

**Dimensionering av dagvattensystem  
enhetshydrografmetoden**

**av**

**Bo - Gunnar Svensson**



Institutionen för Vattenbyggnad  
Chalmers Tekniska Högskola

Department of Hydraulics  
Chalmers University of Technology

DIMENSIONERING AV DAGVATTENSYSTEM  
ENHETSHYDROGRAFMETODEN

av

Bo-Gunnar Svensson

Examensarbete 1982:3

Göteborg 1983

---

Adress: Institutionen för Vattenbyggnad  
Chalmers Tekniska Högskola  
412 96 Göteborg

Telefon: 031/81 01 00

## FÖRORD

Detta examensarbete baseras på antaganden och beräkningar i min handledares, V. Arnell, doktorsavhandling "Description and Validation of the CTH-Urban Runoff Model" Göteborg 1980 and "Rainfall Data for the Design of Sewer Pipe Systems", Göteborg 1982.

Flödesvärdena beräknade med CTH-modellen har tagits från ovannämnda avhandling liksom alla data angående de enskilda regnen.

Datorprogrammen har utvecklats av Dr. Arnell och andra vid Institutionen för Vattenbyggnad, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg.

Datorkörningarna har utförts vid Göteborgs Datacentral.

Jag vill varmt tacka mina handledare, V. Arnell och S. Lyngfelt, och all annan personal vid Institutionen för Vattenbyggnad, Chalmers Tekniska Högskola, för all hjälp och råd under detta arbete.

Göteborg i april 1983

*Bo-Gunnar Svensson*  
Bo-Gunnar Svensson

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sid.
FÖRORD	
SAMMANFATTNING	1
1. BAKGRUND	4
1.1 Allmänt	4
1.2 Dimensioneringsmetodik	5
1.3 Uppgift-Målsättning	7
1.4 Problemställning	7
2. TESTOMRÅDENA	9
3. ANVÄNDA MODELLER	11
3.1 Allmänt	11
3.2 CTH-modellen	13
3.3 Enhetshydrografmetoden	17
4. FLÖDESBERÄKNINGAR	19
4.1 Allmänt	19
4.2 Användningen av CTH-modellen	21
4.2.1 Allmänt	21
4.2.2 Beräkning av S-hydrograf	21
4.2.3 Beräkning av koncentrationstiden $t_c$	23
4.2.4 Resultat av koncentrationstidsberäkningen	25
4.2.5 Exempel på beräkning av värden i tabell 3 samt kommentar till dessa	31
4.3 Användningen av Enhetshydrografmetoden	31
4.3.1 Allmänt	31
4.3.2 Val av regnindata	32
4.3.2.2 Exempel på gruppering av regninput	36
4.3.3 Flödesberäkning	37
4.4 Iterativ flödesberäkning	44
4.4.1 Allmänt	44
4.4.2 Ändrade koncentrationstider	44
4.4.3 Resultat av beräkning med ändrade koncentra- tionstider	45
4.5 Slutligt resultat	47

5.	KOMMENTARER TILL RESULTATET AV FLÖDESBERÄKNINGEN	48
5.1	Allmänt	48
5.2	Jämförelse tabell 1/tabell 4	48
5.3	Jämförelse tabell 4/tabell 5	48
6.	SLUTSATSER OCH BEGRÄNSNINGAR	50
6.1	Allmänt	50
6.2	Slutsatser angående flödesberäkningar	50
6.3	Slutsatser angående regnindelningen	51
6.4	Slutsatser om beräkningsarbete och resultatkvälité	52
6.5	Begränsningar och fel	53
6.5.1	Fel i CTH-modellen	53
6.5.2	Begränsningar av Enhetshydrografmetoden	53
7.	BERÄKNING AV PLOTTNINGSPPOSITIONER	55
7.1	Allmänt	55
7.2	Använd formel	55
8.	REKOMMENDATION FÖR PRAKTISK ANVÄNDNING	56
8.1	Beräkningssteg	56
	REFERENSER	78

#### BILAGOR

Bilaga A - Maximala medelintensiteter för alla regn

Bilaga B - Plottade kurvor

#### TABELLER

##### Tabell

1	Flödesvärden för tre S-hydrografer och ogrupperade regn
2	Koncentrationstider givna av S-hydrograferna i tabell 1
3	Koncentrationstider för alla ledningar
4	Dimensionerande flöden för olika återkomstintervaller
4.1	Avvikelser i procent mellan CTH-modellen och Enhetshydrografmetoden

- 5 Jämförelse mellan flödesvärden beräknade med olika koncentrationstider
- 6 Slutligt resultat

## FIGURER

## Figur

- 1 Beräkningsmetodik
  - 1.1 Illustration av begreppet dagvattenmodell
  - 1.2 Flödesschema över beräkningsmetodiken
  - 1.4 Illustration över problemställningen
- 2.1 Lin 1
- 2.2 Lin 2
- 3.1 Den hydrologiska cykeln och CTH-modellens gränser
- 3.2 CTH-modellens struktur
- 3.3 Illustration av Enhetshydrografmetoden
- 4.1 Utförda flödesberäkningar illustrerade grafiskt
  - 4.2.2 Illustration av S-hydrograf
  - 4.2.3 Illustration av beräkningen av koncentrationstider
  - 4.3.1 Illustration av maximal medelintensitet
  - 4.3.2 Gruppering av enskilda regn
  - 4.3.3 Flödesberäkning med hjälp av grupperade regn
- 8.2 Rekommenderade beräkningssteg vid praktisk användning

## SAMMANFATTNING

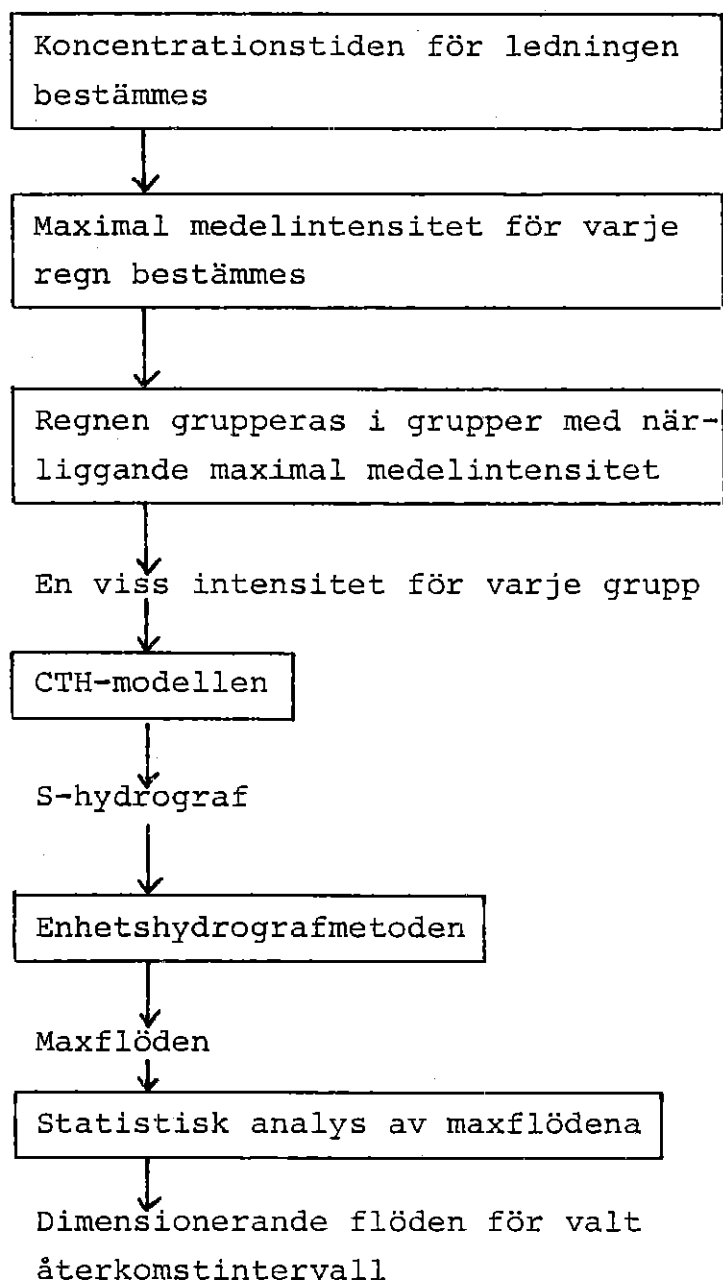
Detta examensarbete behandlar en jämförelse mellan CTH-modellen och Enhetshydrografmetoden. Det har vidare som mål att försöka genom att gruppera de enskilda regnen i en 18-års serie av mätta regn från Lundby, Göteborg, kunna erhålla bättre resultat vad gäller dimensionerande flödesvärden med hjälp av Enhetshydrografmetoden.

