



CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
INSTITUTIONEN FÖR VATTENBYGGNAD

**TEST AV AVRINNINGSMODELL
MOT DATA FRÅN TVÅ URBANA
OMRÅDEN I GÖTEBORG OCH OSLO**

av

**Mats Andersson
Lennart Strömwall**

Examensarbete i vattenbyggnad 1975:7

Göteborg

FÖRORD

Föreliggande examensarbete "Test av avrinningsmodell mot data från två urbana områden i Göteborg och Oslo" är utfört vid institutionen för Vattenbyggnad vid Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg, 1975/76.

Arbetets syfte har varit att studera dagvattenflöde med en beräkningsmodell som håller på att utvecklas vid institutionen.

Vi vill passa på att tacka våra handledare, Viktor Arnell och Sven Lyngfelt, för all den hjälp vi fått under arbetets gång. Vidare får vi framföra vårt tack till forskningsgruppen vid Norges Vassdrags- och Elektrisitetsvesen samt även till Oslos Vann- och Kloakvesen för allt material de ställt till vårt förfogande.

Göteborg i augusti 1976

Mats Andersson

Lennart Strömvall

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Sammanfattning	1
Inledning	3
1 BESKRIVNING AV BERÄKNINGSMODELLEN	4
1.1 Modellstruktur	4
1.2 Beräkningsmodellens delprocesser	6
1.2.1 Nederbörd	6
1.2.2 Infiltration	6
1.2.3 Ytmagasinering	6
1.2.4 Ytflöde	7
1.2.5 Rännstensflöde	7
1.2.6 Ledningsflöde	8
2 INDATA TILL BERÄKNINGSMODELLEN	9
2.1 Nederbörd	9
2.2 Infiltration	9
2.3 Ytmagasinering	10
2.4 Ytvattenavrinning	10
2.5 Rännstensflöde	11
2.6 Ledningsflöde	11
3 STRUKTURERING AV AVRINNINGSSOMRÅDET	12
3.1 Upprättande av indata	12
3.2 Struktureringsnivå	13
4 BERGSJÖNS AVRINNINGSSOMRÅDE	15
4.1 Områdesbeskrivning	15
4.1.1 Allmänt	15
4.1.2 Mätstationer	16
4.2 Olika indelningar av Bergsjöns avrinningsområde	16
4.2.1 Mycket detaljerad indelning (Indelning A)	16
4.2.2 Mindre detaljerad indelning (Indelning B)	17
4.2.3 Grov indelning (Indelning C)	18
4.3 Avrinningssimulering	22

5	OPPSALS AVRINNINGSOMRÅDE I OSLO	29
5.1	Allmänt	29
5.2	Områdesbeskrivning	29
5.2.1	Allmänt	29
5.2.2	Mätstationer	31
5.3	Olika indelningar av Oppsals avrinningsområde	32
5.3.1	Mycket detaljerad indelning (Indelning A)	32
5.3.2	Mindre detaljerad indelning (Indelning B)	33
5.3.3	Grov indelning (Indelning C)	34
5.4	Avrinningssimulering	35
6	KARTERING AV OPPSALS AVRINNINGSOMRÅDE	46
6.1	Fältarbete	46
6.2	Ritnings- och räknearbete	47
7	LITTERATUR	48

BILAGOR

Sammanfattning

En beräkningsmodell för analys av flöden i dagvattenledningar har testats genom simulering av dagvattenavrinningar från två områden. Beräkningsmodellen delar upp avrinningsförloppet i sex delprocesser, nederbörd, infiltration, ytmagasinering, ytflöde, rännstensflöde och ledningsflöde. Resultatet från simuleringarna erhålls i form av en avrinningshydrograf. Vid upprättandet av indata till beräkningsmodellen har detaljeringsgraden på avrinningsområdets indelning i delytor varierats. Beräkningsresultaten för dessa struktureringsnivåer har sedan jämförts inbördes och med uppmätta flöden.

Som underlag för beräkningarna har använts två stycken avrinningsområden, Bergsjön i Göteborg och Oppsal i Oslo. Bergsjön är ett 15,4 ha stort bostadsområde med 38 % impermeabla ytor. Området exploaterades för ca 10 år sedan. Oppsal är även det ett bostadsområde. Dess storlek uppgår till 32,8 ha med 41 % impermeabla ytor. Området är äldre än Bergsjön och byggdes i mitten av femtiotalet. I dessa områden bedrivs kontinuerligt mätningar och registreringar av nederbörd och avrinning. Det första området fanns redan karterat medan det andra fick karteras innan det kunde användas för beräkningar med modellen.

Resultatet av simuleringarna för Bergsjöns avrinningsområde stämmer bra överens med uppmätt avrinning. Överensstämmelsen för området i Oppsal är däremot inte lika bra. Beräkningsmodellen ger i Bergsjön ofta något större maxflöden än de uppmätta, medan de framräknade volymerna stämmer bra med de uppmätta. I Oppsal blir de simulerade maxflödena avsevärt större än de uppmätta maxflödena, vid stora flöden ända upp till 3 gånger för stora. De beräknade volymerna stämmer bättre men även dessa blir för stora.

Vid jämförelsen mellan de olika indelningarna kan man konstatera att skillnaderna mellan beräkningsresultaten är mycket små. Trots att den mest detaljerade indelningen för bägge områdena har 8 gånger fler delytor än den grova indelningen blir de framräknade hydrograferna nästan identiska. Anledningen till att inga skillnader framträder är främst beräkningsmodellens sätt att beräkna ledningsflöde och

rännstensflöde. Så länge modellen befinner sig i detta utvecklings-
skede, kan man vid simulering av avrinningen använda sig av en
mycket grov indelning av området och ändå få ganska bra beräknings-
resultat.

Inledning

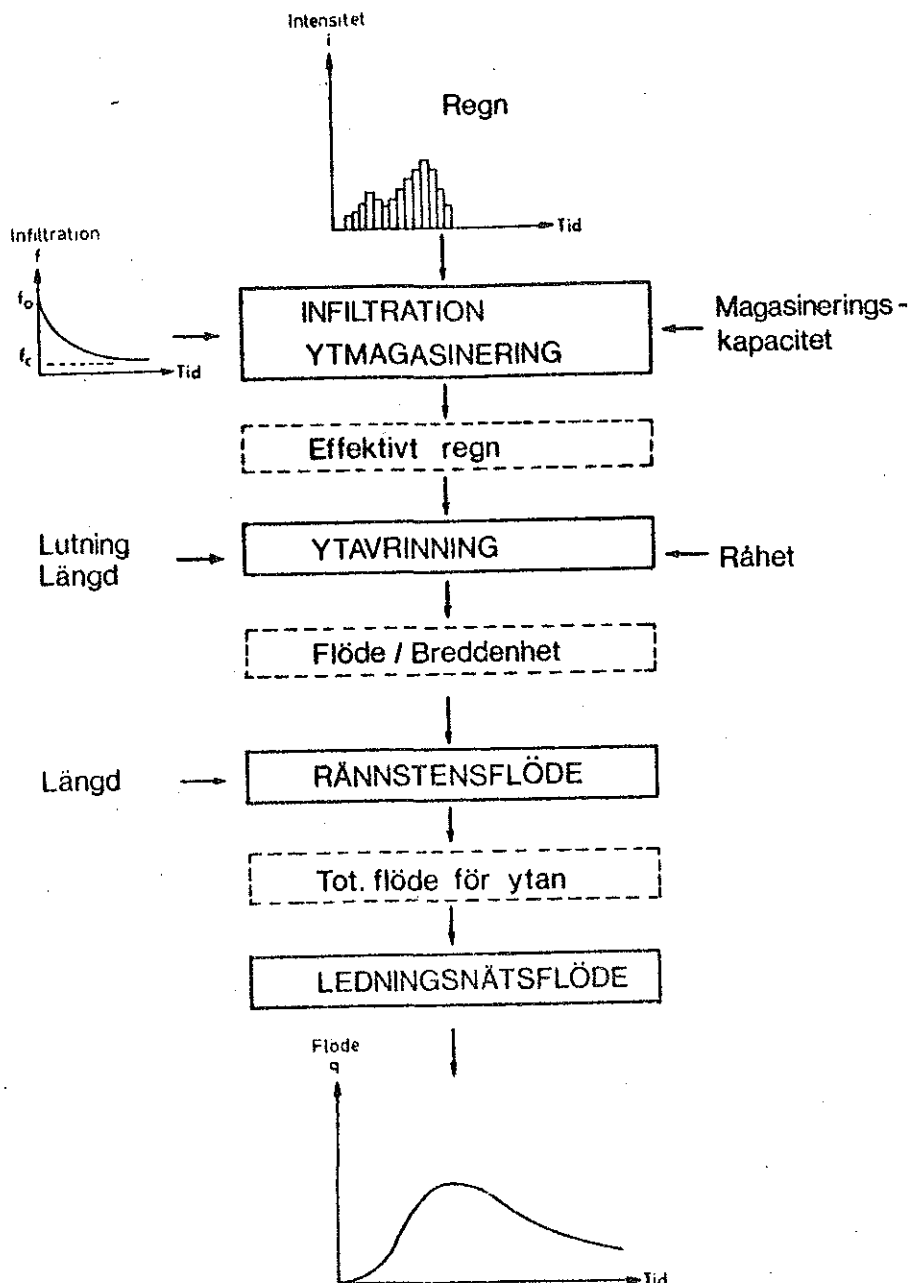
Vid dimensionering av dagvattenledningar används idag ett antal olika metoder. Dessa metoder ger ofta en dålig noggrannhet. I de flesta fall har det visat sig att subjektiva bedömningar i beräkningarna medför att ledningarna ofta överdimensioneras. En mer noggrann beräkning av dagvattenflöden innebär att ledningsdimensionerna reduceras och därmed kan stora kostnadsbesparingar göras. För att kunna beräkna dagvattenflöden mer exakt än vad som för närvarande är fallet håller en beräkningsmodell, ursprungligen upprättad vid Cincinnati-universitetet i USA, på att utvecklas vid institutionen för vattenbyggnad, Chalmers tekniska högskola.

I föreliggande examensarbete har vissa i beräkningsmodellen ingående parametrar kontrollerats. Detta har gjorts med hjälp av avrinningsmodellering i två stycken avrinningsområden, i Bergsjön i Göteborg och Oppsal i Oslo. Det är framför allt struktureringsnivåns inverkan på beräkningsresultatet som har studerats. För Bergsjön har resultaten jämförts med tidigare gjorda tester, medan i Oppsal först ett karteringsarbete utförts och sedan har beräkningsmodellen används utgående från detta kartmaterial. Även i detta fall har olika struktureringsnivåer testats. Karteringsarbetet liksom erhållande av mätdata från Oppsals avrinningsområde, har utförts i samråd med en forskningsgrupp vid Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen.

1 BESKRIVNING AV BERÄKNINGSMODELLEN

1.1 Modellstruktur

En beräkningsmodell upprättad vid Cincinnati-universitetet i USA, se Preul & Papadakis /1970/ /1972/, har varit utgångspunkt för modellarbetet. Modellen har vidareutvecklats vid institutionen för vattenbyggnad, CTH, se Arnell & Lyngfelt /1975/. Beräkningsmodellen är uppdelad i sex delar, nederbörd, infiltration, ytvattenmagasinering, ytvattenavrinning, rännstensflöde och flöde i ledningsnätet, se figur 1. Dessa delprocesser beskriver tillsammans en del av det hydrologiska kretsloppet inom ett urbant område.



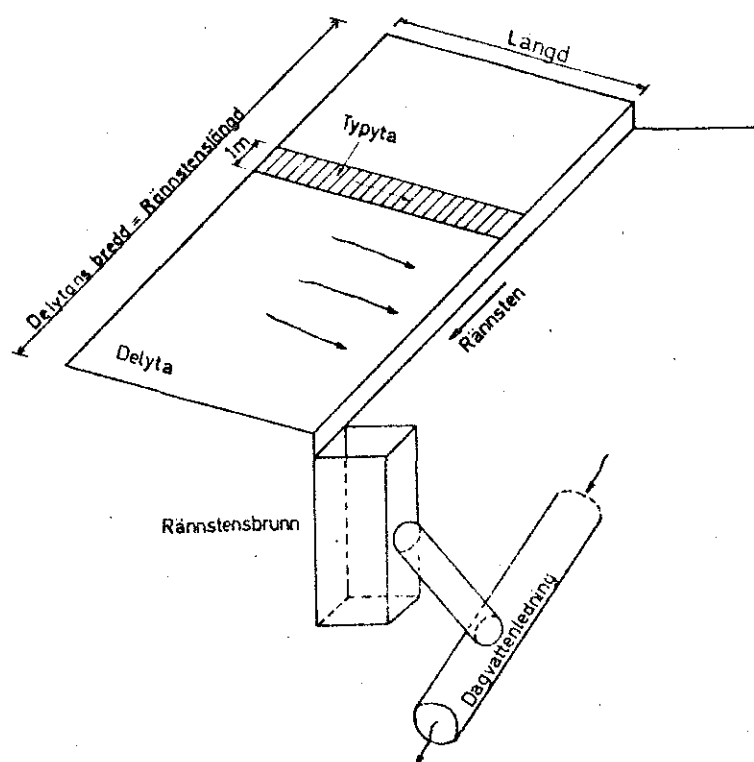
Figur 1.

Beräkningsmodellens struktur.

(Ur Viktor Arnell och Sven Lyngfelt /1975/)

Då beräkningsmodellen ej tar hänsyn till vattnets rörelser i marken lämpar den sig ej att använda i områden där mark- och grundvattenmagasin styr avrinningen. Då dessa faktorer påverkar avrinningen i bebyggda områden endast i ringa omfattning lämpar sig modellen bäst för analys i sådana områden.

