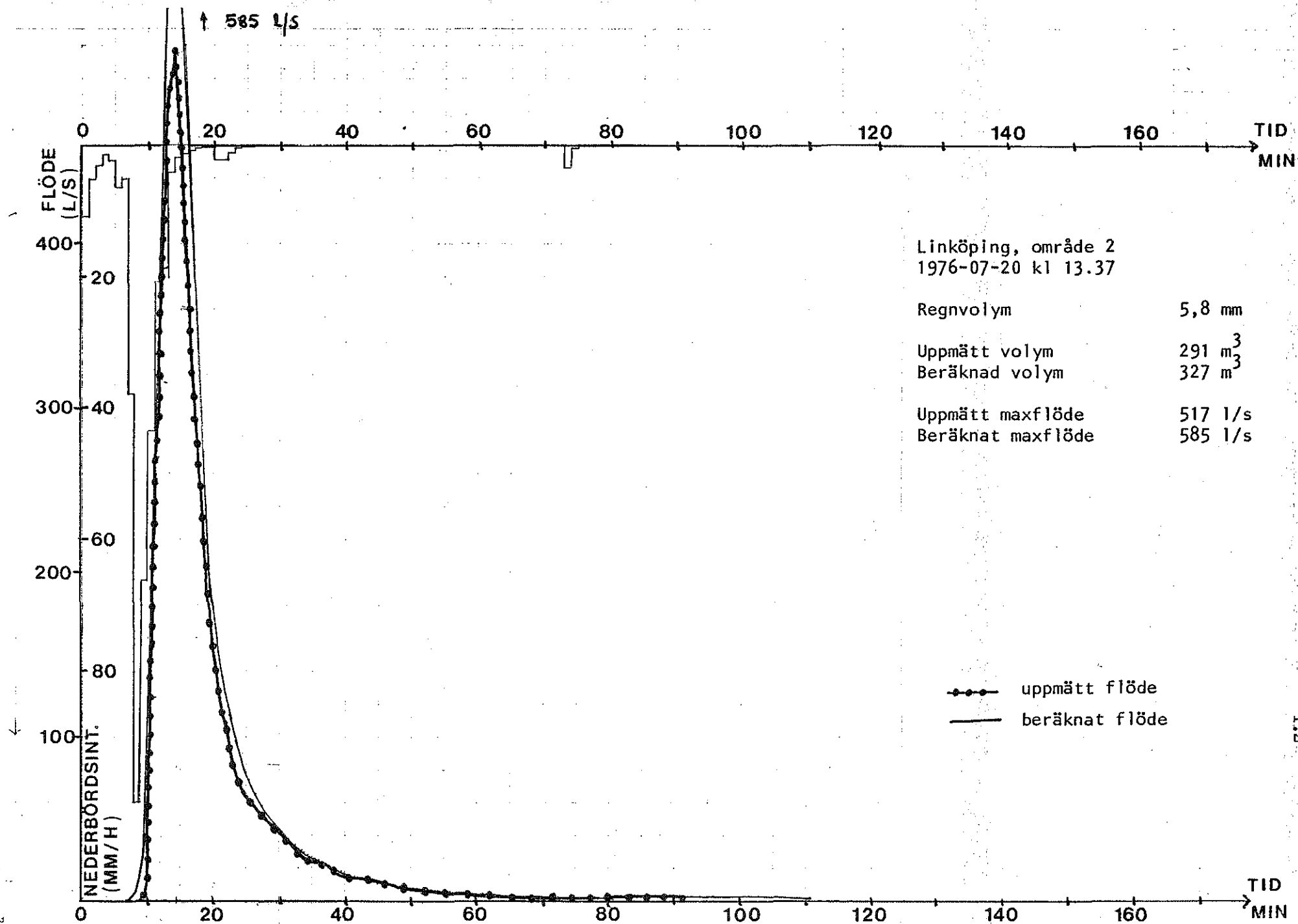
Cederwall, K, Sjöberg, A, 1969, Hydraulik. Chalmers Tekniska högskola, Inst för Vattenbyggnad, Göteborg.