Beräkningarna har genomförts i enlighet med figur 1. De har tillgått enligt följande:

1. Koncentrationstiden för tillflödet till ledningen bestämmes.
2. De enskilda regnens maximala medelintensitet för varaktighet lika med koncentrationstiden bestämmes.
3. Regnen grupperas i grupper som har närliggande maximal medelintensitet.
4. En S-hydrograf beräknas med hjälp av CTH-modellen för en konstant regnintensitet som ligger nära varje regngrupps maximala medelintensitet.
5. Maxflödena för de i varje grupp ingående regnen beräknas genom att som indata i Enhetshydrografmetoden använda den S-hydrograf som har beräknats för dessa regn.
6. De dimensionerande flödena för olika återkomstintervaller beräknas genom en statistisk analys av maxflödena.

Beräkningarna har genomförts för 7 ledningar i vart och ett av två testområden i Linköping.

Alla datorprogram för beräkningar med CTH-modellen och med Enhetshydrografmetoden har tagits från Arnell (1982). Alla flödesvärden beräknade med hjälp av CTH-modellen har tagits från samma källa.



Figur 1 Beräkningssteg för varje ledning i de båda områdena



Resultaten är som följande:

För det första området:

Medelavvikelse mellan dimensionerande flödesvärden erhållet med Enhetshydrografmetoden och med CTH-modellen uppgår till 0,5%.

Standardavvikelsen för detta område är 4,3%.

För det andra området:

Medelavvikelsen mellan metoderna är 0%.

Standardavvikelsen uppgår till 3,9%.

För de båda områdena tillsammans:

Medelavvikelse = 0,1%

Standardavvikelse = 4,3%

Resultaten indikerar att Enhetshydrografen använd på detta sätt mycket väl kan avgöra behövlig ledningsdiameter.

Fördelen med den arbetsmetodik som har använts i detta examensarbete är att en betydande besparing i beräkningsarbete jämfört med CTH-modellen kan uppnås.

De största nackdelarna med metoden är att den ger mycket räknearbete i stora områden samt att den kräver att S-hydrografer eller Tid-Areakurvor i förväg har beräknats med en metod som är lika noggrann som CTH-modellen.

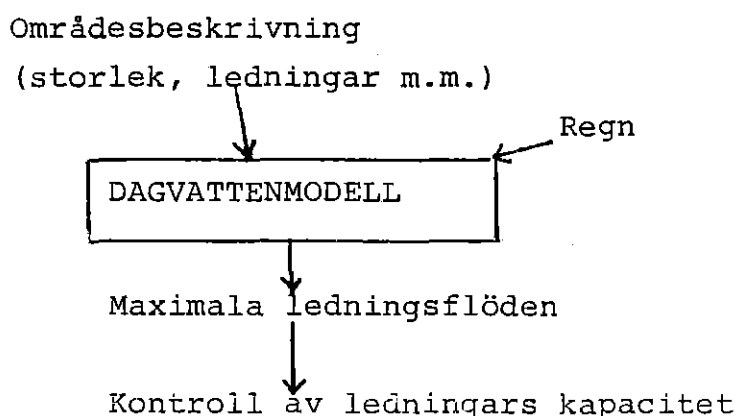
## 1. BAKGRUND

### 1.1 Allmänt

När ett område bebyggs kommer vattenomsättningen i området att förändras. Detta kommer att ge till resultat att utflödena från området, likväl som flödena av regnvatten inom området, kommer att i jämförelse med tidigare förhållanden, då området var ett s.k. naturområde, att öka både i intensitet och volym samt få ett kortare tidsförlopp.

Förändringen i dagvattenflöde från området beror på att många ytor har blivit hårdgjorda, dvs de har låg eller obefintlig infiltration, samt att vegetationen inom området ofta drastiskt har minskat.

För att undvika översvämningar i ett bebyggt område byggs ett dagvattensystem, vilket utformas så, att ledningssystemet har tillräcklig kapacitet för att klara av förväntade flöden. För att kunna förutse och beräkna förväntade flöden användes en dagvattenmodell. Beräkningsinstrumentet "dagvattenmodell" illustreras av figur 1.



Figur 1.1 Illustration av dagvattenmodellens plats i beräkning av dagvattensystem