Avrinningsprocessen kan schematiskt studeras i figur 2. Avrinningsområdet får först indelas i ett antal representativa delytor. Dessa delytor skall var och en ha en enhetlig struktur och lutning. Som exempel på delytor kan nämnas en gatusträcka mellan två rännstensbrunnar, takyta eller en gräsmatta. Större ytor t ex skogsmark, trädgård eller gräsmattor kan också anses som en delyta.



Figur 2.

Schematisk indelning av avrinningsprocessen.

(Ur Viktor Arnell och Sven Lyngfelt /1975/)

Beräkningsmodellen beräknar avrinningen från delytan för en en meter bred typyta. Vattnet rinner av delytan och samlas upp i en rännsten, vars flöde summeras i dess nedströmsände. Detta flöde förs sedan in i ledningssystemet i en verklig eller fiktiv brunn.

1.2 Beräkningsmodellens delprocesser

1.2.1 Nederbörd

Indata till modellen utgörs av en hyetograf med momentana regnintensitetsvärden. Mellan dessa intensitetsvärden utförs rätlinjig interpolation. Samma intensitetsvärde förutsätts gälla för hela avrinningsområdet.

1.2.2 Infiltration

Ur infiltrationssynpunkt anses delytorna antingen som permeabla eller impermeabla. För de permeabla ytorna beräknas infiltrationen med hjälp av Hortons ekvation.

$$f = f_c + (f_o - f_c) e^{-t_f \cdot k} \quad (1)$$

f = infiltrationskapacitet vid tiden t_f (mm/h)

f_o = infiltrationskapacitet vid tiden $t_f = 0$ (mm/h)

f_c = infiltrationskapacitet vid tiden $t_f = \infty$ (mm/h)

k = avklingningshast (1/h)

t_f = tiden från början av infiltrationskapacitetskurvan (h)

Infiltrationen är beroende av regnintensiteten vid regnets början. Om regnintensiteten är större än infiltrationskapaciteten startar infiltrationskurvan samtidigt som regnhyetografen. Vid lägre regnintensitet förskjuts infiltrationskurvan i förhållande till regnkurvan tills infiltrerad volym är lika med regnvolym.

1.2.3 Ytmagasinering

Till ytmagasinering räknas interception, vätning samt magasinering av vatten i håligheter. Detta vatten antages ej delta i avrinnings-

processen. Ytvattenmagasinsförändringen beskrivs med ett exponentiellt samband

$$s = (i-f) e^{-\frac{P-F}{S}} \quad (2)$$

s = tillflöde till ytmagasin (mm/h)

i = nederbördsintensitet (mm/h)

f = infiltrationskapacitet (mm/h)

P = ackumulerad nederbörd vid tiden t (mm)

F = ackumulerad infiltration vid tiden t (mm)

S = total ytmagasinskapacitet (mm)

Ekvation (2) talar om att ytaavrinning inträder samtidigt som ytmagasinerings. Tappning av ytmagasinet kan ske då regnintensiteten underskrider infiltrationskapaciteten.

1.2.4 Ytflöde

För varje typyta anges vilket infiltrations- och ytmagasinsfall som gäller. Beroende på ansatta värden på infiltrations- och ytmagasinskoefficienter beräknas ytflödet med hjälp av Mannings formel

$$Q = \frac{1}{n} \cdot y^{5/3} \cdot I^{1/2}$$

n = Mannings råhetskoefficient

y = vattendjupet vid ytans nedströmsände (m)

I = ytans lutning

Vattendjupet beräknas med hjälp av ett empiriskt samband mellan vattendjup och den genomsnittliga ytmagasinerings. Med en kontinuitetsekvation beräknas sedan avrinningshydrografen för ytor med en meters bredd.

1.2.5 Rännstensflöde

Vattnet som rinner av från varje delyta samlas upp i rännstenar. Flödet i dessa rännstenar beräknas med en kontinuitetsekvation.

$$q_r = q_L \cdot L_r + q_o$$

q_r = rännstensflödet (m^3/s)

q_L = laterala inflödet från intilliggande ytor per meter rännsten ($m^3/s \cdot m$)

L_r = rännstenens längd (m)

q_o = inflödet i uppströmsändan av rännstenen från ovanför liggande rännstenar

Samtliga bidrag från rännstenarna summeras i närheten av en brunn där det förs in i ledningsnätet.

1.2.6 Ledningsflöde

Utgående från ledningssträckans längd, diameter, lutning och råhet beräknas ledningsflödet med en enkel förskjutningsprincip. Hydrografen flyttas till nedströmsbrunn med bibehållen form. Flyttiden är den som motsvaras av hastigheten för flödet vid hydrografens tyndpunkt, och avrundas av beräkningsmodellen till närmaste hela minut. Detta innebär att flyttider mindre än 30 sekunder sätts lika med noll, vilket kan anses vara en mindre god approximation. I de fall ledningen blir dämnd sätts flyttiden samma som vid fylld ledning.

2 INDATA TILL BERÄKNINGSMODELLEN

2.1 Nederbörd

Beräkningsmodellen är bl a avsedd att användas för dimensionering av ledningar, utjämningsbassänger och bräddavlopp. Framtagande av dimensionerande flöden för dessa konstruktioner har traditionellt gjorts med statistisk analys av nederbördsdata. Med hjälp av denna analys kan ledningarna dimensioneras för ett regn med en viss statistisk återkomsttid, vanligen tvåårsregnet. Man antager då att det rådersamma statistiska fördelning för både regnet och det uppträdande flödet. Detta antagande gäller dock inte alltid. Istället kan flöden beräknas för en serie av regn, vilka sedan analyseras statistiskt. Ett sådant förfarande kräver dock stor tillgång på mätdata.

Nederbördsregistreringarna i resp avrinningsområde används som indata i beräkningsmodellen för att beräkna avrinnande flöden, vilka sedan jämförs med de uppmätta. Regnen har en tidsupplösning på en minut. Ur uppmätt nederbördsintensitet beräknas en medelintensitet för varje minut som används som indata i beräkningsmodellen.

2.2 Infiltration

För beräkning av infiltrationskapaciteten med Hortons ekvation är kännedom om vissa utgångsparametrar nödvändig. Dessa parametrar är infiltrationskapaciteten vid regnets början, infiltrationskapacitetens asymptotvärde svarande mot uppnådd fältkapacitet samt avklingningskonstantens värde. Samtliga dessa parametrar är mycket svåra att bestämma. Med hjälp av ringinfiltrometerförsök har man försökt uppskatta dessa parametrar. Dessa försök visar dock en mycket stor spridning i mätvärdena även inom samma område. I brist på bättre har dessa mätresultat används som indata i modellen. Utförda försök i Bergsjön visar att ingen avklingning i infiltrationskapaciteterna kan påvisas. Detta medför att man kan ansätta konstanta infiltrationskapaciteter som funktion av tiden. Infiltrationskapaciteten har vi satt så stor så att ingen avrinning från permeabla ytor förekommer.

2.3 Ytmagasinering

För beräkning av ytmagasineringen erfordras ett värde på magasin-koefficienten. Vid testkörningar med korta intensiva regn visar modellen att denna koefficient har stor betydelse för avrinningshydrografen, speciellt den avrunna volymen. Ytmagasinskoefficientens storlek har bl a studerats av Pfeiff och Pecher. Utgående från deras resultat har indata till modellen valts, se tabell 1. I verkligheten har tidsförhållandet till föregående regn stor inverkan på ytmagasineringen. Detta tages dock ingen hänsyn till i beräkningsmodellen.

Tabell 1

Regnförluster genom fuktning av ytor och uppfyllning av håligheter enligt Pecher /1970/.

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, betesmark	0,6 - 2,5 mm
Jord med kraftig växtlighet	2,5 - 4,0 mm

2.4 Ytvattenavrinning

För bestämning av ytavrinningen är tillgång till kartmateriel över avrinningsområdet nödvändig. Dessa kartor skall bl a innehålla uppgifter om ytstruktur och lutningar. Avrinningsområdet indelas

som tidigare nämnts i ett antal delytor. Ytavrinningen från varje delyta beräknas för en typyta med en meters bredd. Som indata till beräkningsmodellen beskrives dessa typytor med uppgift om typytans nr, längd, råhet och lutning.

2.5 Rännstensflöde

Vid beräkning av rännstensflödet görs en summering av tillrinnande flöden från delytor längs rännsten. Som indata anges aktuella typytor med nr och rännstenens längd. Rännstenens längd bestämmas med hjälp av befintligt kartmaterial.

2.6 Ledningsflöde

Vid varje rännstensbrunns nedströmsände införs vattnet i ledningssystemet via en verklig eller fiktiv brunn. För ledningssträckorna mellan brunnarna anges längd, lutning och dimension. Dessa uppgifter kan erhållas från kart- och ritningsmaterial. Vidare skall uppgift om ledningens råhet anges i indata, denna erhålls ur handbok.

3 STRUKTURERING AV AVRINNINGSOMRÅDET

3.1 Upprättande av indata

Som tidigare nämnts indelas avrinningsområdet i ett antal delytor. En delyta kan t ex vara en asfalterad gatusträcka. Denna gatusträcka avgränsas mot omgivande delytor, t ex en gräsmatta eller annan gatusträcka, genom avvikande ytstruktur resp lutning. Vidare är indelningen i delytor beroende av avvattningen. En gatusträcka med enhetlig bredd, lutning och råhet delas ofta upp i flera delytor då gatusträckan avvattnas till flera rännstenar. Detta innebär alltså att varje delyta endast får avvattnas till en rännsten. Vid indelning av avrinningsområdet utgår man enklast från det att varje rännstensbrunn har sitt eget lilla avrinningsområde. Detta indelas sedan i delytor.

Varje delyta beskrives med hjälp av en en meter bred typyta för vilken avrinningen beräknas. Varje typyta beskrives i början av indata med en viss längd, lutning, råhet, ytmagasins- och infiltrationsegenskaper. Det är ofta vanligt att samma typyta används vid ett flertal tillfällen i indata. T ex en gatusträcka med enhetlig lutning, längd och råhet förekommer ju ofta på skilda ställen i avrinningsområdet. Typytans längd används även som längd för delytan, som approximeras med en rektangulär yta. För att beräkna avrinningen från delytan erfordras endast uppgift om delytans bredd (rännstenens längd), då övriga uppgifter hänförs till respektive typyta. Det är viktigt att bredden på delytan ansätts så att delytans valda area, (bredd x längd), överensstämmer med den verkliga arean.

Avrinningen från varje delyta samlas upp i en verklig eller fiktiv rännsten. För indata till rännstensflödesmodellen ansätts tillrinning i rännstenen från både höger och vänster sida. Som exempel kan nämnas, en rännsten mellan en gatusträcka från vänster och en gräsmatta från höger. Det är då av stor vikt att den asfalterade gatusträckan, som deltagar mer aktivt i avrinningen än gräsmattan, ansätts med ett längd x bredd förhållande, som överensstämmer väl med den verkliga arean. Detta medför alltså

att bredden på gatusträckans delyta bestämmer rännstenslängden, vilket också innebär att gräsmattans valda area ibland inte överensstämmer helt med den verkliga arean. För det fall då tillrinning till rännstenen enbart kommer från en sida antages en fiktiv yta från den andra sidan.

Varje rännsten mynnar i sin nedströmsände i en rännstensbrunn eller nedstigningsbrunn. Dessa kan sedan användas som inloppspunkter i ledningsnätet. Inloppspunkterna kan även utgöras av fiktiva brunnar. Vi har konsekvent använt oss av nedstigningsbrunnar som inloppspunkter. För att kunna ange var olika inloppspunkter är belägna måste ledningssystemet numreras. Numreringen göres så att den längst uppströms belägna brunnen i avrinningsområdet erhåller nr 1. Det är sedan viktigt att numreringen sker så att ingen brunn har högre nr än någon nedströms belägen brunn. Varje ledningssträcka ges sedan samma nummer som den uppströms liggande brunnen.

3.2 Struktureringsnivå

En av uppgifterna med detta examensarbete är att studera struktureringsnivåns inverkan på beräkningsresultatet. Med struktureringsnivå menas detaljeringsgraden vid indelning av avrinningsområdet i delytor.

Som underlag för indelningen av avrinningsområdet används upprättade kartor och fältmätningar. För en mycket detaljerad indelning av området i delytor krävs ett kartmaterial som har en noggrannhet i motsvarande grad. Då karteringsarbetet är mycket omfattande och tar stor tid i anspråk vore det intressant att se om detta kunde reduceras. Om detaljeringsgraden på indelningen kan minskas innebär det att detaljriktigheten på kartorna kan reduceras. Det innebär vidare förenklat och förminskat arbete vid upprättande av indata.

För att undersöka struktureringsnivåns inverkan på beräkningsresultatet har avrinningssimulering studerats, dels i Bergsjöns avrinningsområde, Göteborg samt även i Oppsals avrinningsområde, Oslo. Varje område har indelats i ett antal olika nivåer

och testats på beräkningsmodellen. Indelningar och beräkningsresultat kan studeras under respektive områdesrubrik.

Med hjälp av befintligt kart- och ritningsmaterial samt fältmätningar har först en så detaljerad strukturering av området som möjligt gjorts. Utgående från denna har sedan inskränkningar och sammanslagningar av delytor gjorts. Vid sammanslagningen av delytor har största vikt lagts vid att återge de impermeabla ytorna så noggrannt som möjligt. Deras area har hela tiden ansatts med den verkliga däremot har vissa inskränkningar i lutning fått göras. Detta utgående från tester av modellen med variation av parametrar, vilka visar att variation i lutning har mindre inverkan på beräkningsresultatet. En representativ medellutning för varje delyta har istället framtagits. Sammanslagning av ytor med olika ytstruktur har även förekommit. Det är då främst frågan om två eller flera permeabla ytor. Den dominerande ytstrukturen får då representera delytan, vilket innebär att vissa generaliserade värden på infiltrations, råhets och ytmagasinsparametrarna ansätts. I första hand slås delytor med liknande typyta samman genom en förlängning av rännstenen. Detta medför att flytlängden för den ihopslagna ytan är den samma som för de ursprungliga. Det är alltså endast rännstensflödet som påverkas, men då detta endast beräknas genom summation längs rännstenen förändras inte avrinningshydrografen. Däremot då två angränsande delytor med olika flytlängd approximeras med en medelflytlängd erhålls teoretiskt en annan avrinningshydrograf.