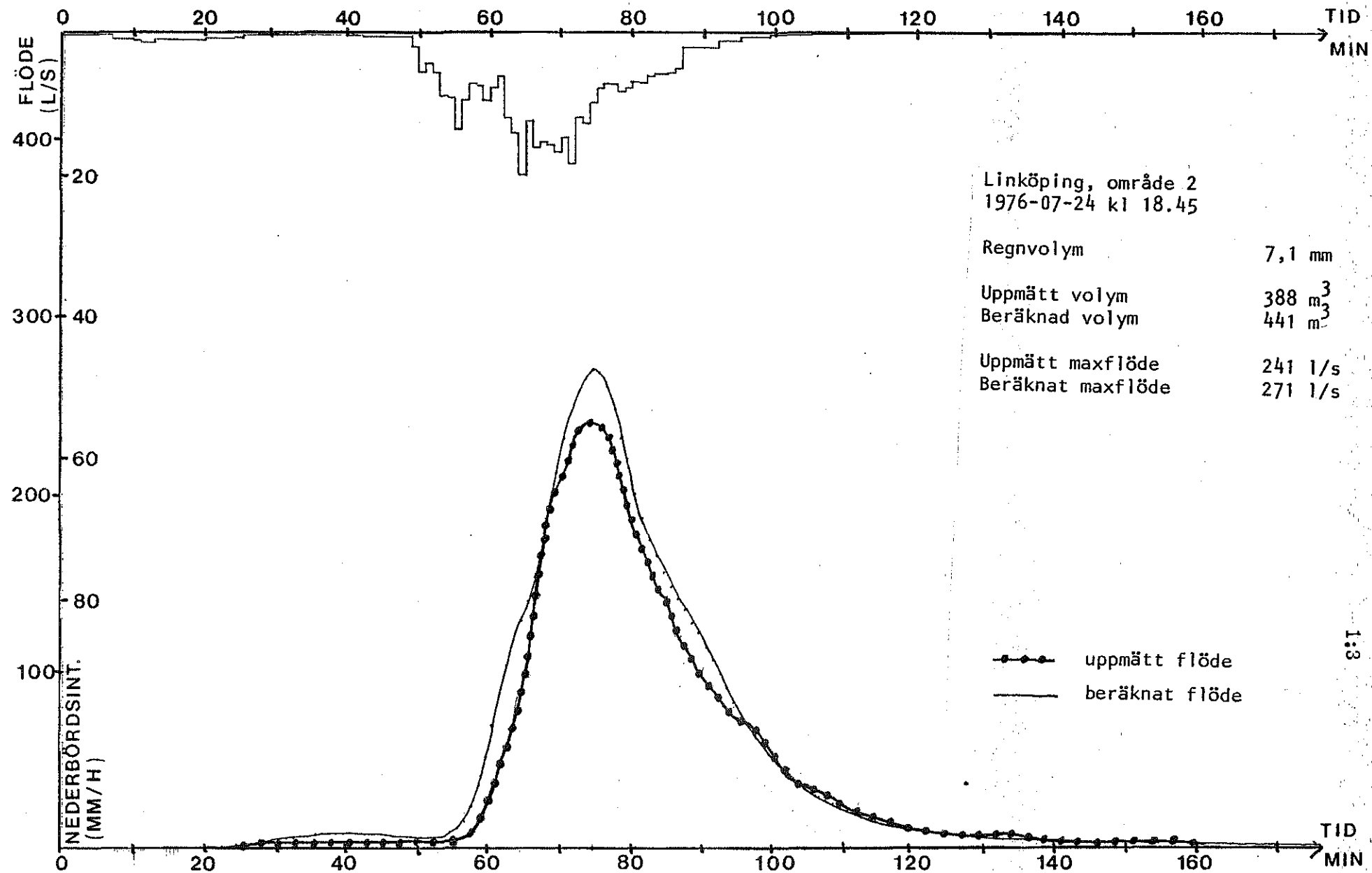
Ericsson, L, 1977, Lokalt omhändertagande av dagvatten. Chalmers Tekniska Högskola, Geohydrologiska forskningsgruppen, Meddelande nr 25, Göteborg.

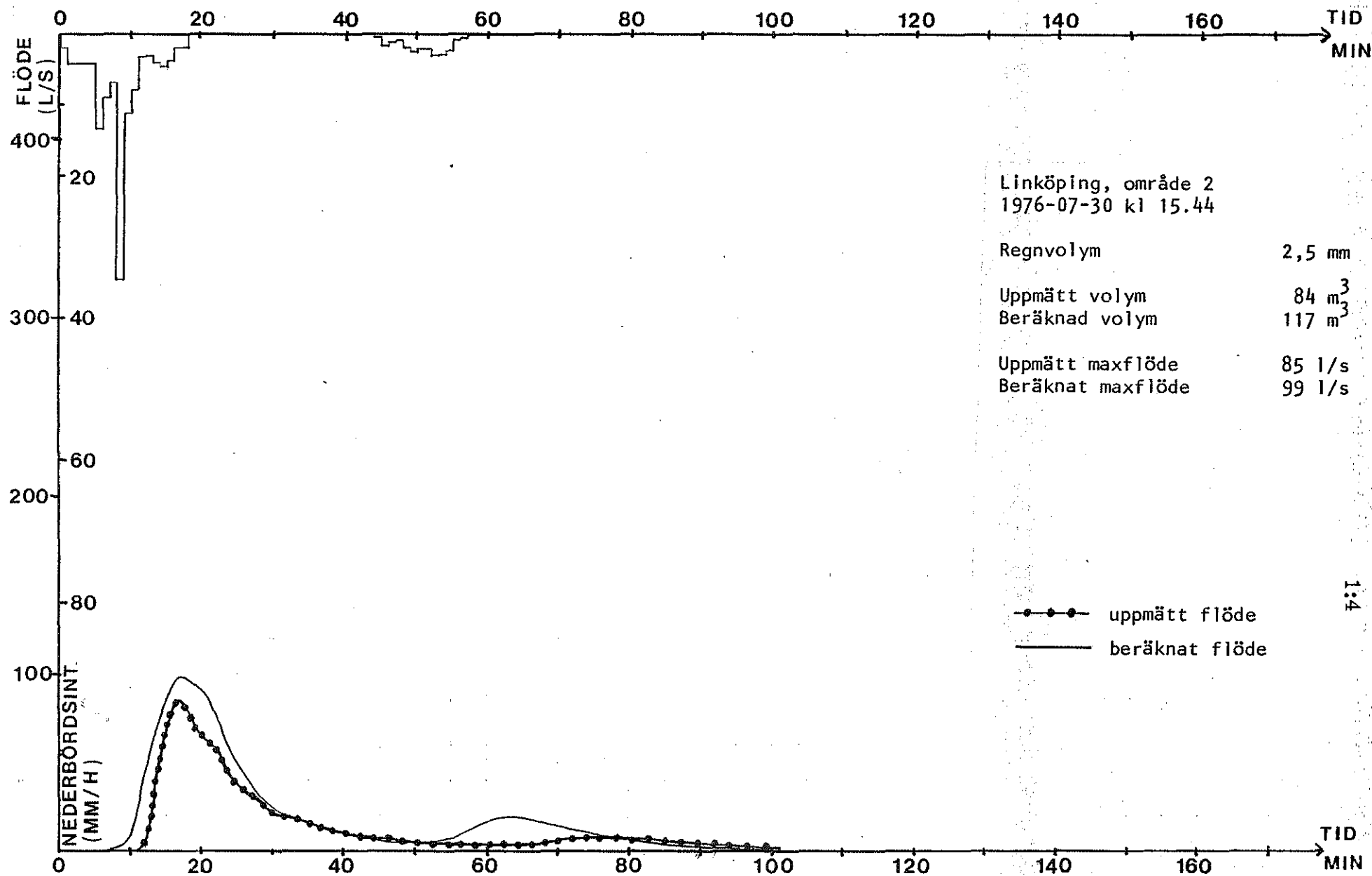
Proctor & RedFern Ltd, James F McLaren Ltd, 1976, Storm Water Management Model Study, Research Program for the Abatement of Municipal Pollution under Provisions of the Canada-Ontario Agreement on Great Lakes Water Quality. Research Report No. 47, Toronto.