## 1.2 Arbetsmetodik

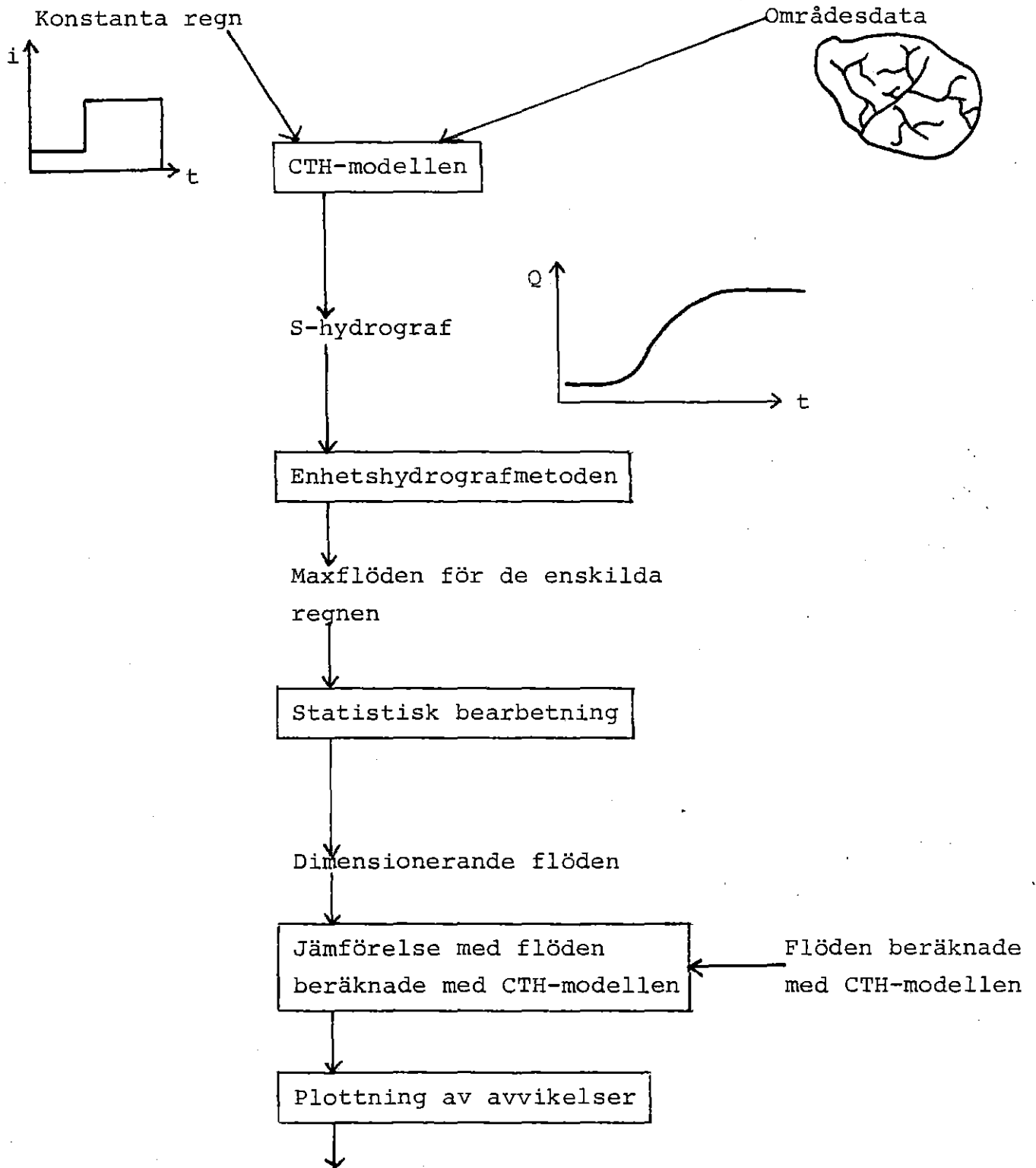
Den arbetsmetodik som i det följande skall beskrivas gäller för Enhetshydrografmetoden, vilken är den dagvattenmodell som använts i detta examensarbete. Beskrivning av dimensioneringsmetodik i allmänhet och hos andra modeller, se kapitel 3 - Använda modeller.

De genomförda beräkningarna indelas i tre slag. Se flödeschema figur 1.2.

I steg 1 beräknas S-hydrografer, eller Tid-Areakurvor, med hjälp av CTH-modellen. För beskrivning av CTH-modellen, se kapitel 3.2. Indata i detta steg är områdesbeskrivning, ledningar i området och områdets hydrologiska data såsom infiltration och råhet samt storlek av de olika deltagande ytorna. Vidare är en konstant regnintensitet indata. Denna konstanta regnintensitet med lång tidsutsträckning föregås av en lägre, 10% av den större, konstant regnintensitet. Även denna låga regnintensitet har lång tidsutsträckning. CTH-modellen beräknar en s.k. S-hydrograf, vilket är en kurva som beskriver hur flödet i en viss ledning kommer att öka med tiden när området utsättes för den konstanta regnintensiteten.

I steg 2 beräknas maxflöden orsakade av olika enskilda regn, vilka ingår i en 18-års serie av uppmätta regntillfällen. Maxflödena beräknas med hjälp av Enhetshydrografmetoden. Indata i detta beräkningssteg är S-hydrografen, som är beräknad i steg 1, samt den uppmätta regnserien. Indata för varje enskilt regn beskriver regnintensitetens variation med tiden.

I steg 3 göres den statistiska bearbetningen av de i steg 2 beräknade flödesvärdena. Detta leder till att dimensionerande flöden för olika återkomsttider kan avläsas. De dimensionerande flödesvärdena plottas mot återkomsttiden. Nödvändiga indata i detta steg är dels maxflödena för de enskilda regnen och dels en plottningsformel. I detta examensarbete har följande plottningsformel använts:



Figur 1.2 Flödesschema över arbetsmetodiken

$$y_i = \sum_{j=1}^i 1/(N+1-j) \quad i = 1, 2, \dots, N$$

$u_i$  = plottningsposition för beräknade flödesvärden  
i stigande ordning

$N$  = antalet använda flödesvärden, vilket väljs lika  
med antalet behandlade tidsperioder, i det här  
fallet 36 st 1/2-års perioder.

### 1.3 Uppgift-Målsättning

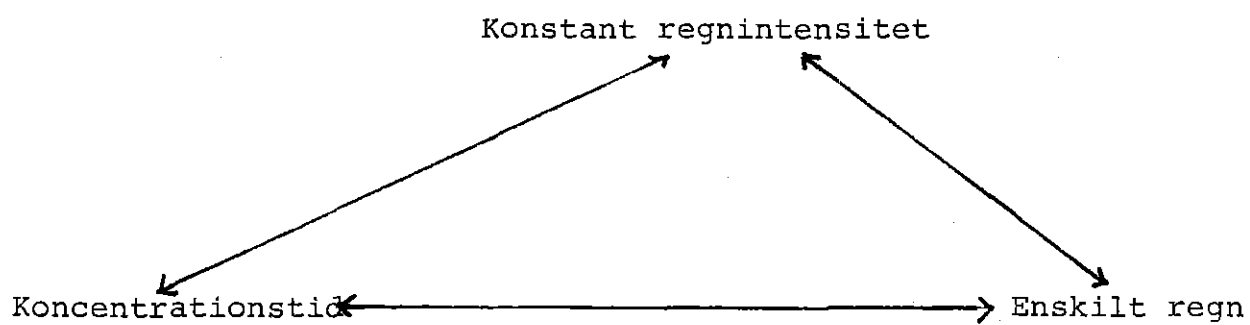
Målsättningen med detta examensarbete har varit följande:

Att genomföra en analys av Enhetshydrografmetoden. Denna har  
i sin tur delats upp i tre delmål enligt följande:

1. Jämföra CTH-modellen och Enhetshydrografmetoden med  
avseende på dimensionerande flödesvärden i dagvatten-  
system.
2. Välja indata till enhetshydrografmetoden "smart", dvs  
välja indata på ett sådant sätt att resultaten erhållna  
med Enhetshydrografmetoden kommer att få samma höga  
kvalitet som resultaten erhållna med CTH-modellen.
3. Ge en anvisning för användandet av Enhetshydrograf-  
metoden.

### 1.4 Problemställning

Problemet vid den använda dimensioneringsmetodiken är att den  
konstanta regnintensiteten, koncentrationstiden för ledningen  
och de enskilda regnen står i beroendeförhållande till varand-  
ra. Ett enskilt regn med hög intensitet leder till en kortare  
koncentrationstid, vilket innebär att en högre konstant regn-  
intensitet skall användas. Figur 1.4 illustrerar detta.