Vid reduktion av antalet delytor genom förlängning av rännstenarna minskar man även antalet inloppspunkter, vilket påverkar ledningsflödet. Det är framför allt flyttiderna i ledningsnätet som påverkas. I beräkningsmodellen avrundas dessa till närmste hel minut. Flyttiden avrundas då ofta till noll, vilket innebär att reduktionen av inloppspunkter kan anses påverka beräkningsresultatet endast i liten omfattning.

4 BERGSJÖNS AVRINNINGSSOMRÅDE

4.1 Områdesbeskrivning

4.1.1 Allmänt

Det studerade avrinningsområdet är beläget ca 15 km NO Göteborgs centrum. Områdets area uppgår till ca 15,4 ha. Höjdnivån i området varierar från 90 till 116 m ö h. I öster begränsas området av en fyrfilig väg medan det för övrigt är skogsklädda bergpartier som utgör begränsningslinjer till området.

Bebyggelsen i området består av 4 st sexvåningshus, 5 st trevåningshus samt ett mindre köpcentrum i områdets centrala delar. Övriga hårdgjorda ytor som förekommer i området är vägar, parkeringsplatser, gångvägar samt gårdsplaner.

Området lutar i östlig riktning. Lutningarna varierar relativt mycket. I bergspartierna varierar lutningen mellan 25-500 ‰, medan däremot gräsmattor och asfaltytor runt husen lutar betydligt mindre, varierar mellan 1-50 ‰.

Tabell 2

Andelen av ytor med olika ytstruktur.

Yttyp	Area (ha)	Andel (%)	Medellutning (‰)
Asfalt, belongytor	4,2	27	29
Takytor	1,6	11	30
Bergklackar	0,6	4	--
Gräsmattor	3,4	22	65
Skogsbevuxen terräng	4,3	28	100
Övrigt	1,3	8	--

I tabell 2 kan fördelningen mellan olika yttyper studeras. Den skogsbevuxna terrängen dominerar i områdets norra och västra delar. I de bebyggda delarna är det däremot asfalt, gräsmattor och viss mån takytor som tar upp större delen av arean.

Ledningssystemet är utbyggt efter duplikat system. Systemet är trädformigt utbyggt och kan beskrivas med sex stycken huvudledningar. Ledningsdimensionerna varierar från ϕ 225 till ϕ 800 vid utloppet. Goda lägningsförhållanden, avsaknad av leror samt ringa djup till berg, gör att ledningssystemet kan anses vara av god kvalitet.

För ytterligare beskrivning av Bergsjöns avrinningsområde, se Janis /1974/ och Lyngfelt /1975/.

4.1.2 Mätstationer

Nederbördsstationen är placerad på en relativt öppen plats centralt i området. Nederbörden registreras med en mätare som fungerar enligt system Hellman. Detta system bygger på flottörprincipen. Registreringen sker så att ackumulerad nederbörd ritas som funktion av tiden på ett löpande diagrampapper. Nederbördsintensiteten beräknas ur medellutningen på den registrerade kurvan över önskat tidsintervall. Pappret matas fram med en hastighet av 40 mm/h. Detta möjliggör utvärdering av nederbörd ner till ett tidsintervall på ca 90 sekunder, samt nederbördsmängder ner till 0.05 mm.

Avrinningsmätstationen är belägen ca 200 m öster om avrinningsområdet där ϕ 800-ledningen mynnar i en ravin. Där har en mät-damm i trä byggts. Vattnet strömmar från ledningen ut över en stenbädd och fördelas över dammens tvärsektion. Mätsektionen är ett skarpkantat överfall med öppningsvinkel 120° . Max registrerbart flöde uppgår till ca 1000 l/s. Registrering av vattennivån i dammen sker med en bandskrivarpegel av märket A Ott Kempton. Nivåvariationerna återges med hjälp av flottör ϕ 250 mm i skala 1:2,5 på ett diagrampapper. Detta matas med en hastighet av 20 mm/h vilket ger en tidsupplösning på ca 2 minuter.

4.2 Olika indelningar av Bergsjöns avrinningsområde

4.2.1 Mycket detaljerad indelning (Indelning A)

Utgående från befintligt kartmaterial är området så detaljrikt indelat som möjligt. Varje rännstensbrunns eget lilla avrinningsområde har i detta fall indelats så att samtliga förekommande

ytstrukturer bildar sin egen delyta. Detta medför ofta att varje rännstensbrunn får ett flertal rännstenar. På kartmaterial finns medellutningen för varje delyta angiven, varför ingen ytterligare indelning av delytan med avseende på lutningen kan göras.

Området anses kunna beskrivas med 44 st typytor. Dessa typytor används i 190 delytor. Exempel på detaljeringsgraden vid denna indelning kan studeras i figur 3. Delytornas medelstorlek är 800 m^2 .

Tabell 3 Tabell över karakteristiska data vid mycket detaljerad indelning av Bergsjöns avrinningsområde.

	Permeabla	Impermeabla	Fiktiva	Totalt
Typytor	25	18	1	44
Delytor	85	105	(81)	190
Rännstenar	-	-	-	130

4.2.2 Mindre detaljerad indelning (Indelning B)

Reduktionen i denna indelning jämfört med indelning A, har framför allt gjorts genom sammanslagning av ytor med liknande ytstruktur och lutning. Små delytor har tagits bort och räknats in i större t ex planteringar räknats in i omgivande gräsmatta. Största vikten har lagts vid att beskriva de impermeabla ytorna så exakt som möjligt. Vidare har delytornas valda area ansatts så att de överensstämmer med den verkliga arean. Däremot har vissa generaliseringar i lutningar tillåtits. Varje ursprunglig delyta har tillåtits avvika upp till 100% från den ansatta medellutningen för den sammanslagna delytan.

Antalet typytor har reducerats till 25 st. Dessa 25 st typytor används sedan i 126 delytor. Detta innebär en reduktion i detaljeringsgrad med ca 35%, jämfört med indelning A. Till vissa brunnar mynnar inga rännstenar varför ett fiktivt flöde får ansättas till dessa brunnar. Exempel på detaljeringsgraden kan studeras i figur 4. Delytornas medelstorlek är 1225 m^2 .

Tabell 4 Tabell över karakteristiska data vid mindre detaljerad indelning av Bergsjöns avrinningsområde.

	Permeabla	Impermeabla	Fiktiva	Totalt
Typytor	15	9	1	25
Delytor	55	71	(31)	126
Rännstenar	-	-	-	73

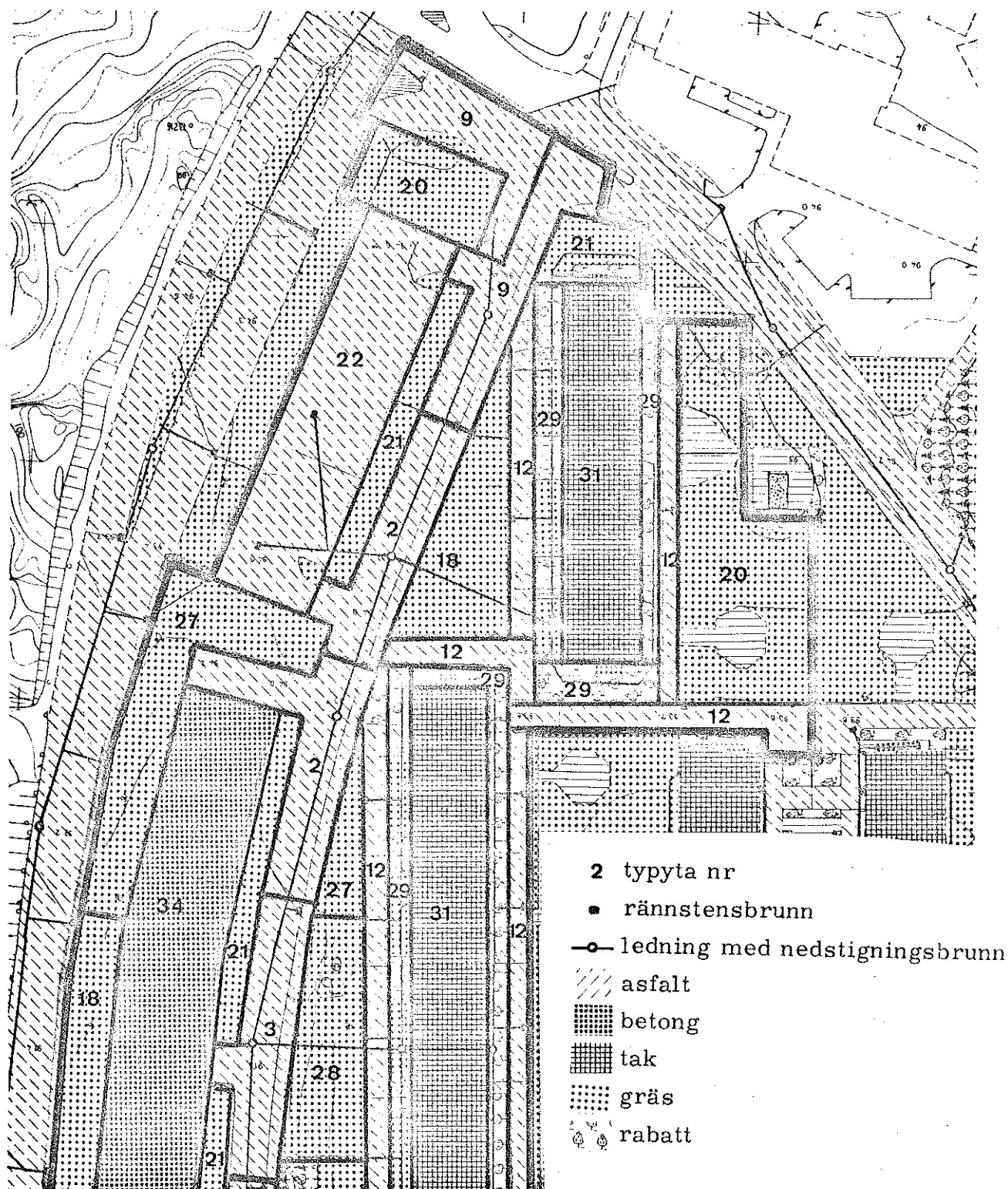
4.2.3 Grov indelning (Indelning C)

Ledningssystemet i området förgrenar sig trädformigt och kan anses bestå av sex stycken grenledning. Till var och en av dessa grenledningar har en representativ typyta med avseende på lutning och flytlängd framtagits för varje förekommande ytstruktur. Tex får en asfaltyta med genomsnittlig lutning och flytlängd anses representera samtliga asfaltytor som rinner till grenledningen. Även i denna indelning överensstämmer den valda arean med den verkliga arean. Däremot har flytlängder och lutningar ansatts med medelvärden.

Totalt beskrivs nu området med hjälp av 16 st typytor varav tre är takytor. Antalet delytor uppgår i detta fall till endast 17 stycken. Reduktionen i detaljeringsgraden jämfört med indelning A uppgår nu till ca 90%. Exempel på detaljeringsgraden kan studeras i figur 5. Delytornas medelstorlek är 7000 m^2 .

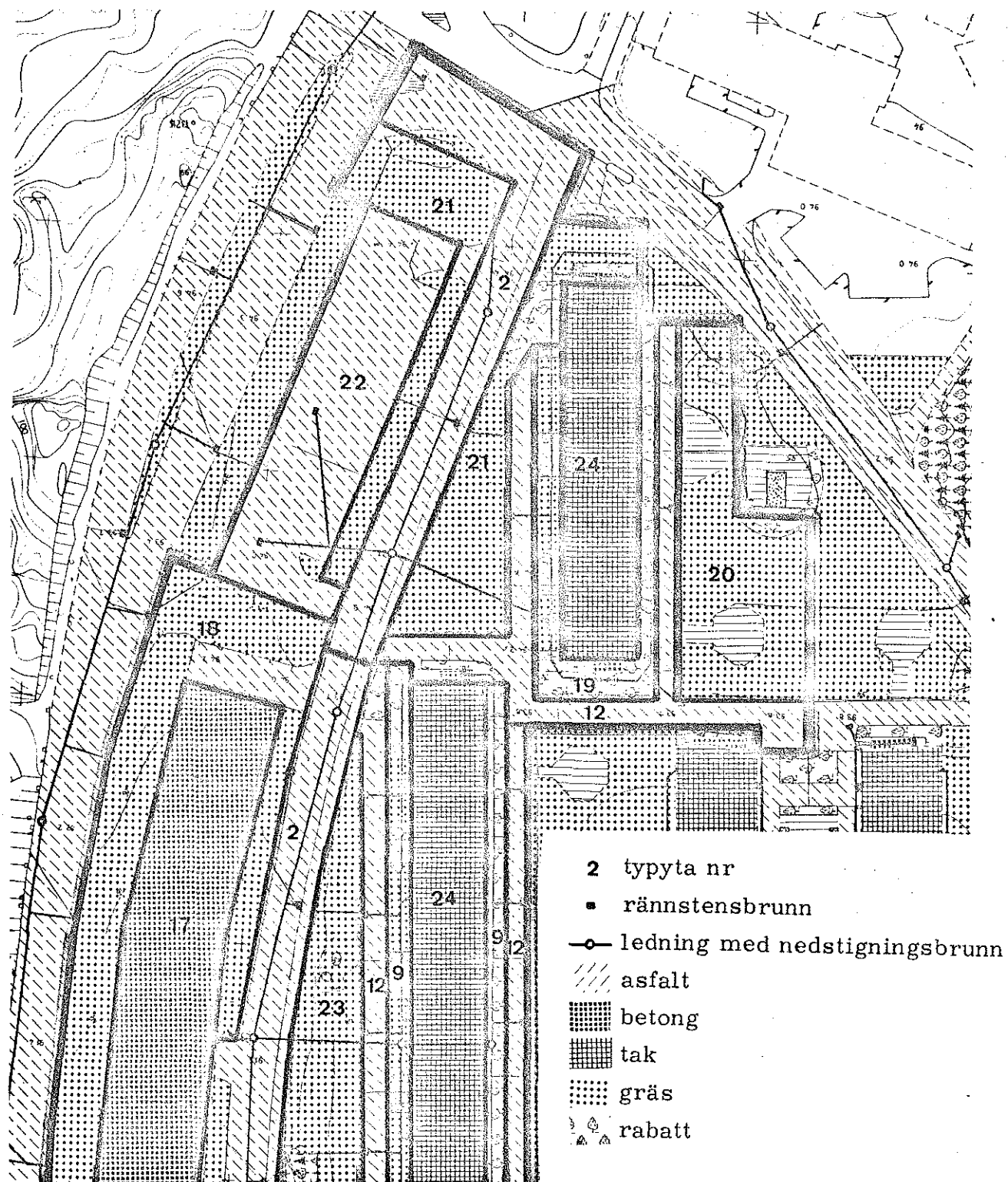
Tabell 5 Tabell över karakteristiska data vid grov indelning av Bergsjöns avrinningsområde.