Weijman-Hane, G, 1972, Kompendium i VA-teknik, del II. Chalmers Tekniska Högskola, Inst för VA-teknik, Göteborg.

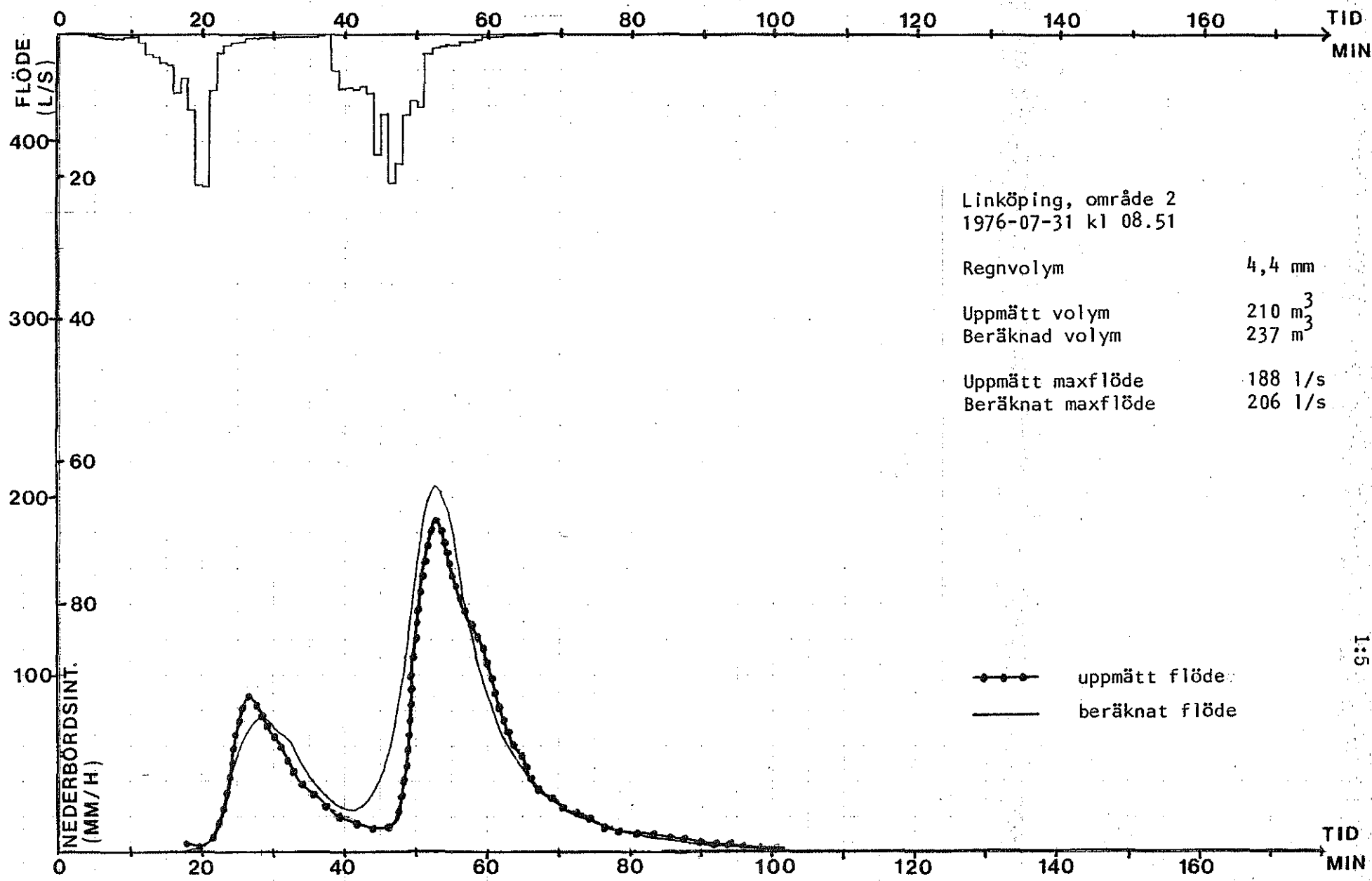








Bilaga 1
1:4

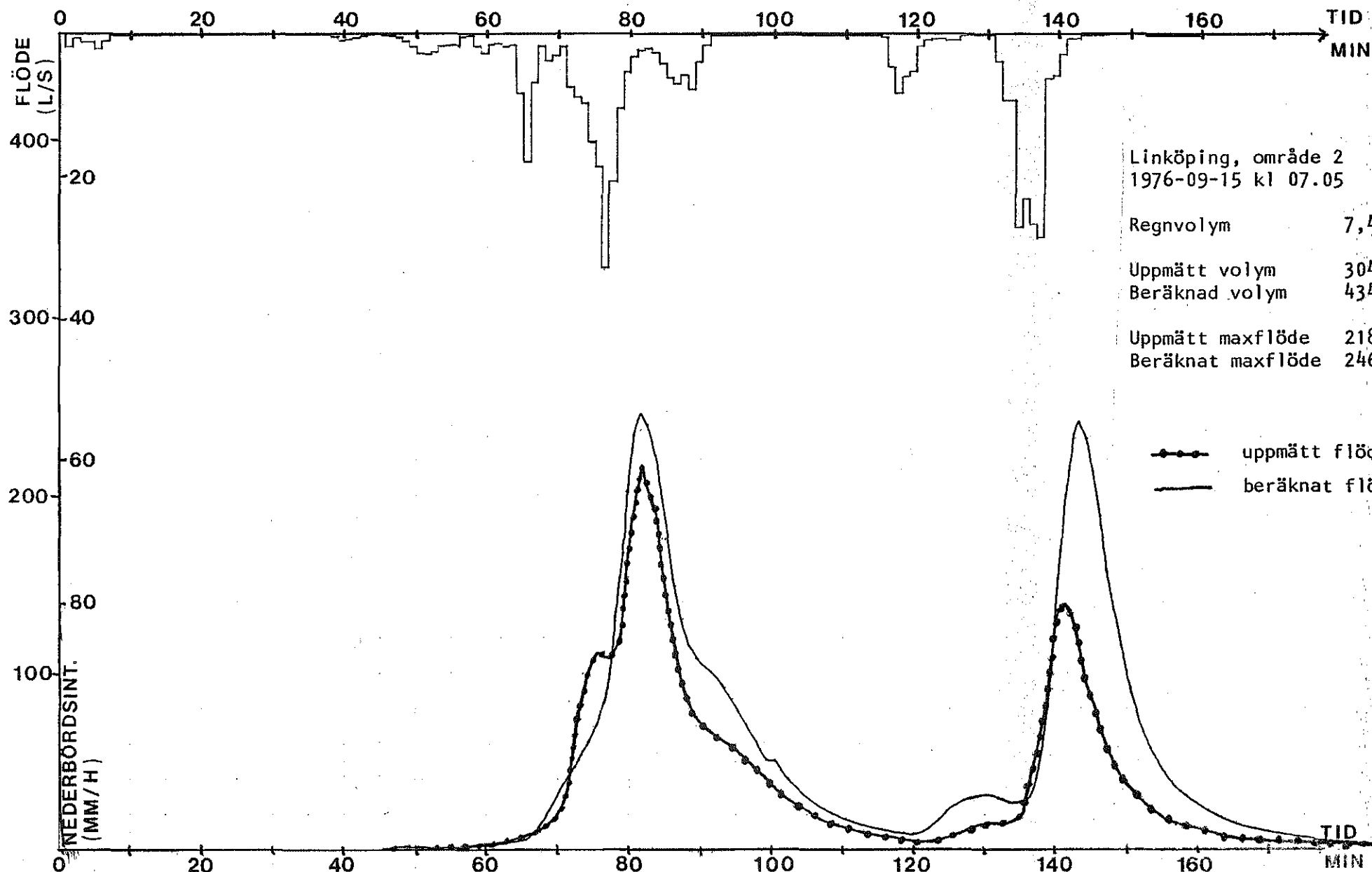