Figur 1.4 Illustration över problemställningen

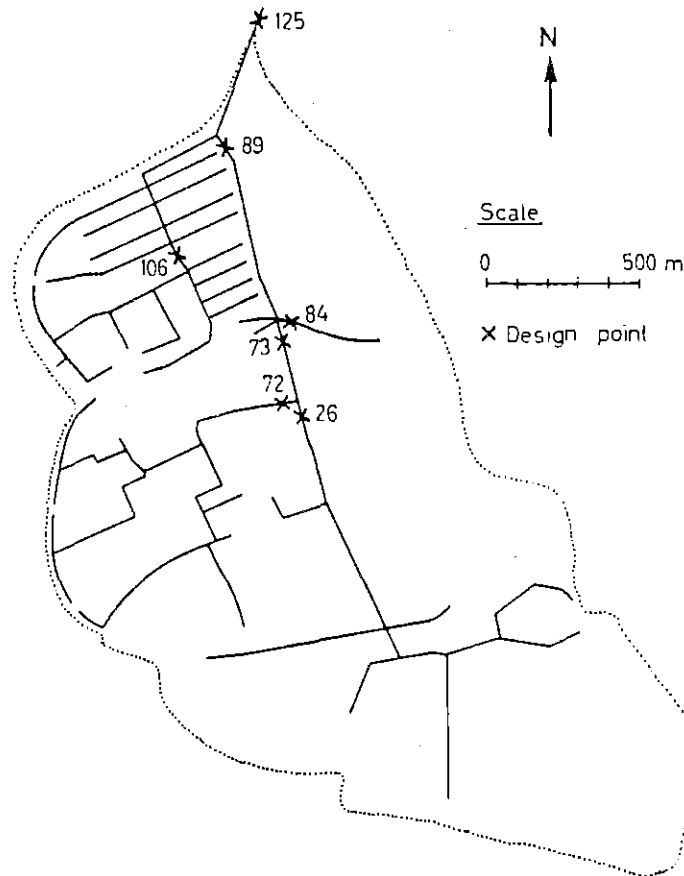
## 2. TESTOMRÅDEN

Båda testområdena är belägna i Linköping. I det följande kommer de att kallas Lin 1 och Lin 2.

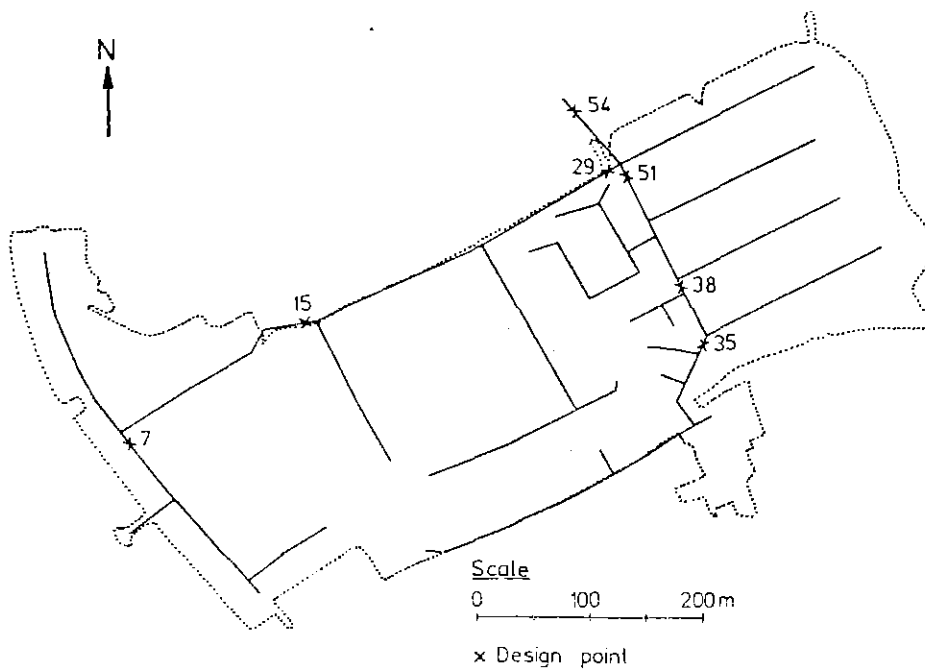
Lin 1 är ett område med blandad bebyggelse såsom enfamiljshus, flerfamiljshus och affärer. Storleken av området uppgår till 1,45 km<sup>2</sup>. Höjdskillnaderna inom området är ringa. De ytliga jordarterna består mestadels av lera som täcker istidsavlagringar. Det befintliga ledningsnätet består av en huvudledning med diameter varierande mellan 500 och 1800 mm. Ledningsnätets belägenhet samt de punkter för vilka flöden har beräknats framgår av figur 2.1.

Lin 2 är beläget inom Lin 1-området. Bebyggelsen utgöres till största delen av villor samt ett par skolbyggnader. Arean för Lin 2 uppgår till 0.185 km<sup>2</sup>. Det existerande ledningsnätets maximala diameter uppgår till 800 mm. Ledningsnätets belägenhet inom området samt de punkter för vilka flöden har beräknats framgår av figur 2.2.

För detaljerad information om de båda områdena, se Arnell (1982) och Hägerström m.fl. (1977).



Figur 2.1 Ledningsnätet i Linköping 1.  
Från figur 6.3 Arnell (1982).



Figur 2.2 Ledningsnätet i Linköping 2.  
Från figur 6.4 Arnell (1982).



### 3. ANVÄNDA MODELLER

#### 3.1 Allmänt

Likheterna mellan de olika förekommande modellerna är i allmänhet större än skillnaderna. Dock finns skillnader, både i beskrivningen av avrinningskaraktäristika och noggrannheten i indata jämväl kvaliteten på resultaten. Här skall endast två olika sätt att klassificera modellerna beaktas.

Lyngfelt (1982) använder följande indelning i studiet av de olika förekommande dagvattenmodellerna:

Grupp A omfattar de ur hydraulisk synpunkt bästa och mest sofistikerade modellerna. Ett exempel på en grupp A modell är DAGVL-DIFF. Att använda grupp A modeller betyder att man har mycket indata och komplicerade beräkningsrutiner, vilket medför lång exekveringstid. Detta innebär att grupp A modeller är dyra att använda i stora system med många olika ledningar.

Grupp B omfattar modeller som är förenklade i jämförelse med grupp A. Denna förenkling består i sättet att beräkna ytflödet och ledningsflödet. En del av grupp B modellerna använder kinematisk vågteori vid beräkningen av flödena. Den största skillnaden mellan grupp A och grupp B modeller består i att grupp B modeller inte kan ta hänsyn till dämning i ledningarna. Om dämning inte är aktuell är behovet av indata samma för grupp A och grupp B modeller, så i detta fall kan inte grupp B modeller sägas vara enklare. Exempel på grupp B modeller är ILLUDAS, NIVA och CTH-modellen.

Grupp C omfattar modeller med ytterligare förenklade antaganden. Exempel på metoder i denna grupp är Tid-Area metoden och Enhetshydrografmetoden. Förenklingen i dessa motsvarar att vattenhastigheten föreskrivs konstant i tiden inom området. Resultaten från beräkningar med en grupp C modell kan därför förväntas ha en sämre noggrannhet. Indatabeskrivningen är enklare för grupp C modeller än för de båda andra grupperna. Fördelen med

grupp C modeller är att de är enkla och billiga att använda. För samma kostnad har man möjlighet att göra fler körningar och testa flera alternativ med en grupp C modell än med en grupp A eller grupp B modell. Grupp C modeller kan därför ha ett stort värde vid en första översiktlig beräkning av ett nytt dagvattensystem.