	Permeabla	Impermeabla	Fiktiva	Totalt
Typytor	8	7	1	16
Delytor	9	13	(17)	22
Rännstenar	-	-	-	17



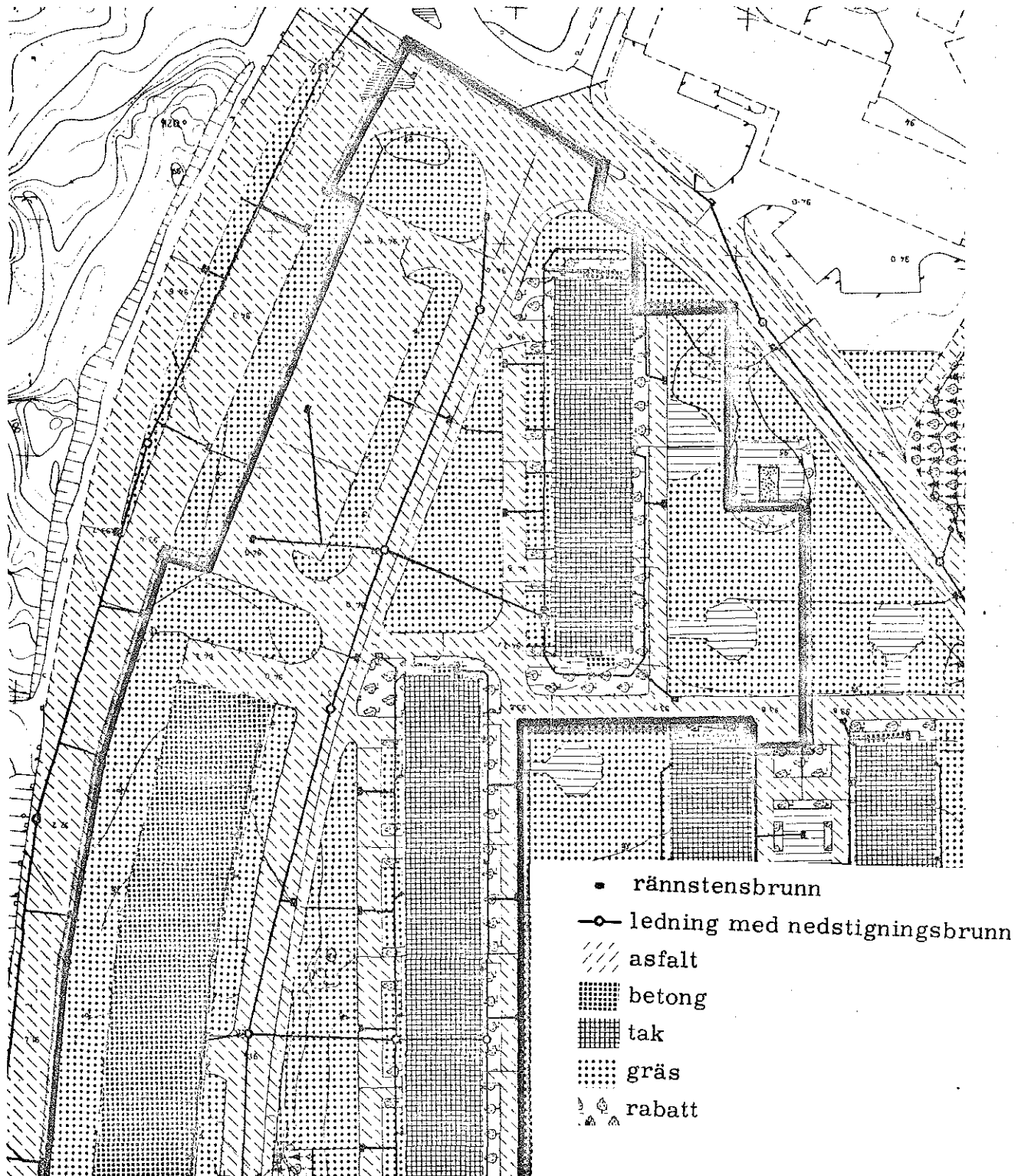
Figur 3.

Exempel på detaljeringsgraden vid indelning A.



Figur 4.

Exempel på detaljeringsgraden vid indelning B.



Figur 5.

Indelning C: Detta delområde representerar avrinningsområdet till en grenledning. Delområdet har endast strukturerats med avseende på olika ytstrukturer. Samtliga förekommande asfaltytor inom delområdet har summerats och anses bilda en delyta. På samma sätt har samtliga gräs-, tak- och betongytor summerats och bildar varsin delyta. Totalt inrymmer området alltså endast fyra stycken delytor.

4.3. Avrinningssimulering

Vid tester av beräkningsmodellen (Runo 4) har tio stycken regn uppmätta i avrinningsområdet använts som indata. Regnen har varit av varierande varaktighet och intensitet. Varje regn har använts för avrinningssimulering med samtliga tre struktureringsnivåer.

Vid de simuleringar som vi har gjort erhålls ingen avrinning från permeabla ytor. Detta beroende på att infiltrationsparametrarna är så höga att infiltrationen hela tiden överskrider regnintensiteten. Därför saknar dessa parametrar intresse för avrinningen och redovisas inte. Storleken på övriga valda parametrar redovisas i följande uppställning:

Ytmagasin S	asfalt	0,8 mm
	tak	0,3 mm
Mannings tal n	asfalt	0,012
	tak	0,011
	betongbeläggning	0,014
	ledningar	0,012

De mätfel som kan uppstå vid såväl mätning av avrinningshydrografen som nederbördshyetografen kan anses uppgå till 10 - 15 %, se Arnell & Lyngfeldt (1975). Vidare kan nederbörden vara av lokal natur och variation av intensiteten över området kan förkomma.

Resultat av några simuleringar kan studeras i fig 6, 7, 8, 9 och tabell 6.

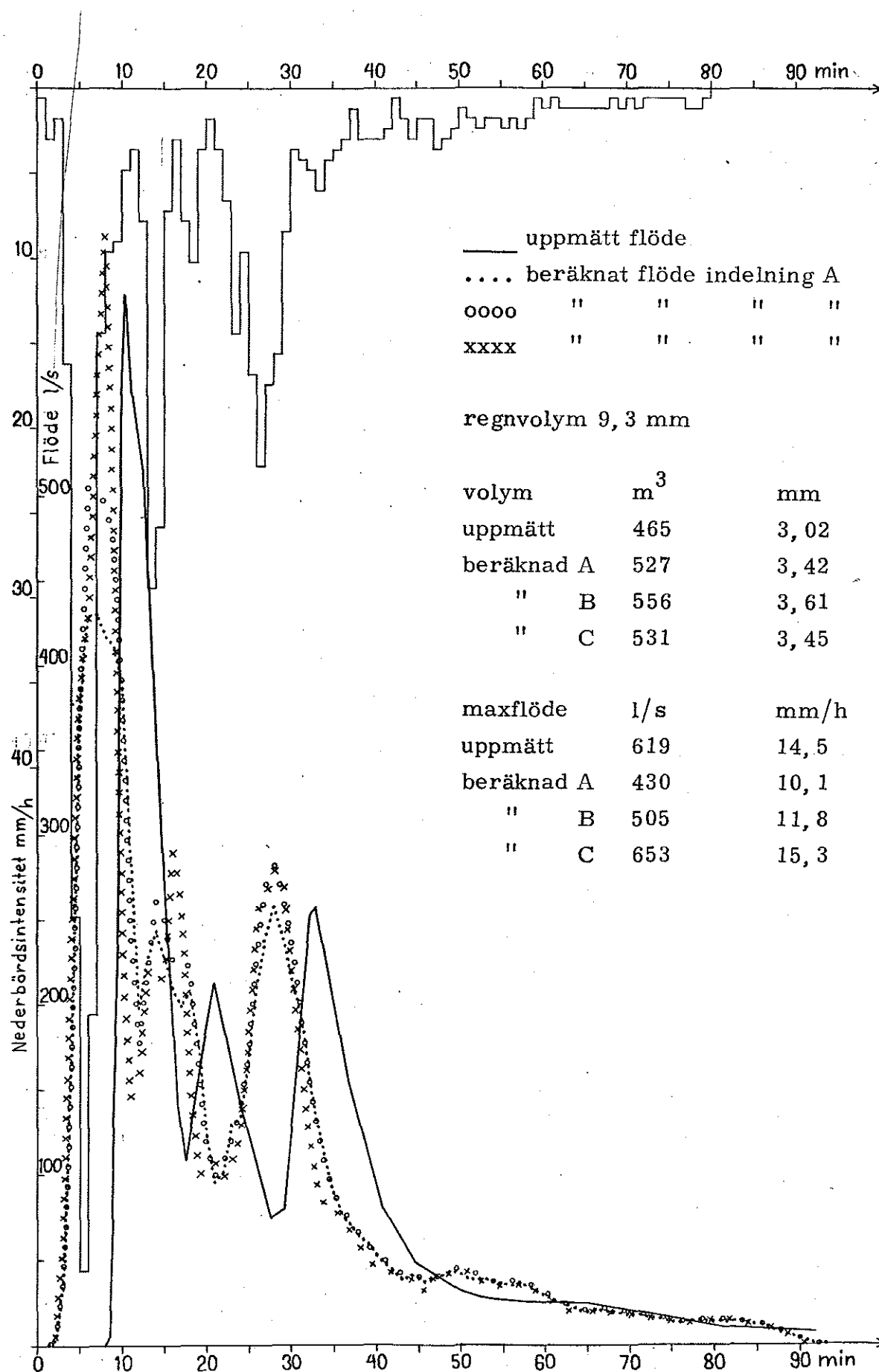
Vid de tester som gjorts av beräkningsmodellen har framkommit att den ger något för höga maxflöden vid små uppmätta maxflöden och något för låga maxflöden vid stora uppmätta maxflöden. Beräkningsmodellens volymsberäkningar visar en god överensstämmelse med de uppmätta volymerna. Om man studerar avrinningssimuleringarna och noterar avvikelser mellan beräknade och uppmätta avrinningshydrografer ser man dels de ovan nämnda avvikelserna i maxflöden samt att det ofta förekommer en tidsförskjutning mellan hydrograferna. Det är genomgående så att den beräknade hydrografen kommer före den uppmätta i tiden. Orsaken till dessa båda av-

vikelser är antagligen den bristfälliga hydrauliska ledningsnätssmodellen. Den stora bristen i ledningsnätssmodellen är framför allt att flyttiderna avrundas till närmaste hel minut. Detta medför att relativt stora tidsförskjutningar kan inträffa då t.ex flyttiden i ett flertal ledningar ligger mellan noll och en halv minut. Flyttiden för dessa ledningar avrundas då nedåt och sätts lika med noll.