Linköping, område 2
1976-07-31 kl 08.51

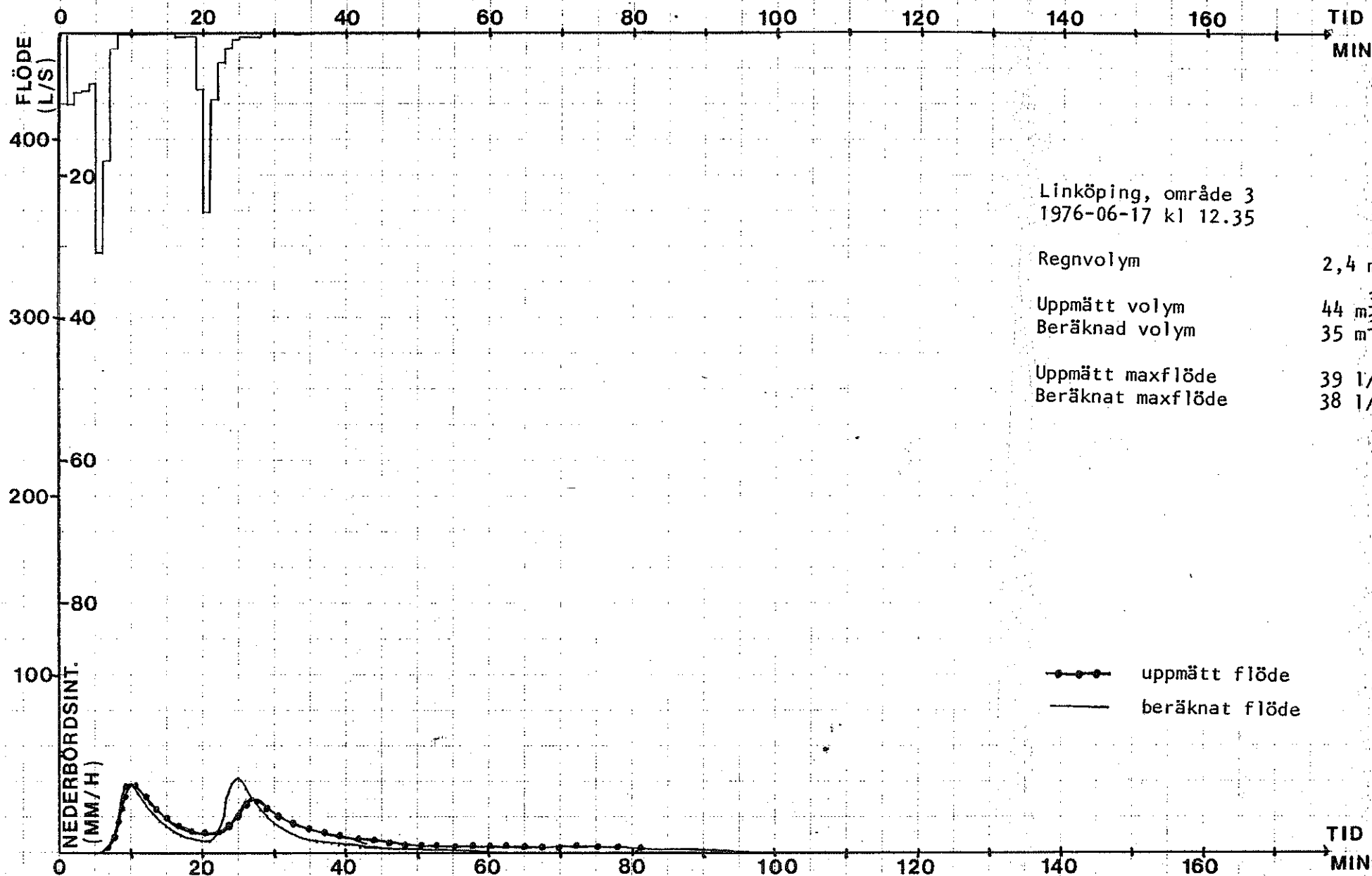
Regnvolym	4,4 mm
Uppmätt volym	210 m ³
Beräknad volym	237 m ³
Uppmätt maxflöde	188 l/s
Beräknat maxflöde	206 l/s