Arnell (1980b) använder ett annat sätt att klassificera modellerna.

Grupp 1 - Planeringsmodeller

Grupp 2 - Konstruktions/analysmodeller

Grupp 3 - Operativa modeller

Gränserna mellan de olika grupperna är inte skarpa. Många av planeringsmodellerna kan användas för konstruktion av nya system och vice versa.

Planeringsmodellerna används vid planerandet av nya stora system. De använder ofta ett tidssteg i beräkningarna på en timme. De kan ta hänsyn till många olika planeringsalternativ och kan beräkna många olika ledningar. Behandlingen av in- och utdata är viktigare än noggrannheten i den simulerade hydrologiska processen. Ett exempel på en planeringsmodell är STORM.

I grupp 2, konstruktions/analysmodeller, är detaljerna i beskrivningen av de olika hydrologiska processerna viktiga. Modellerna används ofta för konstruktion eller analys av delar i ett större system. För att erhålla bra resultat används korta tidsteg i beräkningarna. Detta korta tidsteg medför att beräkningstiden ökar, vilket i sin tur medför att kostnaden stiger. På grund av komplexiteten i beräkningsprocessen är många av dessa modeller inte speciellt flexibla när det gäller att handskas med olika typer av dagvattensystem. Exempel på konstruktions/analysmodeller är ILLUDAS, SWMM, NIVA och CTH-modellerna.

Operativa modeller används för drift och kontroll av befintliga dagvattennät. De är ofta utvecklade från andra modeller, både planerings- och konstruktions/analysmodeller kan ligga till grund. Ofta är en operativ modell utvecklad för att möta ett speciellt behov i ett speciellt dagvattensystem, och därför kan dessa modeller sinsemellan uppvisa stora skillnader. Ett exempel på en operativ modell är CATAD.

### 3.2 CTH-modellen

CTH-modellen är en typisk konstruktions/analysmodell som tillhör grupp B. Den har utvecklats vid Institutionen för Vattenbyggnad, Chalmers Tekniska Högskola, Göteborg. Den hydrologiska cykeln och begränsningen för modellen är illustrerade i figur 3.1. Uppbyggnaden av modellen och dess delprocesser, såsom infiltration, ytmagasinering, ytflöde, rännstensflöde och ledningsflöde visas i figur 3.2. Modellen är detaljerad och kan användas för beräkning av hydrografer, maximala ledningsflöden och total avrunden volym för ett visst område.

När modellen används, delas avrinningsområdet i ett antal delområden. Indata ges som regn som är likformigt fördelat över konstanta tidsintervall.

Infiltrationen beräknas med Hortons ekvation:

$$F = f_c t + (f_o - f_c) / k_f (1 - e^{-k_f t_f})$$

$F$  = summa massinfiltration vid tiden  $t_f$

$f_o$  = infiltrationsintensiteten vid regntillfallets början

$f_c$  = den slutliga infiltrationsintensitetskapaciteten

$k_f$  = konstant

$t_f$  = tid från start av infiltrationen

Ytmagasineringen beskrivs av ekvationen:

$$s = (i-f)e^{-(P-F)/S}$$

s = ytmagasineringsintensitet

i = regnintensitet

f = infiltrationskapacitet

P = summa infiltration

S = ytmagasinering

Både yt- och ledningsflöde bestäms utgående från kontinuitets-  
ekvationer och ett samband mellan flöde och vattendjup.

$$Q = f(y) \quad \text{och} \quad \partial Q / \partial x + \partial y / \partial t = q$$