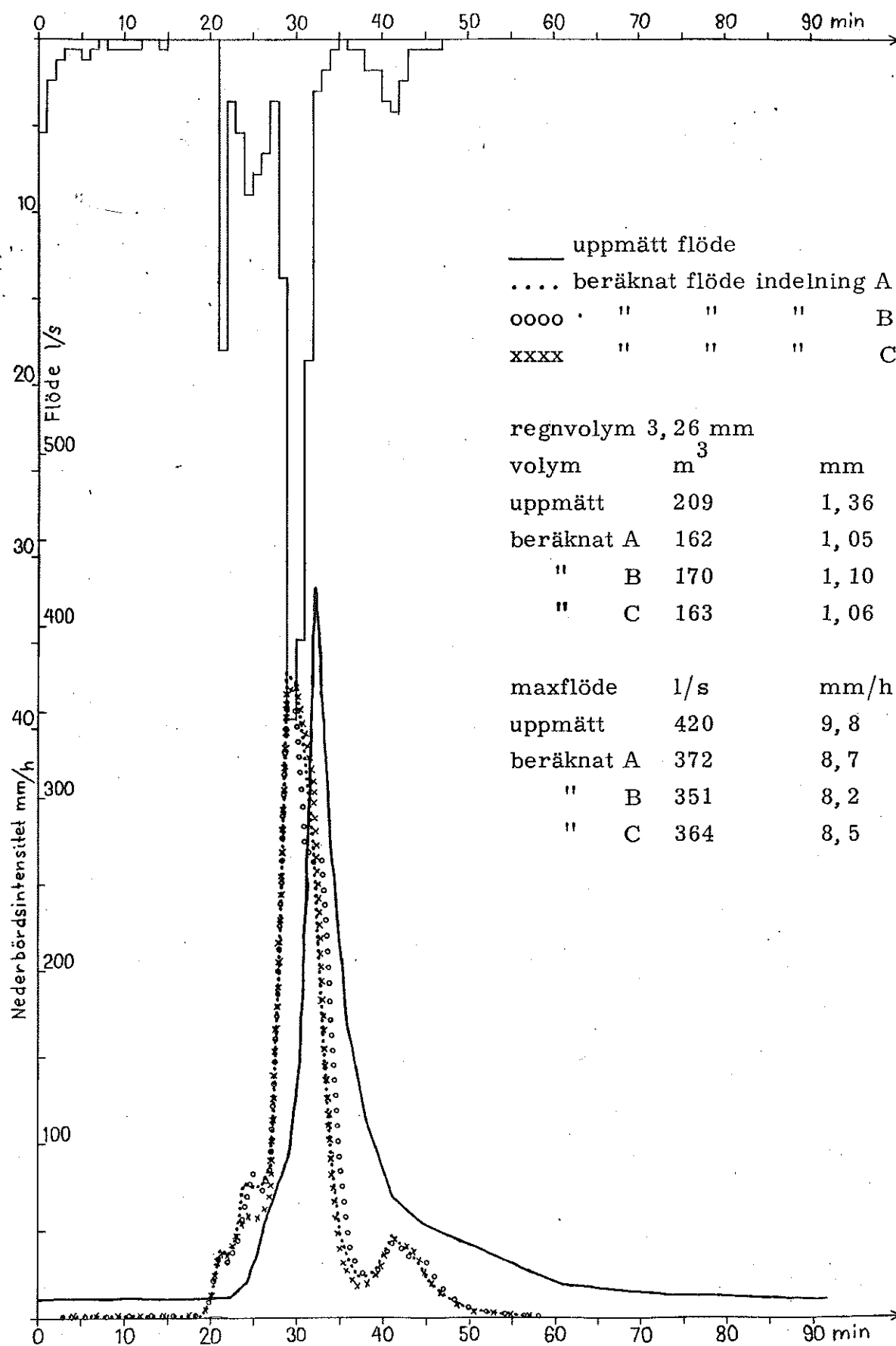
Vid avrinningssimulering med tre struktureringsnivåer erhålls avrinningshydrografer som visar god överensstämmelse med varandra. Den enda avvikelser är att den grova indelningen av avrinningsområdet ger genomgående något högre maxflöden. Dessa maxflöden för den grova indelningen visar en tendens att öka procentuellt något mer vid stora maxflöden. Skillnaden mellan den mycket detaljerade och den mindre detaljerade indelningens avrinningshydrografer är endast marginella.

En trolig orsak till att inga större skillnader uppstår mellan de olika struktureringsnivåernas simuleringar är den hydrauliska ledningsnätssmodellen. Den principiella skillnaden mellan en grövre och finare indelning är, att man byter ut ledningsflöde mot rännstensflöde. Om man sålunda leder in två mindre hydrografer i två på varandra följande brunnar och jämför dessa med en dubbelt så stor hydrograf som leds in i den nedströms belägna brunnen erhålls alltså ingen skillnad. I och med att flyttiden i ledningen avrundats till noll och rännstensflödet beräknas genom summation längs rännstenen, kan de mindre hydrograferna lika gärna betraktas som en större.

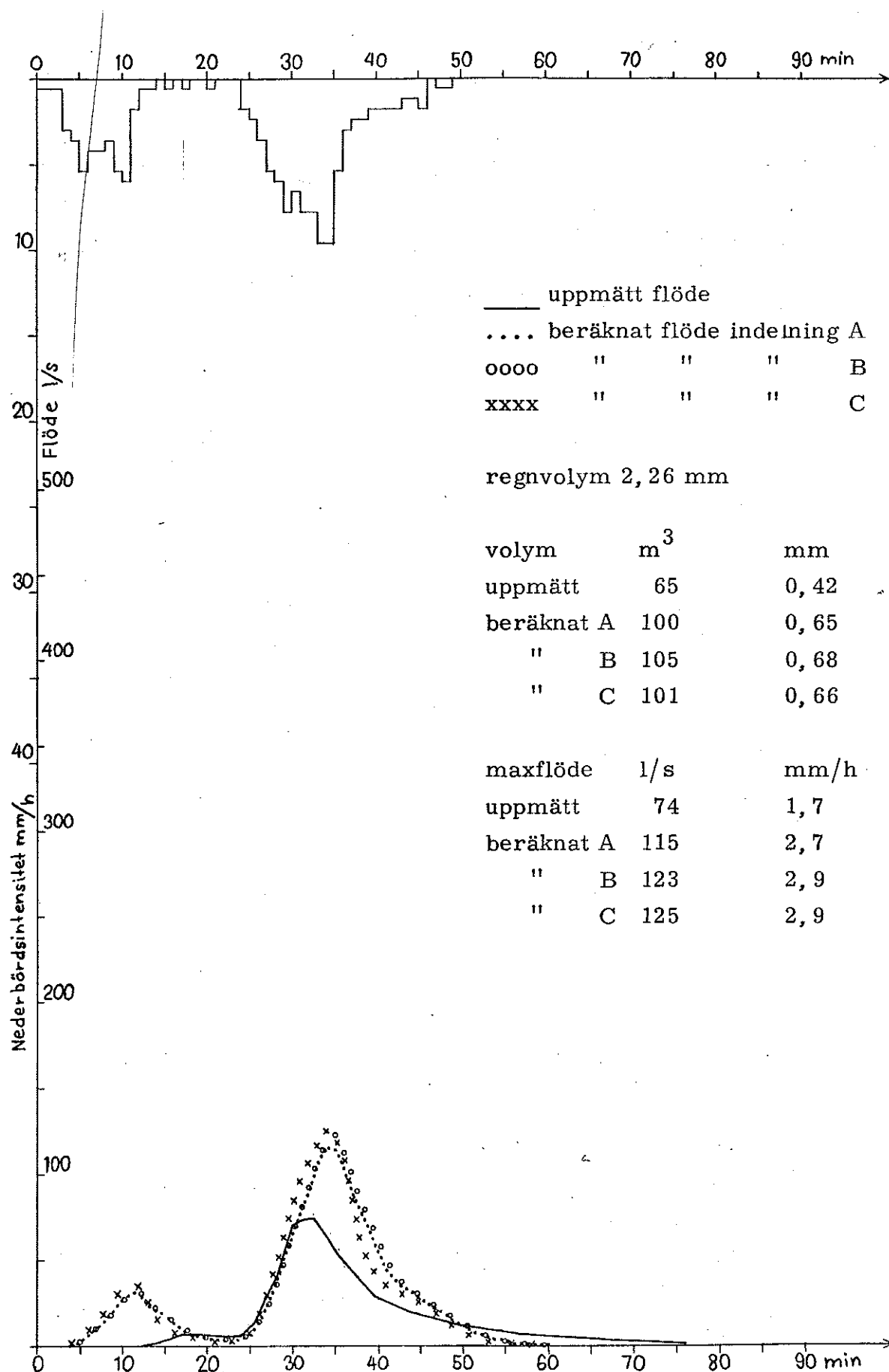
Avrinningsförloppet förkortas i och med att flyttiderna i ett flertal ledningar sätts lika med noll. Detta innebär vidare att hydrografen trycks ihop, vilket är en förklaring till att högre maxflöden erhålls.



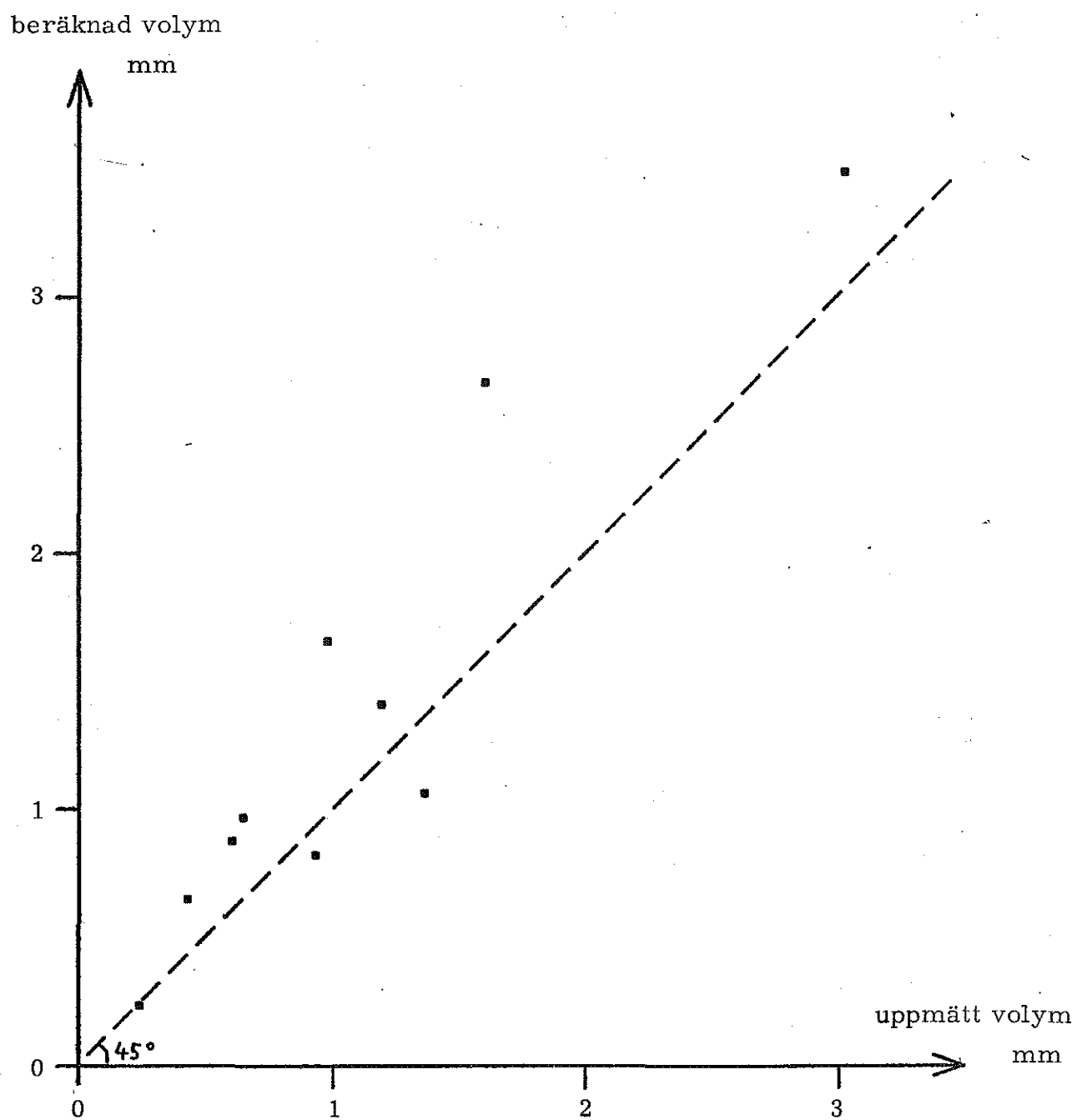
Figur 6. Avrinningsmodellering för regn 3 i Bergsjön 73.07.08
 kl 14.28



Figur 7. Avrinningssimulering för regn 4 i Bergsjön 73.10.09 kl 14.20.



Figur 8. Avrinningssimulering för regn 8 i Bergsjön 74.08.11 kl 14.09.



Figur 9.

Jämförelse mellan beräknad och uppmätt avrinningsvolym i Bergsjön.

Tabell 6

Sammanställning av avrinningssimuleringar för Bergsjöns avrinningsområde

regntillfälle	regnvo- lym (mm)	uppmätt volym (mm)	beräknad volym			max. regn intensitet (mm/h) under en minut	uppmätt maxflöde (mm/h)	beräknat maxflöde		
			indel- ning A (mm)	indel- ning B (mm)	indel- ning C (mm)			indel- ning A (mm/h)	indel- ning B (mm/h)	indel- ning C (mm/h)
regn 1 73.07.23	4, 11	1, 19	1, 40	1, 47	1, 40	22, 2	6, 0	6, 3	6, 8	6, 7
regn 2 73.07.26	2, 62	0, 93	0, 80	0, 84	0, 81	36, 6	6, 3	6, 9	7, 2	8, 6
regn 3 73.07.08	9, 3	3, 02	3, 42	3, 61	3, 45	69, 9	14, 5	10, 1	11, 8	15, 3
regn 4 73.10.09	3, 26	1, 36	1, 05	1, 10	1, 06	39, 6	9, 8	8, 7	8, 2	8, 5
regn 5 74.07.28	7, 20	1, 60	2, 64	2, 78	2, 66	63, 0	6, 0	9, 4	9, 8	11, 0
regn 6 74.07.29	2, 97	0, 64	0, 95	0, 99	0, 95	66, 0	6, 2	12, 1	11, 4	12, 8
regn 7 74.08.02	2, 79	0, 60	0, 87	0, 92	0, 88	40, 8	2, 9	3, 8	4, 0	4, 2
regn 8 74.08.11	2, 26	0, 42	0, 65	0, 68	0, 66	9, 6	1, 7	2, 7	2, 9	2, 9
regn 9 74.09.08	1, 10	0, 24	0, 23	0, 25	0, 24	30, 0	1, 5	2, 8	2, 6	3, 6
regn 10 74.09.09	4, 69	0, 98	1, 63	1, 71	1, 64	28, 8	4, 0	7, 6	8, 0	8, 9

5 OPPSALS AVRINNINGSSOMRÅDE I OSLO

5.1 Allmänt

Vid Norges Vassdrags og Elektrisitetsvesen drivs ett forskningsprojekt om avloppsvatten. Ett delprojekt är att studera urbaniseringens inverkan på avrinningen i små avrinningsområden. Den forskningsgrupp som driver detta projekt registrerar regelbundet nederbörd och avrinning i 12 stycken avrinningsområden i Norge, se Norges Vassdrags og Elektricitetsvesen /1974/, /1975/. I samråd med denna grupp har ett av tre avrinningsområden i Oslo studerats och kartlagts så att beräkningsmodellen kan användas på detta område.