—•—•— uppmätt flöde
— beräknat flöde

Bilaga 1
1:5
44.



Bilaga 1
1:6

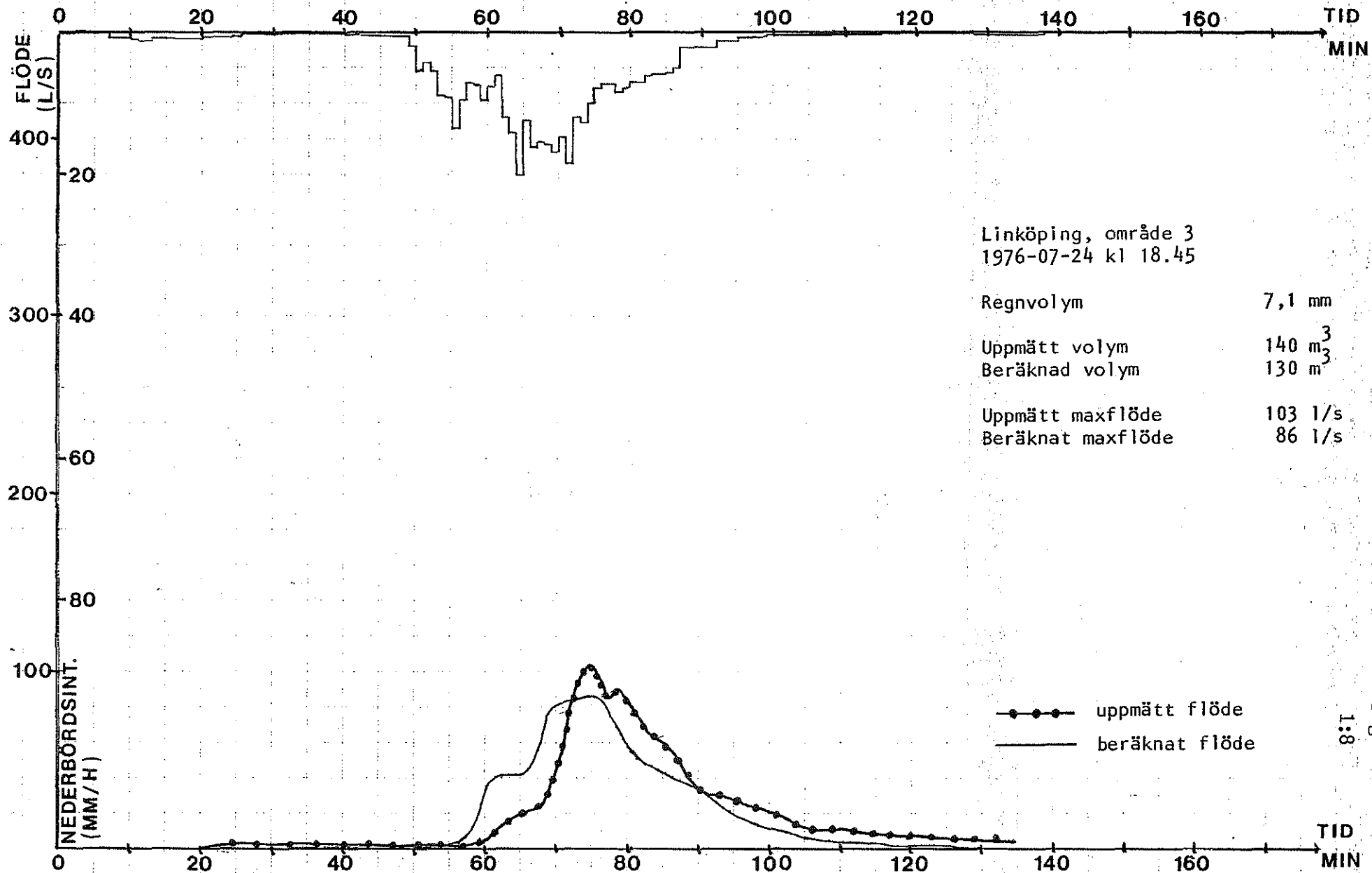


Linköping, område 3
1976-06-17 kl 12.35

Regnvolym 2,4 mm

Uppmätt volym 44 m³
Beräknad volym 35 m³

Uppmätt maxflöde 39 l/s
Beräknat maxflöde 38 l/s



0 20 40 60 80 100 120 140 160 TID MIN

FLÖDE
(L/S)

400

20

300

40

200

60

100

80

NEDERBÖRDSINT.
(MM/H)