Q = flöde

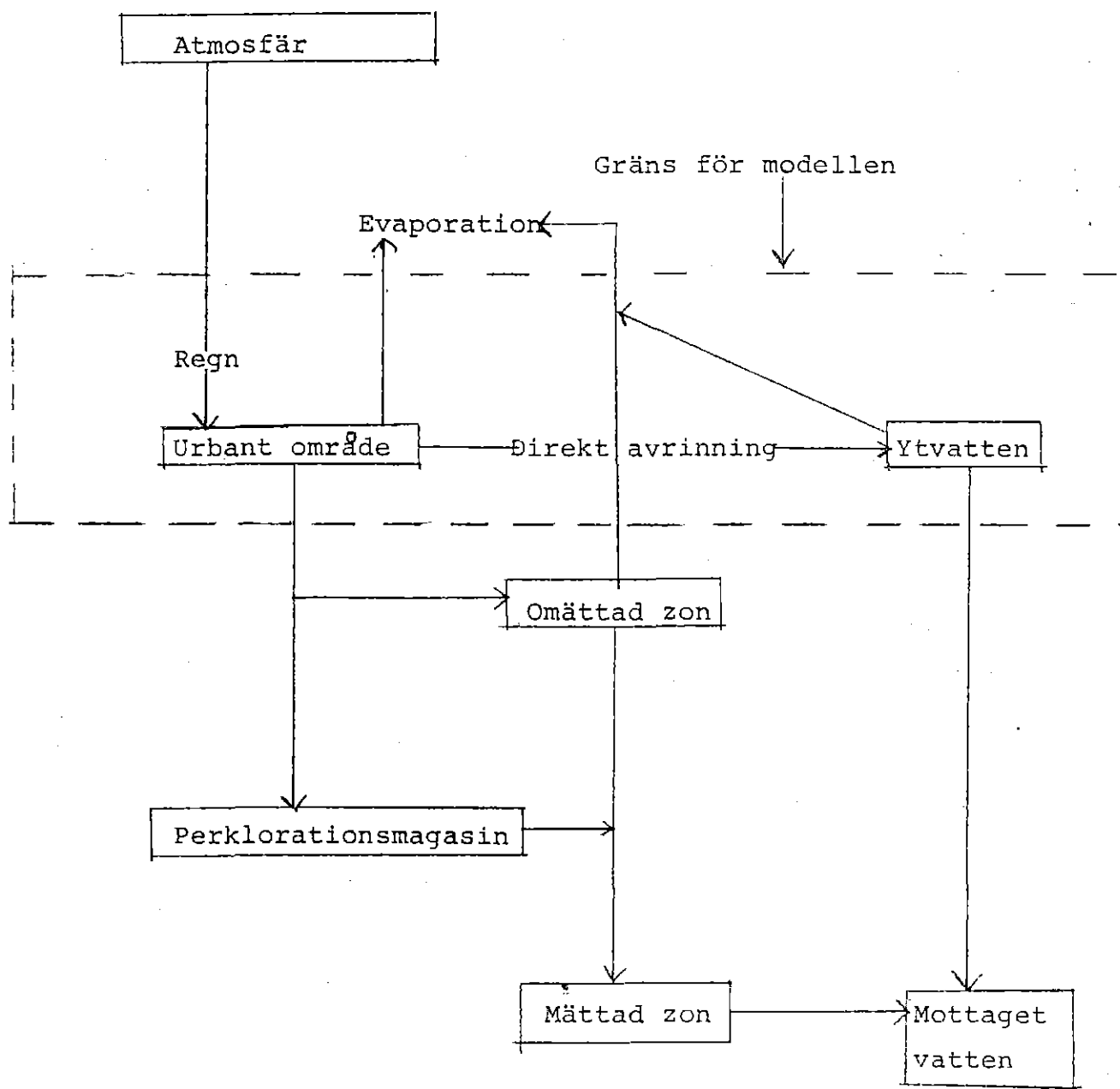
y = vattendjup

x = koordinat i flytriktningen

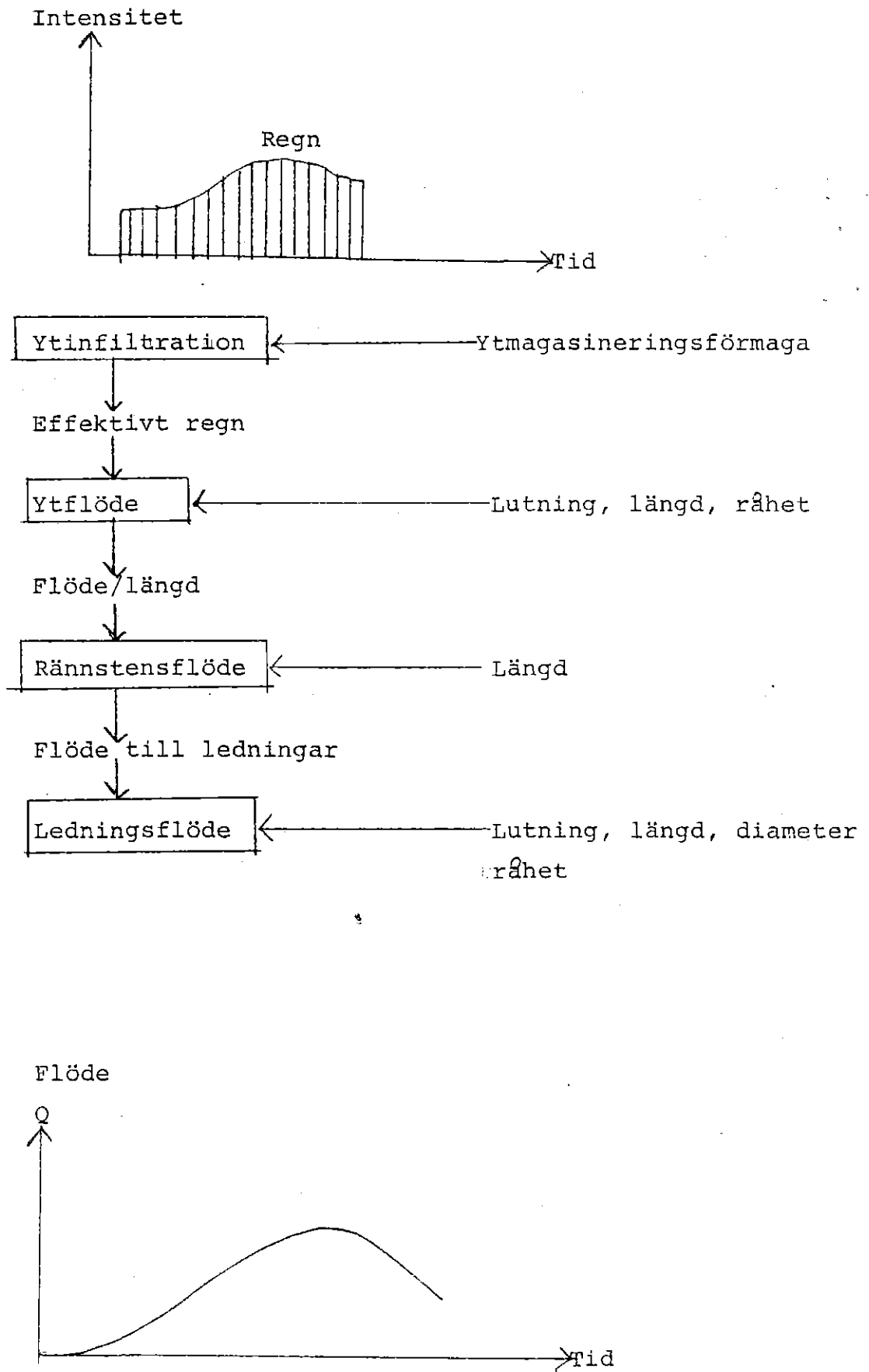
q = lateralt inflöde

Simuleringen av rännstensflödet är endast en summation av yt-  
flödena.

Modellen kan bestämma nödvändiga ledningsdimensioner men kan  
inte ta hänsyn till eller räkna med dämning i systemet.



Figur 3.1 Den hydrologiska cykeln och gränserna för CTH-modellen. Från figur 2.1, Arnell (1980).



Figur 3.2 CTH-modellens struktur. Från figur 2.2, Arnell (1980).

### 3.3 Enhetshydrografmetoden

Enhetshydrografen för ett område är definierad som avrinningshydrografen orsakad av ett regn med viss varaktighet. Regnet är likformigt fördelat i tiden och också likformigt fördelat över området.

I figur 3.3 finns Enhetshydrografmetoden illustrerad. Antagandet göres, att om ett regn med viss intensitet kommer att orsaka ett visst flöde, ett annat regn med annan intensitet kommer att orsaka ett flöde som står i proportion till det första flödet på samma sätt som intensiteterna står i proportion till varandra. Antagandet bygger på att de båda regnen har samma varaktighet.

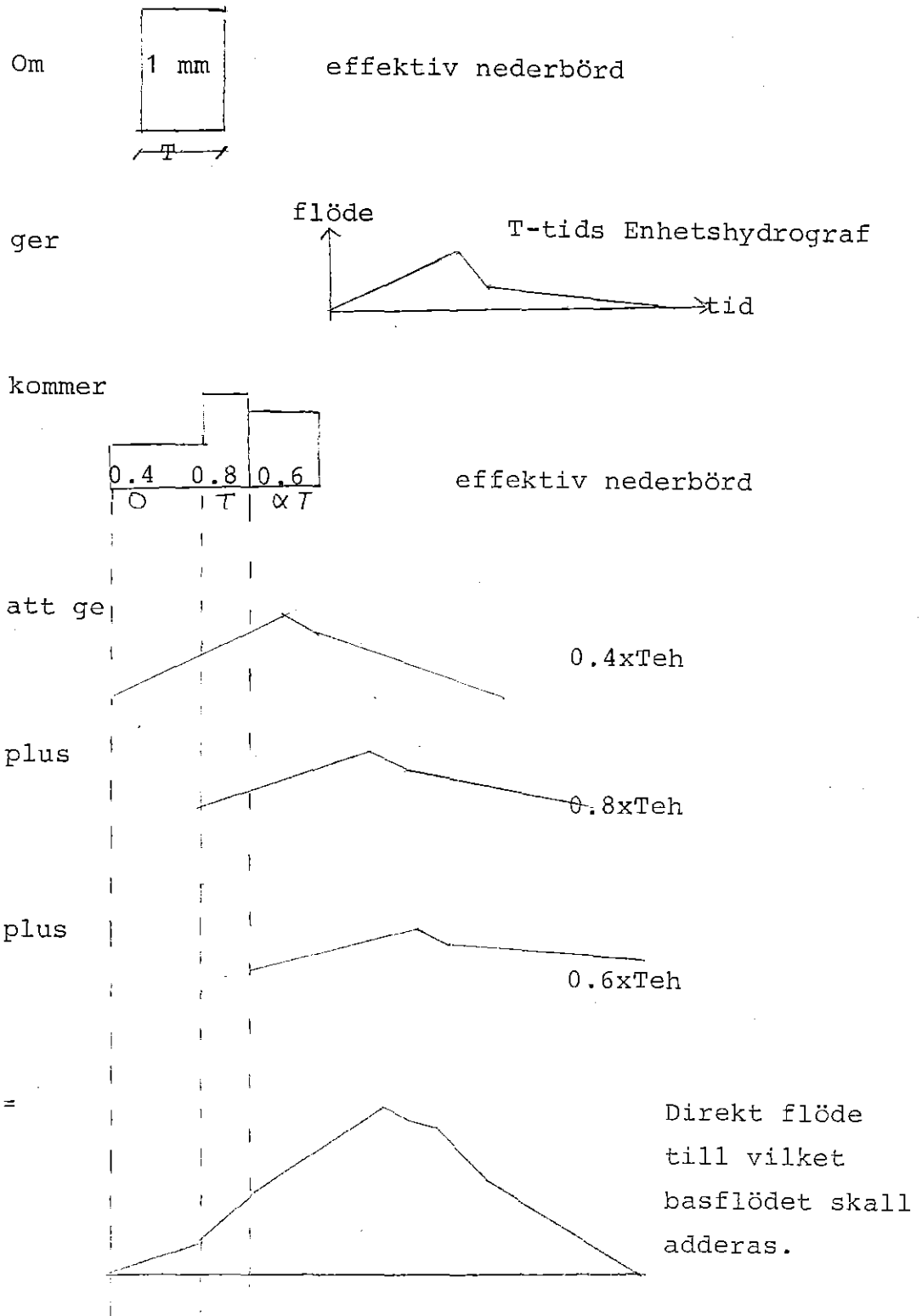
Som synes i figur 3.3, kan ett enskilt regntillfälle delas upp i olika delar med varierande regnintensitet. Den totala hydrografen för regnet i fråga erhålles som summan av delarnas hydrografer. Till det på detta sätt bestämda flödet skall tillägg göras för basflödet och för ökningen av basflödet under det enskilda regnet.