Av de 12 st norska avrinningsområdena är tre stycken belägna i Oslo. Vi var mest intresserade av ett bostadsområde jämförbart med Bergsjön i Göteborg. Därför valde vi Oppsals avrinningsområde beläget i Oslos östra stadsdelar. Detta område är dubbelt så stort som Bergsjön, ca 33 ha. Det fanns även ett annat bostadsområde i samma storlek, Vestli där mätningar bedrivs. Men då en del ur avrinningssynpunkt viktiga byggnationer pågick eller saknades valdes Oppsal framför detta område. Vidare bedrivs mätningar i ett city-område på ca 10 ha med 97% impermeabla ytor.

5.2 Områdesbeskrivning

5.2.1 Allmänt

Avrinningsområdet är beläget i Oslo:s östra delar ca 15 km från stadens centrum. Det exploaterades år 1955 och dess area uppgår till 32,8 ha. I söder begränsas området av en vattendelare som genomkorsar villaträdgårdar. Områdesgränsen i väster sträcker sig längs en väg och i dess förlängning i en gångväg. I norr och öster begränsas området av byggnader och i viss mån går gränsen i vägar.

Området är relativt högexploaterat, med 63 st flerfamiljshus, ett trettiotal enfamiljshus, skola, kyrka samt ett köpcentrum i områdets sydvästra del.

Den högst belägna punkten i området ligger ca + 195 m ö h och dess lägsta punkt ca 152 m ö h. Huvudlutningsriktningen sträcker sig från öster mot sydväst. De största lutningarna uppträder i vissa skogs och bergpartier och uppgår till ca 500 ‰. Vissa gräsmattor har även en relativt stor lutning, ca 400 ‰, medan andra gräsmattor mellan husen är i stort sett plana.

Av områdets 32.8 ha är 59 % permeabla ytor och 41% impermeabla ytor. Bland de permeabla ytorna dominerar gräsmattor och skogsmark. I vissa fall förekommer även en kombination av dessa. De impermeabla ytorna utgörs i huvudsak av asfalterade vägar och parkeringsplatser samt takytor. Fördelningen mellan olika ytstrukturer kan studeras i tabell 7.

Tabell 7 Andelen av ytor med olika ytstruktur i Oppsal.

Yttyp	Area (ha)	%	Medellutning ‰
ASFALT	10.1	30.8	25
därav			
direktavrinning	9.3	28.3	
avrinning till			
permeabel yta	0.8	2.5	
TAKYTOR	4.4	13.4	300
därav			
direktavrinning	3.6	11.1	
avrinning till			
permeabel yta	0.8	2.3	
BERG	0.5	1.4	300
STENPLATTOR	0.1	0.2	5
GRUS	0.8	2.3	10
GRÄS	9.6	29.4	50
TRÄDGRÅDS-			
MARK	3.2	9.8	75
SKOGSMARK	4.2	12.8	60

Jordarna i gräsmattor utgörs i huvudsak av matjord. I övergångszoner mot skogsmark är det något grövre fraktioner. Men även denna jord liksom den i skogsmark kan anses ha en stor vattenmagasinerande förmåga. De i området förekommande bergpartierna har ofta stor lutning varför avrinning från dessa kan anses trolig, såvida inte vattnet rinner ut på gräsmattor och infiltrerar i dessa. Samtliga bilvägar och parkeringsplatser i området är med några få undantag asfalterade. Gångvägarna är i huvudsak asfalterade men även grusstigar förekommer. I anslutning till skolan finns en fotbollsplan som är grusbelagd.

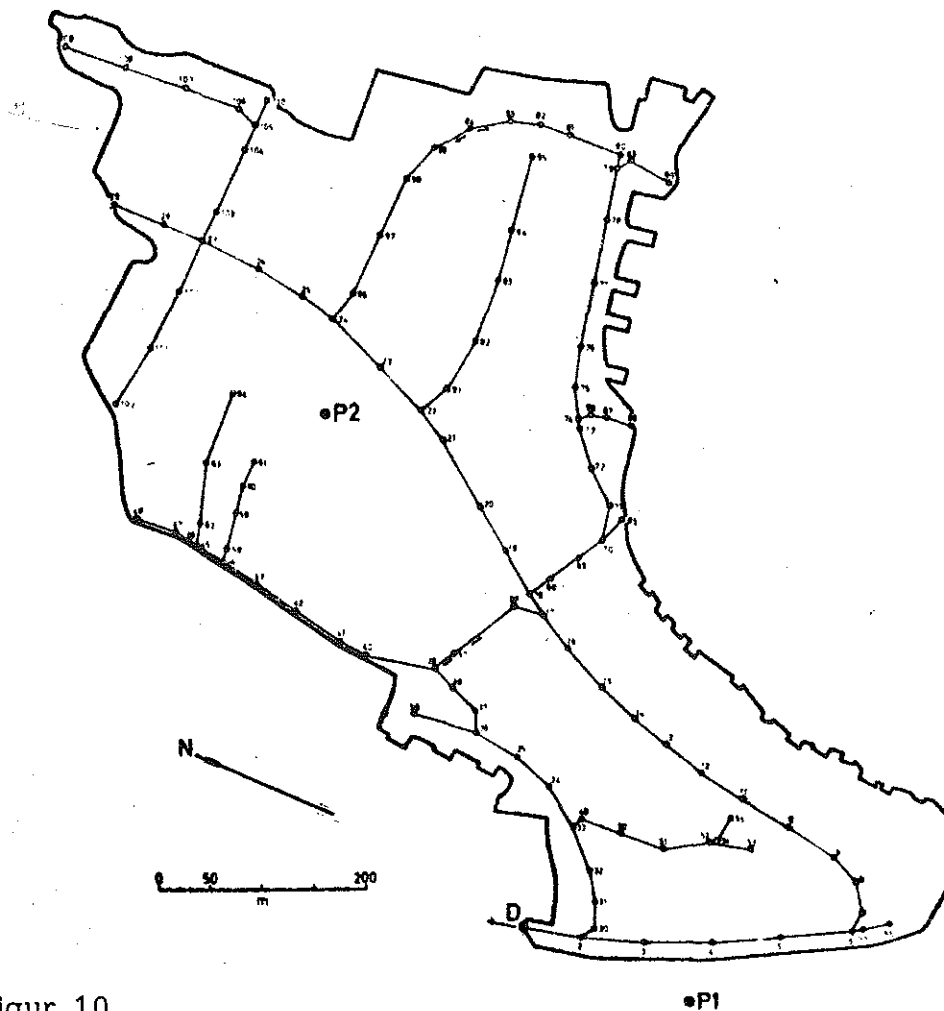
Dagvattensystemet i området är utbyggt efter separat system. Ledningsdimensionerna varierar från ϕ 225 mm till ϕ 1100 mm. Då ledningssystemet ej kunnat besiktas och uppgifter om läggningsförhållanden o d ej föreligger är dess kvalitet svårbedömd. Vidare har noterats att de flesta enfamiljshus samt några flerfamiljshus saknar anslutning till dagvattensystemet utan har stuprörsutkast direkt på marken.

5.2.2 Mätstationer

Nederbördsregistreringarna i avrinningsområdet sker med hjälp av två st regnmätare, vars placering kan studeras i figur 10. Dessa är av två olika fabrikat. Den ena stationerad strax utanför områdets västra begränsningslinje är av typ Plumatic, medan den andra centralt placerad i området är av typ Fuess. Plumatic-mätaren är en norsk mätare uppbyggd enligt vippningsprincipen. Det innebär att vattnet leds växelvis från uppsamlingstratten till två skålar som rymmer 0.2 mm nederbörd vardera. När en skål är fylld vippar den över och tömms varvid den andra fylls. Varje sådan vippning registreras på ett magnetband. Mätaren lämpar sig bäst för korttidsregn. Den andra mätaren av typ Fuess är en konventionell hävert-mätare. Denna mätare fungerar på samma sätt som den som beskrivits i kap 4.2.

Avloppsmätstationen i området är placerad i en vanlig nestigningsbrunn. I brunnen är en bassäng inredd och vattenståndet i denna mätes med en flottör. Denna registrerar aktuellt vattenstånd var femte minut på en femkanalig hålremsa. Jämfört med andra av-

loppsmätstationer verkar denna vara primitiv och vissa reservationer kan ställas mot mätningarna. Det vi reserverar oss mot är främst mätstationens funktion vid stora flöden. Eventuellt kan översvämning och översköljning vara möjlig.



Figur 10.

Oppsals avrinningsområde med huvudledningssystem.

P 1 = nederbörds-mätstation typ Plumatic

P 2 = nederbörds-mätstation typ Fuess

D = avloppsmätstation

(Ur Norges Vassdrags og Elektrisitetsvesen / 1974 /)

5.3. Olika indelningar av Oppsals avrinningsområde.

5.3.1. Mycket detaljerad indelning (Indelning A)

Struktureringen av Oppsals avrinningsområde har gjorts efter samma principer som vid struktureringen av Bergsjöns avrinningsområde. I denna indelning, som är den mest detaljerade, har vi försökt beskriva avrinningsområdet så noggrannt som möjligt med hjälp av upprättat kartmaterial. Indelningen har gjorts så att till varje ränn-

stensbrunn representeras varje förekommande ytstruktur med en delyta. Vid karteringsarbetet framtoogs en representativ lutning för varje ytstruktur inom rännstensbrunnens avrinningsområde. Detta medför att ytterligare indelning av varje delyta med hänsyn till lutningen inte är möjlig.

För att beskriva området åtgår det 292 st delytor. Avrinningen från dessa delytor beräknas med hjälp av 42 st typytor. Antalet takytor uppgår i denna indelning till 65 st. Delytans medelstorlek uppgår till 1120 m^2 .

Tabell 8. Tabell över karakteristiska data vid mycket detaljerad indelning av Oppsals avrinningsområde.

	Permeabla	Impermeabla	Fiktiva	Totalt
Typytor	23	18	1	42
Delytor	118	174	(17)	292
Rännstenar	-	-	-	122

Dessa data i tabell 8 kan jämföras med motsvarande indelning av Bergsjöns avrinningsområde. Man ser då att antalet delytor är mycket större i Oppsal än i Bergsjön. Detta beror dels på att området är större än Bergsjön men framför allt på att antalet takytor är mycket större i Oppsal än i Bergsjön. Trots att Oppsals avrinningsområde är dubbelt så stort som Bergsjöns kan det alltså beskrivas med ungefär lika många typytor. Antalet rännstenar är däremot ungefär lika stort, vilket främst beror på att det är mycket färre rännstensbrunnar relativt ytan i Oppsal än i Bergsjön. Vidare kan konstateras att fiktiva delytor inte används i lika stor grad som vid indelningen av Bergsjöns avrinningsområde.

5.3.2. Mindre detaljerad indelning (Indelning B)

Utgångspunkt vid upprättande av denna indelning har varit att försöka reducera detaljeringsgraden till hälften. Detta har skett genom att rännstenarna har förlängts. T ex längs en gatusträcka har två rännstensbrunnars avrinningsområden slagits samman till ett avrinningsområde. Det är då som tidigare sagts i princip endast ledningsflödet som påverkas.

Vid sammanslagningen av delytor har samma kriterier använts som vid motsvarande indelning av Bergsjöns avrinningsområde, se kap. 4.3.2.

Antalet typytor uppgår i denna indelning till 32 st. Dessa användes sedan i 151 delytor med en medelstorlek av 2170 m^2 .

Tabell 9. Tabell över karakteristiska data vid mindre detaljerad indelning av Oppsals avrinningsområde.

	Permeabla	Impermeabla	Fiktiva	Totalt
Typytor	17	14	1	32
Delytor	56	95	(5)	151
Rännstenar	-	-	-	55

Antalet delytor har alltså reducerats från 292 st i indelning A till 151 st i denna indelning, vilket innebär reduktion i detaljeringsgrad med ca 50 %. Anledningen till att antalet impermeabla delytor är förhållandevis mycket större än antalet permeabla är främst det stora antalet takytor i området. I denna indelning uppgår dessa till 46 st.

En jämförelse med motsvarande indelning av Bergsjöns avrinningsområde visar att den procentuella skillnaden i antalet delytor inte är lika stor som för indelning A. I och med att Oppsals avrinningsområde är större än Bergsjöns är alltså denna indelning något grövre än motsvarande för Bergsjön.

5.3.3. Grov indelning (Indelning C)

Ledningssystemet i Oppsal är inte lika trädformigt uppdelat i grenledningar som i Bergsjön. En större huvudledning sträcker sig centralt genom hela området. Till denna ansluter sig mindre grenledningar efter hand längs huvudledningens väg genom området. Varje sådan grenlednings avrinningsområde representeras i denna indelning med en delyta för varje förekommande ytstruktur. Till varje delyta har en representativ typyta framtagits. Denna beskrivs med medelvärden på för delytan förekommande lutningar och flytlängder.