20

40

60

80

100

120

140

160

TID MIN

Linköping, område 3
1976-09-15 kl 07.05

Regnvolym 7,4 mm

Uppmätt volym 120 m³

Beräknad volym 136 m³

Uppmätt maxflöde 79 l/s

Beräknat maxflöde 108 l/s

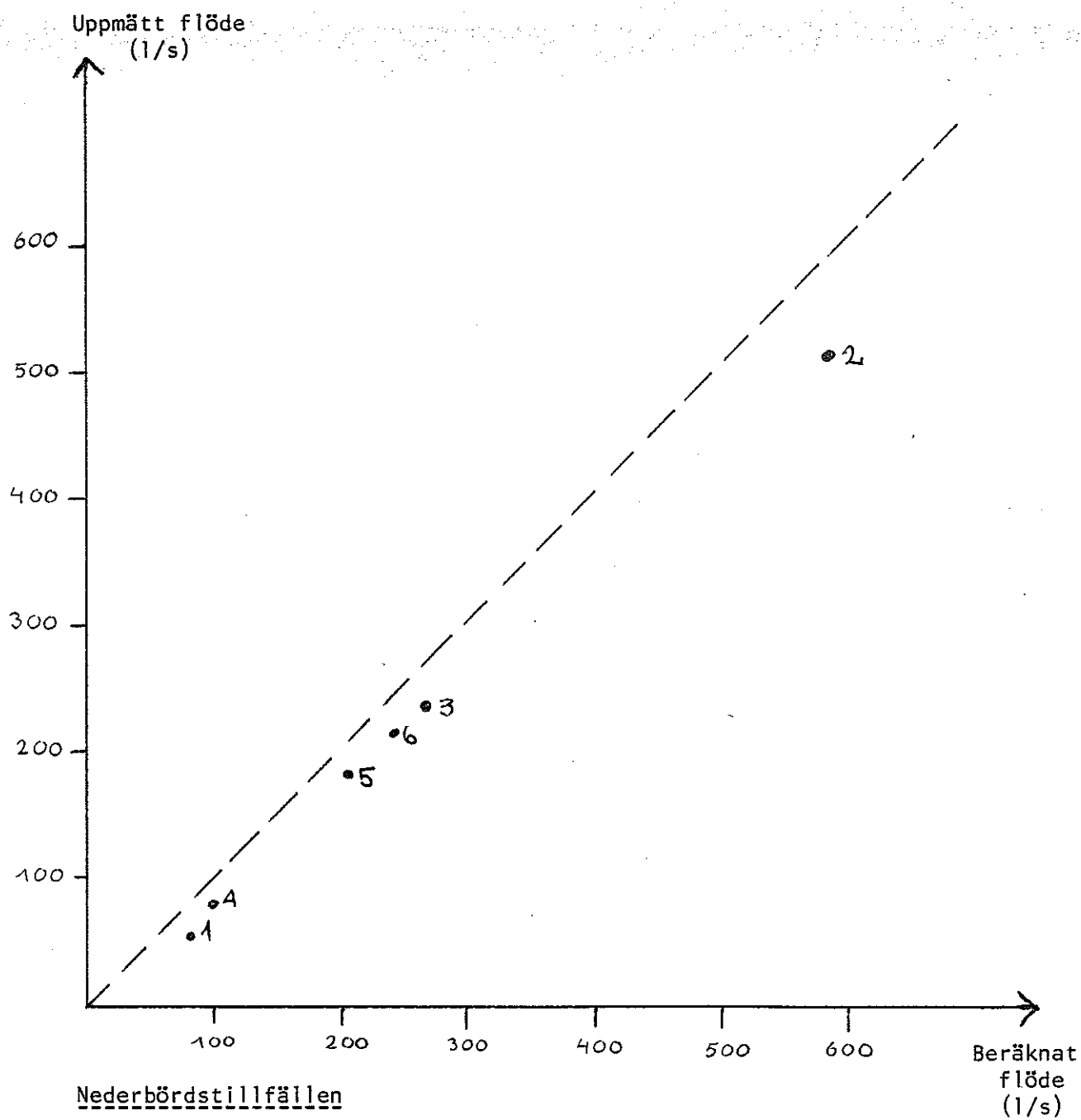
••••• uppmätt flöde

— beräknat flöde

Bilaga 1
1:9

Område 2 - villaområdet

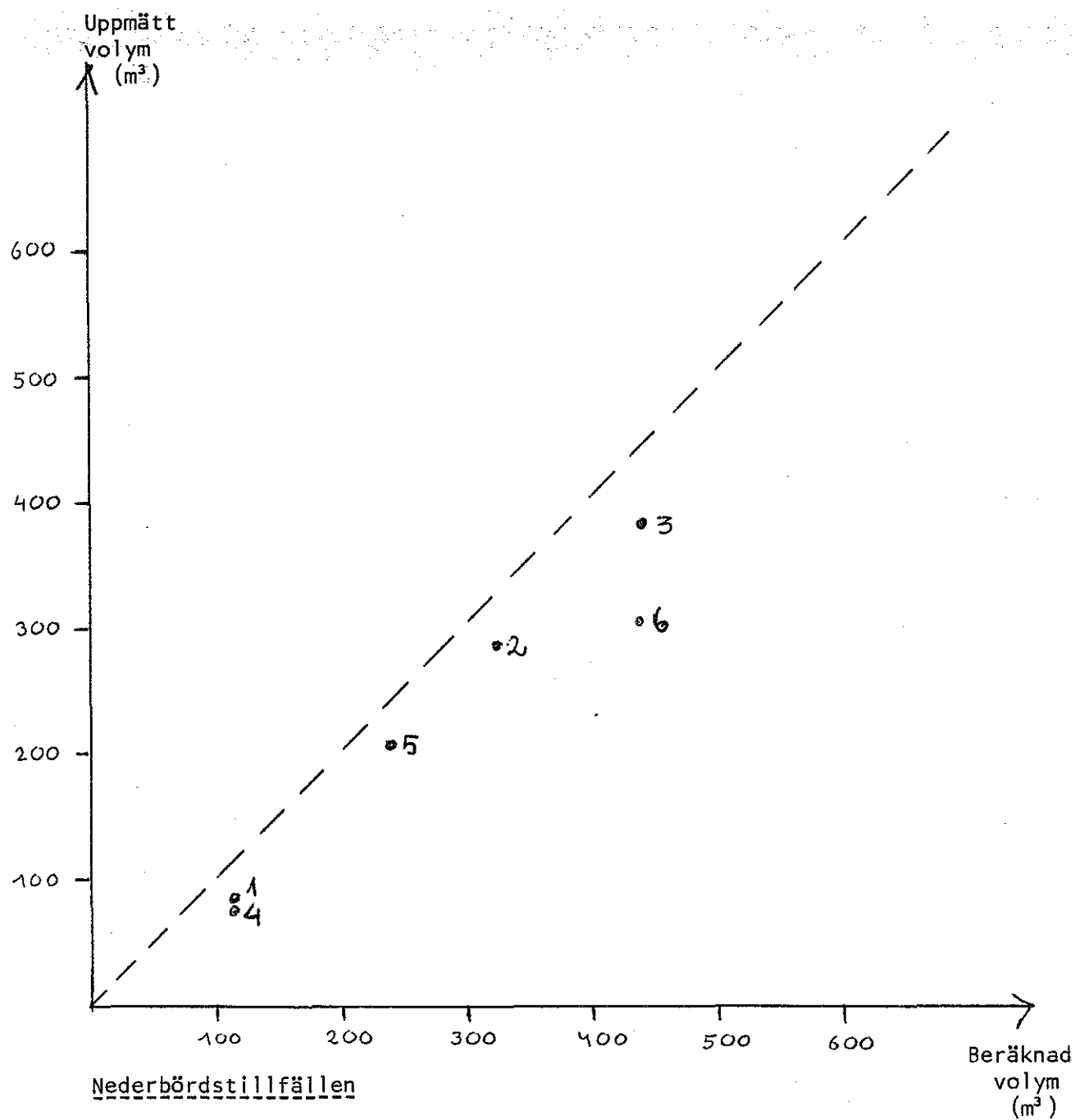
JÄMFÖRELSE MELLAN UPPMÄTTA OCH BERÄKNADE MAXFLÖDEN

Nederbördstillfällen

- | | |
|-----------|-----------|
| 1. 760617 | 5. 760731 |
| 2. 760720 | 6. 760915 |
| 3. 760724 | |
| 4. 760730 | |