I detta examensarbete har metoden använts på följande sätt:

En S-hydrograf eller Tid-Areakurva beräknades med hjälp av CTH-modellen för en konstant regnintensitet föregången av en lägre konstant intensitet för att erhålla en enhetshydrograf som kunde transformera regnintensitet till avrinning.

Enhetshydrografen för varaktigheten 1 minut beräknades genom att flytta S-hydrografen 1 minut och beräkna skillnaden mellan den ursprungliga och den flyttade S-hydrograf. Enhetshydrografens dividerades sedan med den konstanta regnintensiteten minus den första låga regnintensiteten. En varaktighet av en minut användes eftersom de historiska regnen var lagrade i datorn med ett tidsintervall av en minut.

Alla program för beräkningar med Enhetshydrografmetoden finns beskrivna i Arnell (1982).



Figur 3.3 Illustration av Enhetshydrografmetoden



## 4. FLÖDESBERÄKNINGAR

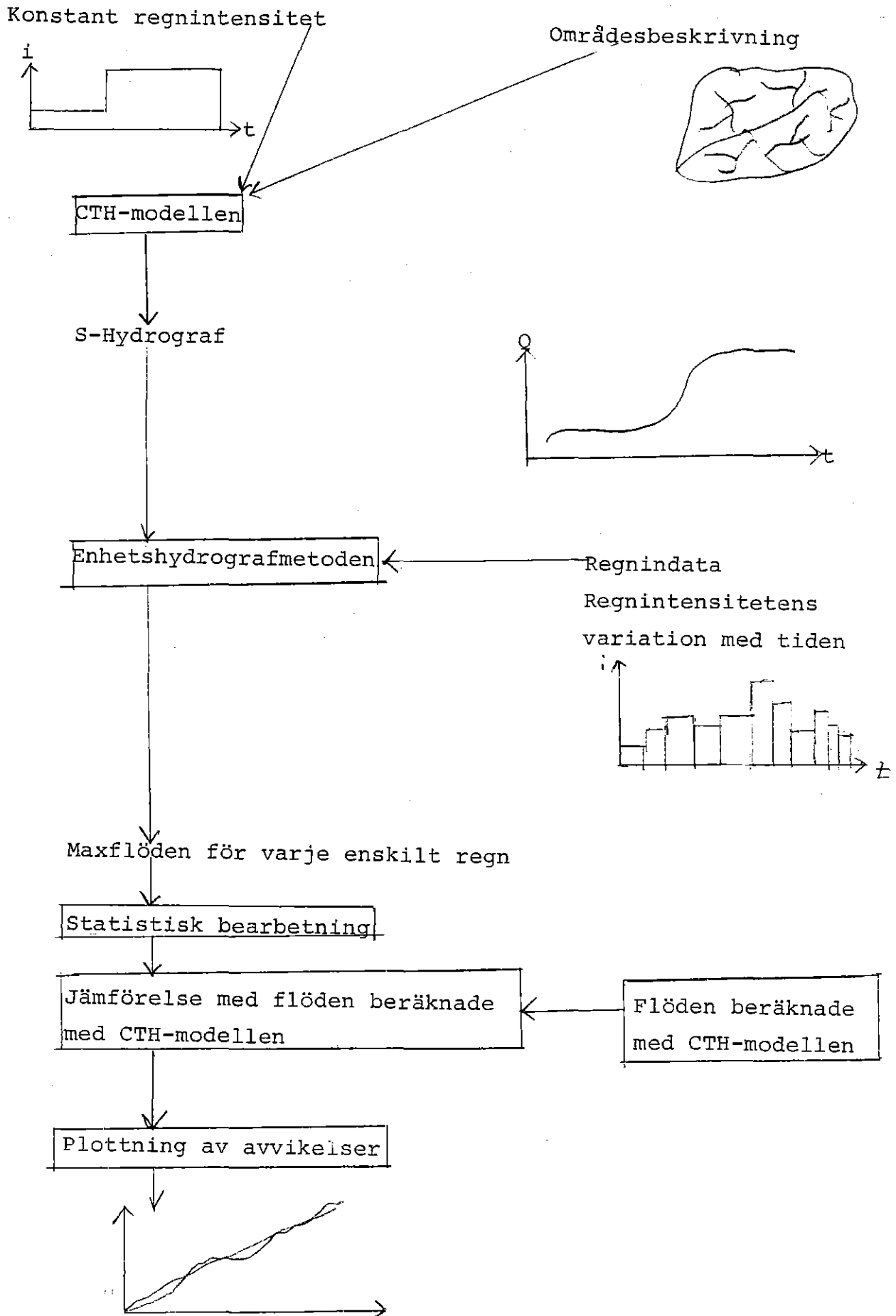
### 4.1 Allmänt

Beräkningarna utförda i detta examensarbete illustreras i figur 4.1. Med hjälp av CTH-modellen beräknas S-hydrografer för olika konstanta regnintensiteter. Indata utgöres dels av en beskrivning av avrinningsområdet såsom ledningslängder, ledningslutningar, anslutna hårdgjorda ytor, anslutna icke-hårdgjorda ytor m.m. samt av konstanta regnintensiteter. Detta konstanta regn har utformats på följande sätt: Ett förregn med lång varaktighet och en intensitet som uppgår till 10% av den slutliga intensiteten får först belasta området. Momentant stiger sedan intensiteten till sitt slutliga värde. Även denna slutliga intensitet har lång varaktighet.