Det åtgår nu 21 st typytor för att beskriva området. Antalet delytor uppgår i denna indelning till 47 st. Det innebär en reduktion i detaljeringsgrad på ca 85 % jämfört med indelning A. Antalet takytor uppgår i denna indelning till 25 st. Detta är den stora anledningen till

att antalet delytor fortfarande är förhållandevis stort. Om man däremot enbart ser till antalet markdelytor så är reduktionen ytterligare något större, ca 95 % jämfört med indelning A. Delytans medelstorlek är 6980 m^2 .

Tabell 10. Tabell över karakteristiska data vid grov indelning av Oppsals avrinningsområde.

	Permeabla	Impermeabla	Fiktiva	Totalt
Typytor	10	10	1	21
Delytor	11	36	(-)	47
Rännstenar	-	-	-	11

Den grova indelningen i Oppsal är i princip av samma detaljeringsgrad som den i Bergsjön. Den enda skillnaden är att antalet takytor i Oppsal uppgår till 25 st mot endast 5 st i Bergsjön. I Oppsal uppgår antalet grenledningar till 11 st mot 6 st i Bergsjön, men detta beror på att Oppsals avrinningsområde är dubbelt så stort.

5.4. Avrinningssimulering

Beräkningsmodellen har testats med nio stycken regn av varierande varaktighet och intensitet. Vissa datatekniska ändringar i programmet har gjort det möjligt att köra längre regn. Den nya versionen av beräkningsmodellen (Runo 6) kan nu klara av regn med en varaktighet upp till 240 min. Varje regn har även i detta fall använts för avrinningssimulering med samtliga tre struktureringsnivåer.

Infiltrationsparametrarna har även för detta område satts så höga att infiltrationen hela tiden överskrider reghintensiteten. Detta innebär alltså att man inte får någon avrinning från permeabla ytor. I detta område har storleken på asfaltens ytmagasinsegenskaper bedömts vara större än i Bergsjön. Valda storlekar på parametrar redovisas i följande uppställning:

Ytmagasin S	asfalt	1,5 mm
	tak	0,3 mm
Mannings tal n	asfalt	0,012
	tak	0,011
	ledningar	0,012

Resultatet av några stycken simuleringar kan studeras i fig 11, 12, 13, 14 och tabell 11.

Vid simuleringarna har framkommit, att det är relativt stora avvikelser mellan beräknade och uppmätta flöden. Även den beräknade avrunna volymen stämmer ofta dåligt överens med den uppmätta.

De beräknade maxflödena är genomgående större än de uppmätta. Vid mindre flöden är de beräknade maxflödena ca 50 % större, och vid större flöden är de beräknade maxflödena oftast mer än dubbelt så stora som de uppmätta maxflödena. Överensstämmelsen mellan beräknade och uppmätta volymer, fig 14, är bättre, men vid större volymer är genomgående de beräknade volymerna större än de uppmätta.

Orsakerna till att beräkningsresultaten stämmer sämre med uppmätta värden för avrinningsområdet i Oppsal än det i Bergsjön är många. Eftersom de beräknade volymerna oftast är större än de uppmätta kan man antaga att vi vid upprättandet av indata har räknat med för stort antal deltagande ytor. Det är svårt att bedöma om vissa asfaltytor av sämre kvalitet deltar aktivt i avrinningen. Även dessa har räknats som övriga asfaltytor, vilket ger upphov till fel i volymsberäkningarna. I Oppsal till skillnad från Bergsjön saknas kantsten kring flera för avrinningen betydelsefulla asfaltytor. Detta får till följd att vid regn med hög intensitet vattnet svämmar över och infiltrerar i omgivande gräsytor. Detta tar inte beräkningsmodellen någon hänsyn till och de beräknade volymerna och maxflödena blir för stora. Ledningsnätet i Oppsal är äldre än i Bergsjön och det finns då skäl att misstänka att konditionen är sämre med risk för läckage. Tveksamhet föreligger vidare om anslutningen av vissa hus till ledningssystemet. Detta medför i så fall att ett för stort antal takytor har medräknats.

Både avloppsmätaren och nederbördsrörarna har vissa mätfel, de senare på ca 10 %. Nederbördsregistreringen sker endast lokalt i området. För ett större område ökar risken att regnintensiteten i området varierar och avviker från den uppmätta. Avloppsmätstationen är som tidigare nämnts placerad i en nedstigningsbrunn. Ett mätöverfall i en brunn med ganska små dimensioner, som i det här fal-

let, kan man inte få lika tillförlitlig som en separat byggd mätanordning. Vi tror att flödesmätningarna speciellt för stora flöden inte är riktigt tillförlitliga. Tidsupplösningen vid mätningarna är fem minuter, vilket är i längsta laget, för det finns då risk för att man missar en kort topp i flödet. Avrinningshydrograferna för de tre olika struktureringsnivåerna visar även för Oppsals avrinningsområde god inbördes överensstämmelse. Tendensen att den grova indelningen ger något högre maxflöden framträder i vissa fall men inte lika klart som för Bergsjöns avrinningsområde. Orsakerna till att inga större skillnader mellan de olika struktureringsnivåernas avrinningshydrografer erhålls har diskuterats för Bergsjöns avrinningsområde i kap. 4.3.



Området mellan
bostadshusen består
ofta av gräsmatta
,med bergpartier

Matargata i
bostadsområdet



Skolgården framför
Oppsals skola



Kantsten saknas
på vissa gator

Asfalterad gårds-
plan, observera
pölen (ytmagasin)



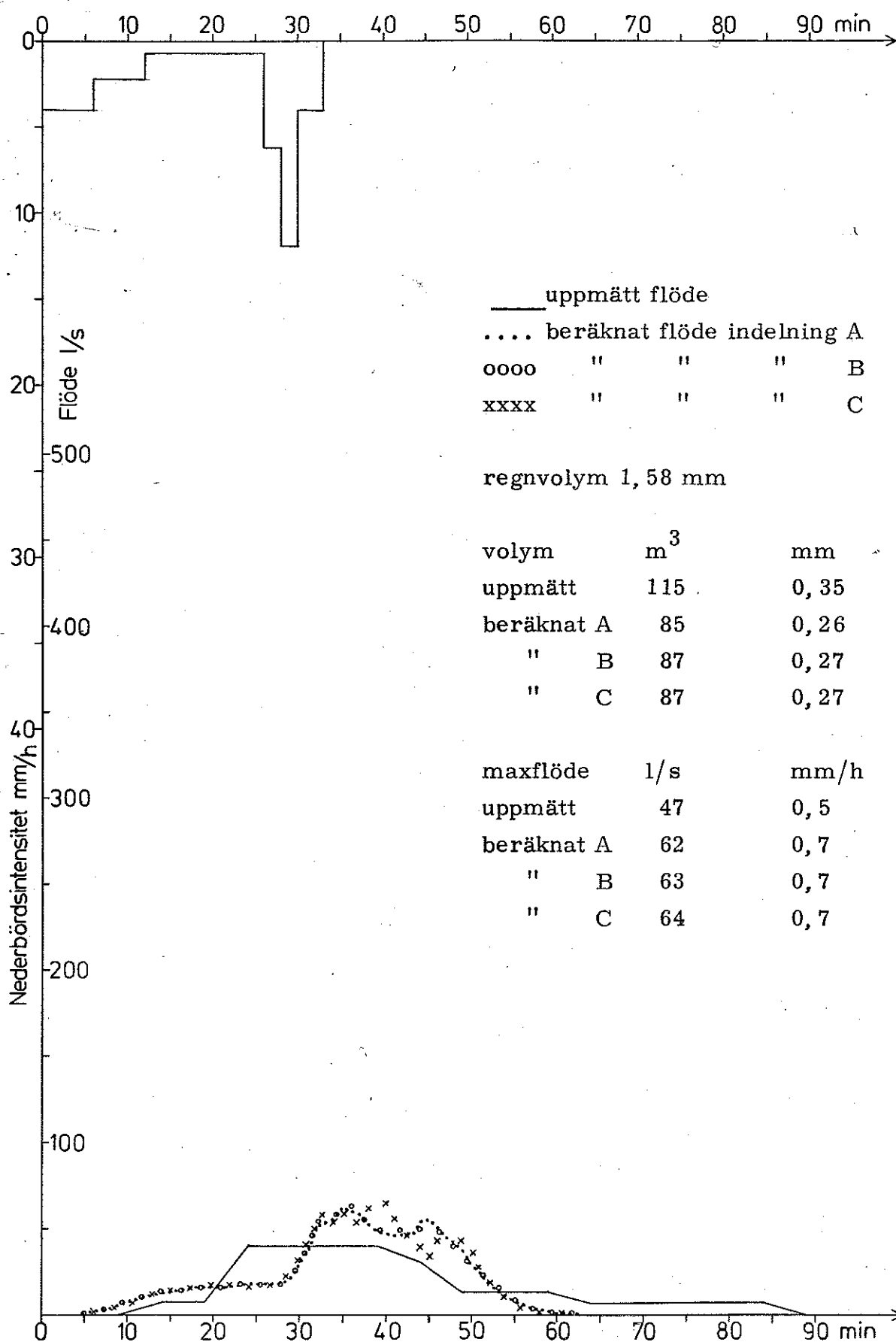
Grusbelagd fotbolls-
plan vid Oppsals skola