Område 2 - villaområdet

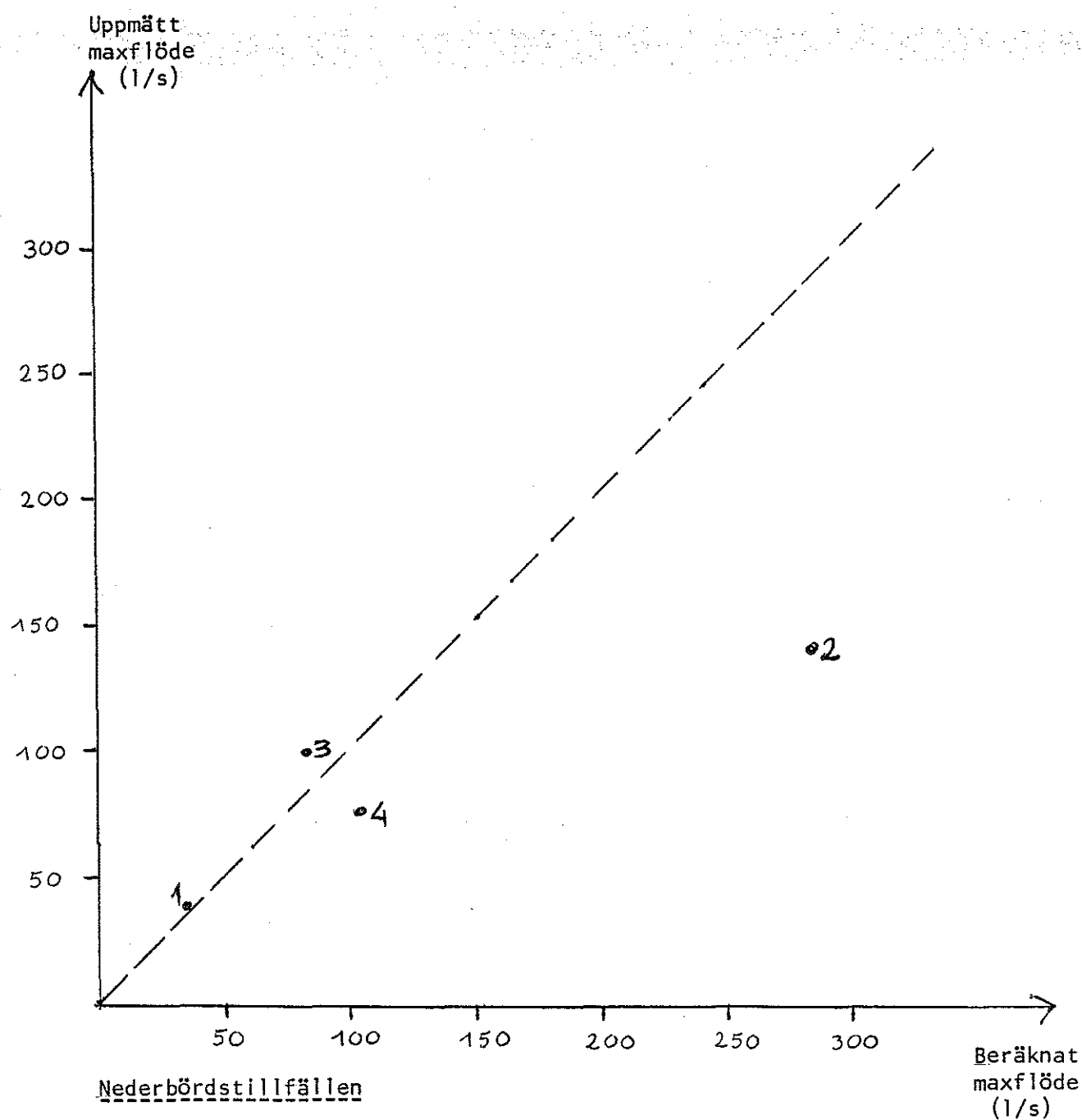
JÄMFÖRELSE MELLAN UPPMÄTT OCH BERÄKNAD AVRINNINGSVOLYM

Nederbördstillfällena

- | | |
|-----------|-----------|
| 1. 760617 | 5. 760731 |
| 2. 760720 | 6. 760915 |
| 3. 760724 | |
| 4. 760730 | |

Område 3 - hyreshusområdet

JÄMFÖRELSE MELLAN UPPMÄTTA OCH BERÄKNADE MAXFLÖDEN



1. 760617

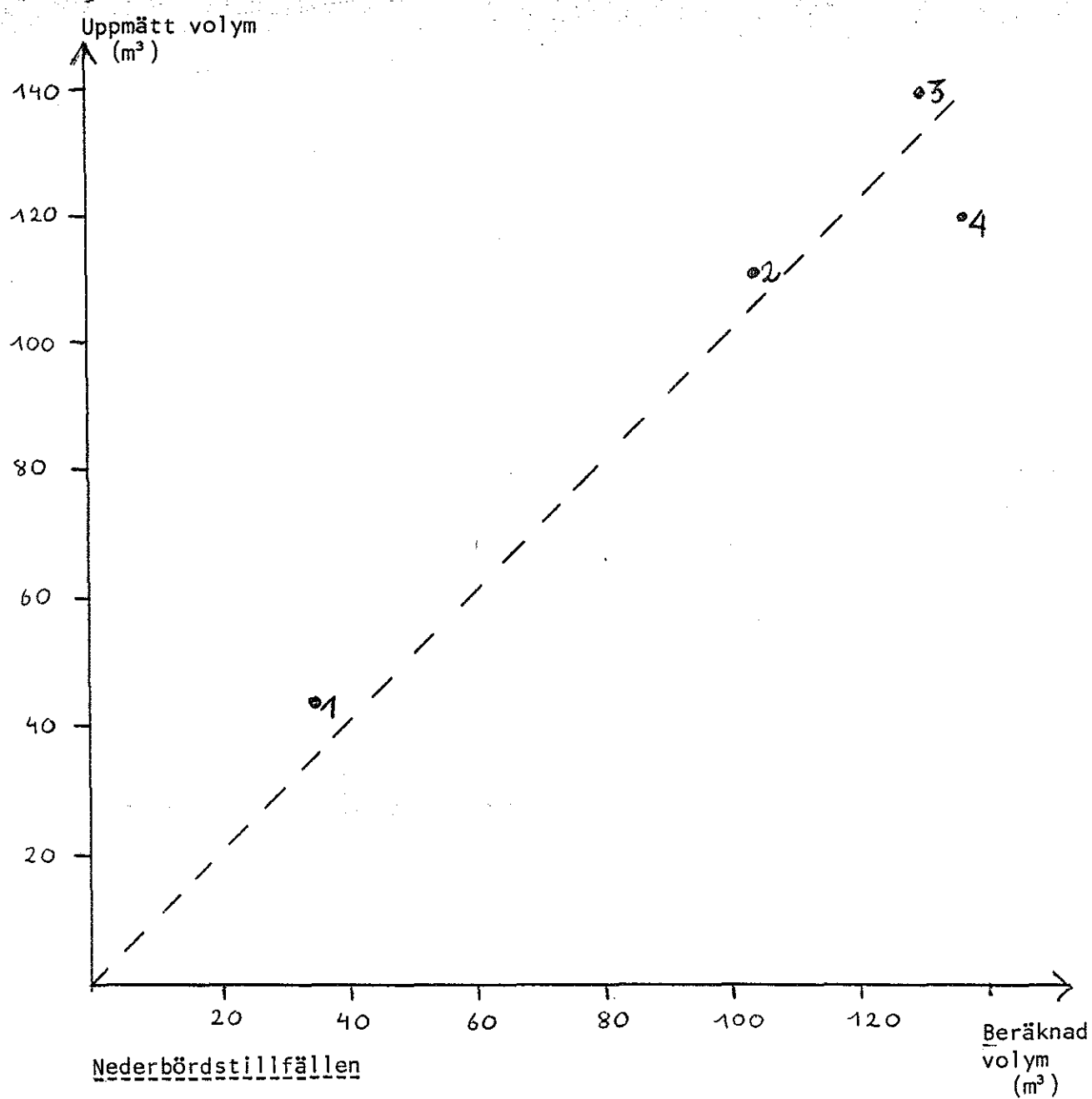
2. 760720

3. 760724

4. 760915

Område 3 - hyreshusområdet

JÄMFÖRELSE MELLAN UPPMÄTT OCH BERÄKNAD AVRINNINGSVOLYM

Nederbördstillfällen

1. 760617
2. 760720
3. 760724
4. 760915

Ritningar

Följande ritningar finns för villaområdet och hyreshusområdet:

Ytmaterial

Storlek på delytor

Lutning på delytor

Ledningsnät

Ritningarna kan erhållas från Inst. för Vattenbyggnad, Chalmers tekniska högskola.