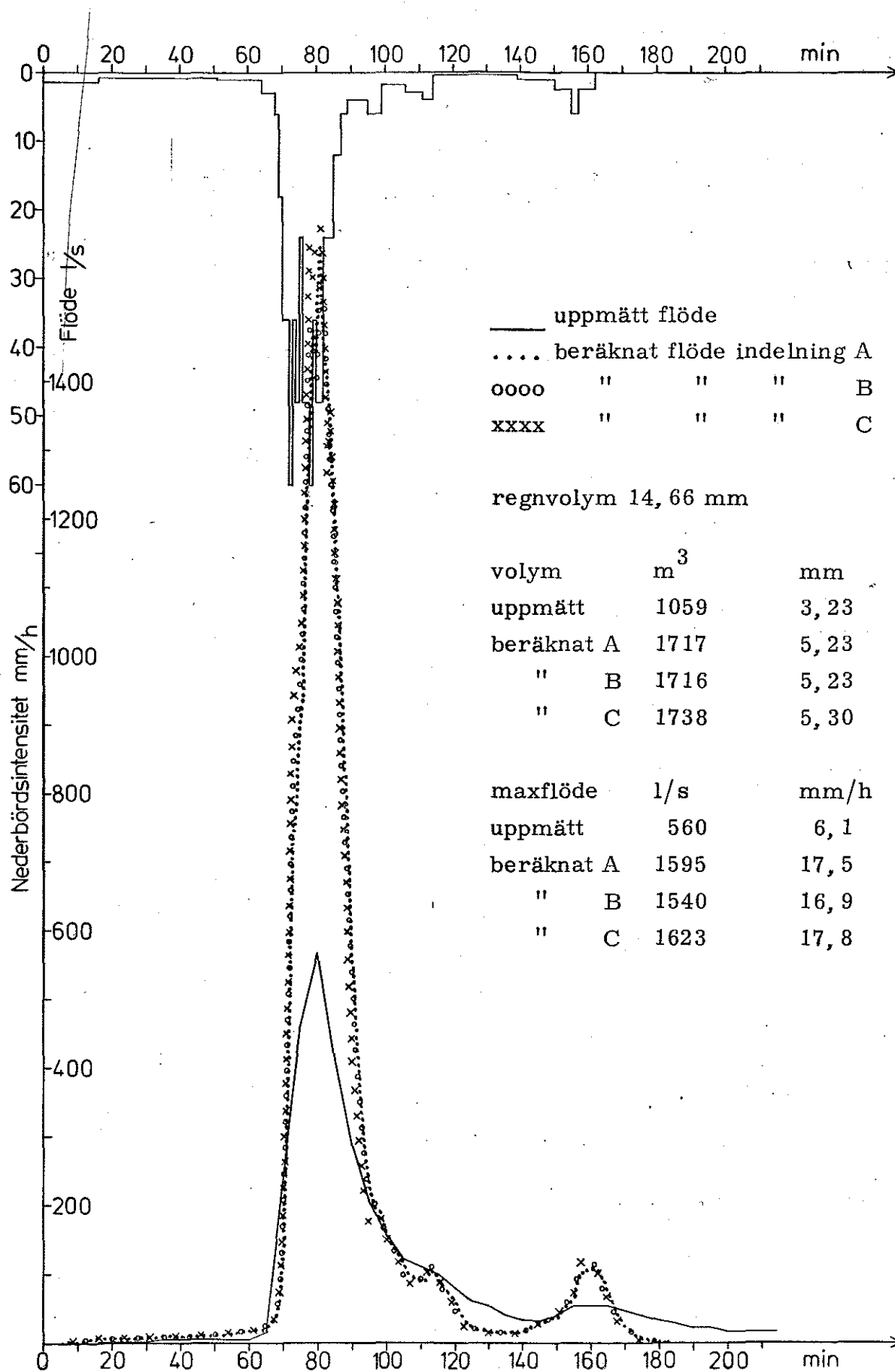
Oppsals köp-
centrum

Parkeringsplats
vid Oppsals köp-
centrum

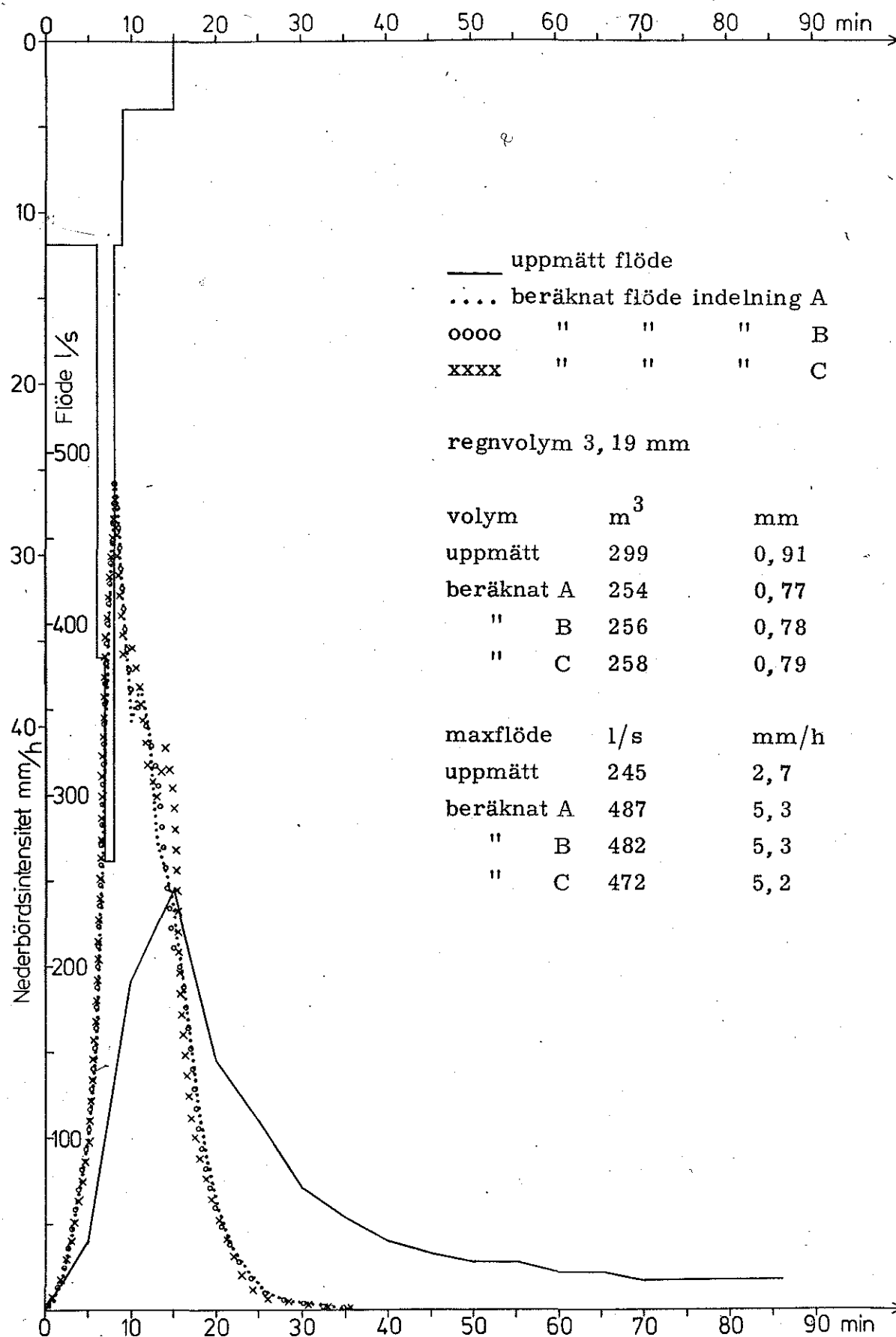




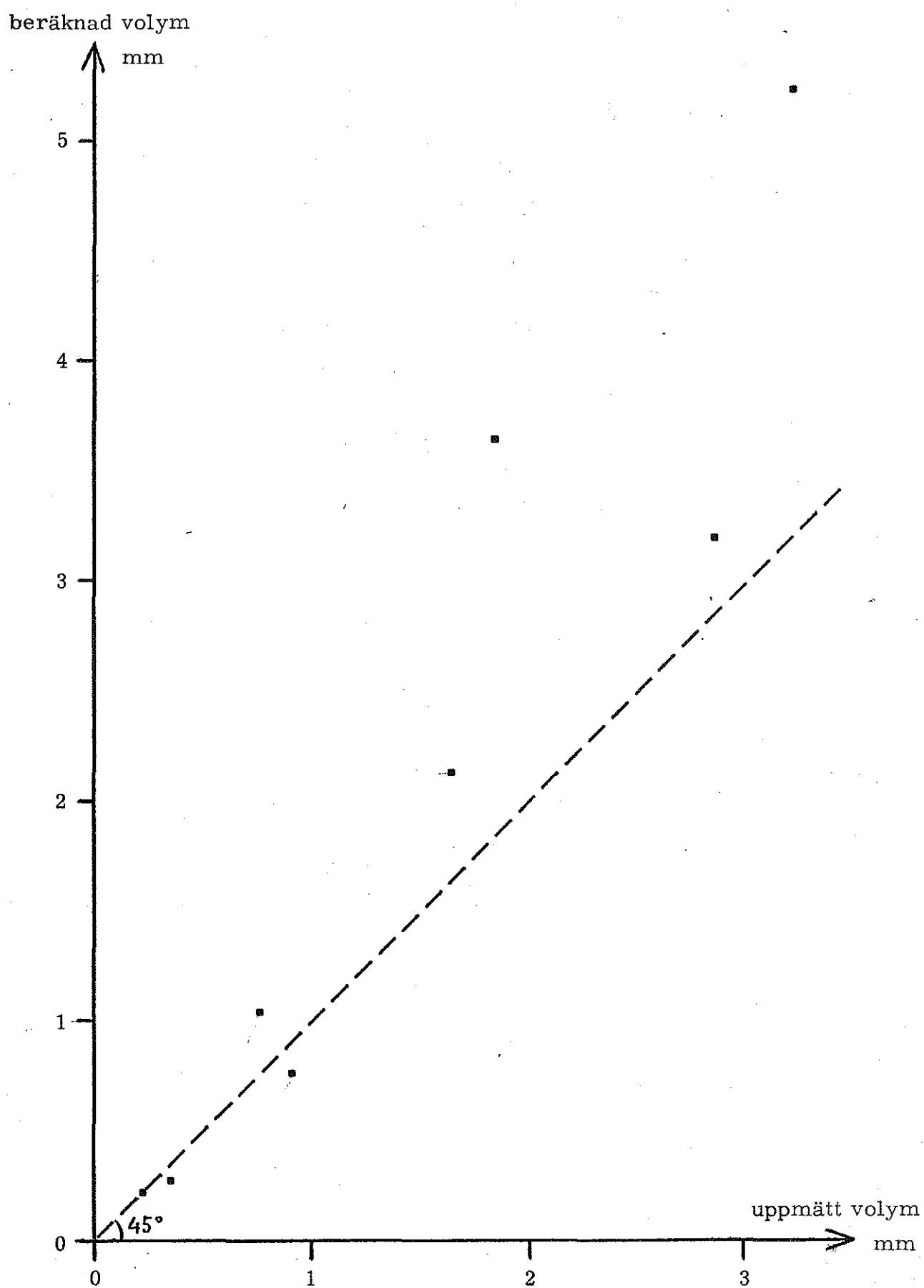
Figur 11. Avrinningssimulering för regn 7 i Oppsal 74.09.30
 kl 14.06.



Figur 12. Avrinningssimulering för regn 8 i Oppsal 75.08.31 kl 01.31.



Figur 13. Avrinningssimulering för regn 9 i Oppsal 75.09.17
 kl 15.25.



Figur 14.

Jämförelse mellan beräknad och uppmätt avrinningsvolym i Oppsal.

Tabell 11

Sammanställning av avrinningssimuleringar för Oppsals avrinningsområde.

regntillfälle	regnvo- lym (mm)	uppmätt volym (mm)	beräknad volym			max. regn intensitet (mm/h) under en minut	uppmätt maxflöde (mm/h)	beräknat maxflöde		
			indel- ning A (mm)	indel- ning B (mm)	indel- ning C (mm)			indel- ning A (mm/h)	indel- ning B (mm/h)	indel- ning C (mm/h)
regn 1 73.07.07	10,59	1,85	3,64	3,64	3,69	72,0	2,9	6,6	7,2	6,3
regn 2 74.06.19	1,50	0,23	0,24	0,24	0,25	11,9	0,3	0,5	0,5	0,5
regn 3 74.07.13	9,40	2,86	3,19	3,19	3,23	72,0	6,9	17,4	19,3	19,3
regn 4 74.09.02	3,97	0,76	1,06	1,06	1,08	47,9	1,7	5,2	5,3	5,3
regn 5 74.09.03	6,68	1,65	2,14	2,15	2,17	11,9	1,0	2,6	2,6	2,6
regn 6 74.09.28	1,60	0,52	0,27	0,27	0,27	24,1	0,8	0,5	0,5	0,5
regn 7 74.09.30	1,58	0,35	0,26	0,27	0,27	11,9	0,5	0,7	0,7	0,7
regn 8 75.08.31	14,66	3,23	5,23	5,23	5,30	60,1	6,1	17,5	16,9	17,8
regn 9 75.09.17	3,19	0,91	0,77	0,78	0,79	47,9	2,7	5,3	5,3	5,2

6 KARTERING AV OPPSALS AVRINNINGSOMRÅDE

6.1 Fältarbete

Utgående från befintligt kartmaterial över Oppsals avrinningsområde utfördes fältdelen av karteringsarbetet. Samtliga detaljer som var intressanta ur avrinningssynpunkt samt nödvändiga för användande av beräkningsmodellen inritades på kartan, antecknades eller fotograferades. Det som karterades och undersöktes kan sammanfattas i följande punkter.

- Yttyper
- Rännstensbrunnar
- Nedstigningsbrunnar
- Marklutningar
- Tak; anslutningar, lutningar
- Vattendelare
- Ledningssystem
- Detaljer

Yttyperna karterades och hänfördes till förekommande markslag t ex asfalt, gräs, grus m m, se bilaga 1.

Ledningssystemet kontrollerades, rännstensbrunnar och nedstigningsbrunnar inritades med hjälp av uppgifter från Oslo Vann- och Kloakvesen. Då taken ger ett viktigt bidrag till dagvattenflödet måste uppgift angående anslutning till dagvattensystemet antecknas.

Vissa tak visade sig inte vara anslutna utan hade stuprörsutkast direkt på marken.

Vidare noterades uppgift angående takens lutningar. Marklutningen uppmättes med hjälp av avvägningsinstrument. Detta användes även vid framtagande av vissa vattendelare. Utgående från varje rännstensbrunn upprättades inre vattendelare i området. Vidare antecknades och fotograferades en rad detaljer som påverkade avrinningen t ex avsaknad av kantsten, geologi i vissa permeabla ytor, stora ytmagasin på asfaltytor m m.

6.2 Ritnings och räknearbete

Från befintligt kartmaterial fick en rad information som saknade värde borttagas innan inritning av egen kartering kunde ske.

Med hjälp av planimeter beräknades storleken av varje delyta, med en noggrannhet av 5 m^2 . Vid kontroll genom summation och planimetrering av större ytor visade sig planimetern ge en godtagbar noggrannhet.

Utgående från avvägningsuppgifter erhållna av Oslo Vann- og Kloakkvesen framräknades ledningarnas lutning.

Redovisning av karteringen har sammanställts på tre stycken kartor. Dessa kan studeras i bilagorna 1, 2 och 3.

Litteratur

1. Andersson, Stig, Svensson, Jan
Ytavrinning, Litteraturstudier och fältförsök.
Examensarbete i vattenbyggnad 1973:5, Göteborg 1974.
2. Arnell, Viktor
Beräkningsmetod för analys av dagvattenflödet inom ett
urbant område.
Nordisk symposium om kvantitativ urban hydrologi i Sarps-
borg, Norge, juni 1975.
3. Arnell, Viktor, Lyngfelt, Sven
Beräkningsmodell för simulering av dagvattenflöde inom be-
byggda områden.
Göteborg 1975.
4. Heeps D.P. Mein R.G.
An Independent Evaluation of Three Urban Stormwater Models.
Civil Engineering Research Reports. Monash University.
Australia, Report No 4, 1973.
5. Janis, Sven
Dagvattenstudier i Bergsjön.
Examensarbete i vattenbyggnad 1972:10, Göteborg 1974.
6. Johansen, Leif
Afledning af Regnvand, Maj 1974.
7. Lyngfelt, Sven
Nederbörds-avrinningsstudier i Bergsjön, Göteborg.
Nordisk symposium om kvantitativ urban hydrologi i
Sarpsborg, Norge juni 1975.
8. Norges Vassdrags og Elektrisitetsvesen, Hydrologisk
avdelning, Program for rensing av avløpsvann: projekt 4.2
"Urbaniseringens innvirkning på avrenningsforholdene i små
nedbørfelt"
Prosjektrapport Nr 1: Introduktion av Måleprogram och
Målefelter Dec 1974.
Prosjektrapport Nr 2: Dataoversikt 1972 - 1974, Maj 1975.

9. Papadakis, C, Preul, H.C.
University of Cincinnati urban runoff model.
Journal of the Hydraulics div, ASCE, Vol 98, No HY10,
Oct 1972.
10. Preul, H.C. Papadakis, C.
Urban Runoff Characteristics, First Year Report,
Report No 11024 D Q U Environmental Protection Agency.
Water Quality Office, Water Pollution Control Research Series,
Oct 1970.

BILAGOR

Av kostnadsskäl har kartorna över Oppsals avrinningsområde, som skulle ingått i bilagorna, utelämnats. Kopior av kartorna kan beställas från inst. för vattenbyggnad, V. Arnell, Chalmers Tekniska Högskola, Fack, 40220 Göteborg (tel. 031/81 01 00 - 1661).

Följande kartor finns:

1. Redovisning av markmaterial
2. Redovisning av marklutningar, taklutningar och ledningssystem
3. Redovisning av delytornas storlek.