S-hydrograferna utgör indata till beräkningen med Enhetshydrografmetoden. Enhetshydrograferna beräknas på det sätt som har beskrivits i kapitel 3.3. Indata till detta steg utgöres även av en mätt serie av historiska regn. Denna serie kommer från Lundby, Göteborg och omfattar de 110 mest intensiva regnen under åren 1921-1939. Resultaten från detta beräkningssteg utgöres av maxflöden i de olika ledningarna i beräkningsområdet för varje historiskt regn.

De beräknade maxflödena bearbetas därefter statistiskt. Detta innebär att de rangordnas i fallande ordning och att en plottningsformel användes för att bestämma plottningspositioner. Följande plottningsformel har använts:  $y_i = 1(N+1-j)$   $i=1,2,\dots,N$ .  $y_i$  = plottningsposition för flödesvärdena i stigande ordning.  $N$  = antalet behandlade flödesvärden, vilket är valt lika med antalet behandlade tidsintervall, i det här fallet 36 1/2-års perioder.

Maxflödena för återkomsttiderna 0,5-1-2-5 beräknade på detta sätt jämföres med maxflödena för samma återkomsttider beräknade med hjälp av CTH-modellen. Maxflödena beräknade med hjälp av CTH-modellen härstammar från Arnell (1982).



Figur 4.1 Utförda flödesberäkningar illustrerade grafiskt.

Slutligen plottas maxflöde/återkomsttid. Detta göres både för maxflödena beräknade med Enhetshydrografmetoden och för maxflödena beräknade med hjälp av CTH-modellen. Detta för att lättare kunna jämföra de båda metoderna.

## 4.2 Användningen av CTH-modellen

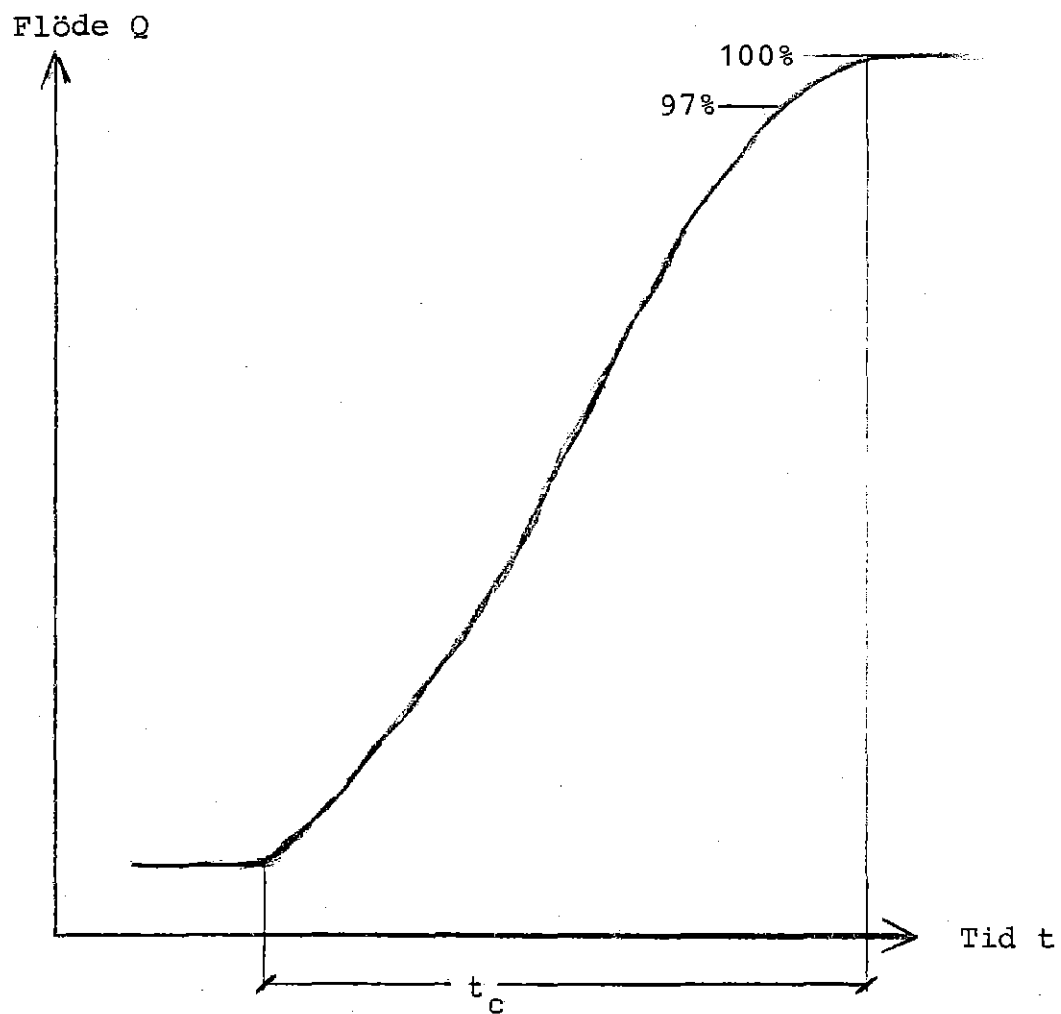
### 4.2.1 Allmänt

Som framgår av kapitel 3.2 kan CTH-modellen användas för beräkning av hydrografer, maximala ledningsflöden och total avrunnen volym. Här har dock modellen endast använts för beräkning av hydrografer.

### 4.2.2 Beräkning av S-hydrograf

S-hydrografen illustreras av figur 4.2.2. Den intressant biten utgörs av stigningen i flöde när regnintensiteten stiger från ett lågt värde till ett högt. Tidsutsträckningen av denna flödesstegring har i figur 4.2.2 betecknats som koncentrationstiden  $t_c$ . Vid användningen av CTH-modellen visar det sig ibland att maxvärdet för flödet ej antar ett distinkt värde, även om det konstanta regnet har mycket lång varaktighet, utan att maxflödesvärdet, S-hydrografens toppvärde, varierar mellan ett fåtal närliggande värden. För att eliminera detta beteende hos S-hydrografen har i stället för det högsta flödesvärdet 97% av detsamma använts som flödesvärde vid bestämning av koncentrationstiden.

I detta arbete har en S-hydrograf för varje ledning beräknats. Det innebär att varje ledning har sin egen form för stigningen av S-hydrografen. Det är möjligt att man i framtiden skulle kunna utveckla en standardform för S-hydrografen så att man bara behövde ge till exempel koncentrationstiden för att kurvan skulle vara bestämd. Inflytandet på de erhållna resultaten av en sådan standardform på S-hydrografen har dock ej undersökts i detta arbete.



$t_c$  = koncentrationstid för ledningen i fråga

Figur 4.2.2 Illustration av S-hydrograf

#### 4.2.3 Beräkning av koncentrationstiden $t_c$

Den tid som åtgår för att hela området skall medverka i avrinningen brukar normalt betecknas som koncentrationstiden för området i fråga. Denna tid ges av S-hydrografen som tiden för stegringen av flödet från det låga konstanta värdet till det höga konstanta värdet. I figur 4.2.2 har koncentrationstiden betecknats med  $t_c$ .

Koncentrationstiden varierar för olika ledningar inom samma avrinningsområde beroende på att det delområde som varje ledning avvattnar är specifikt med avseende på storlek, andel hårdgjord yta m.m.

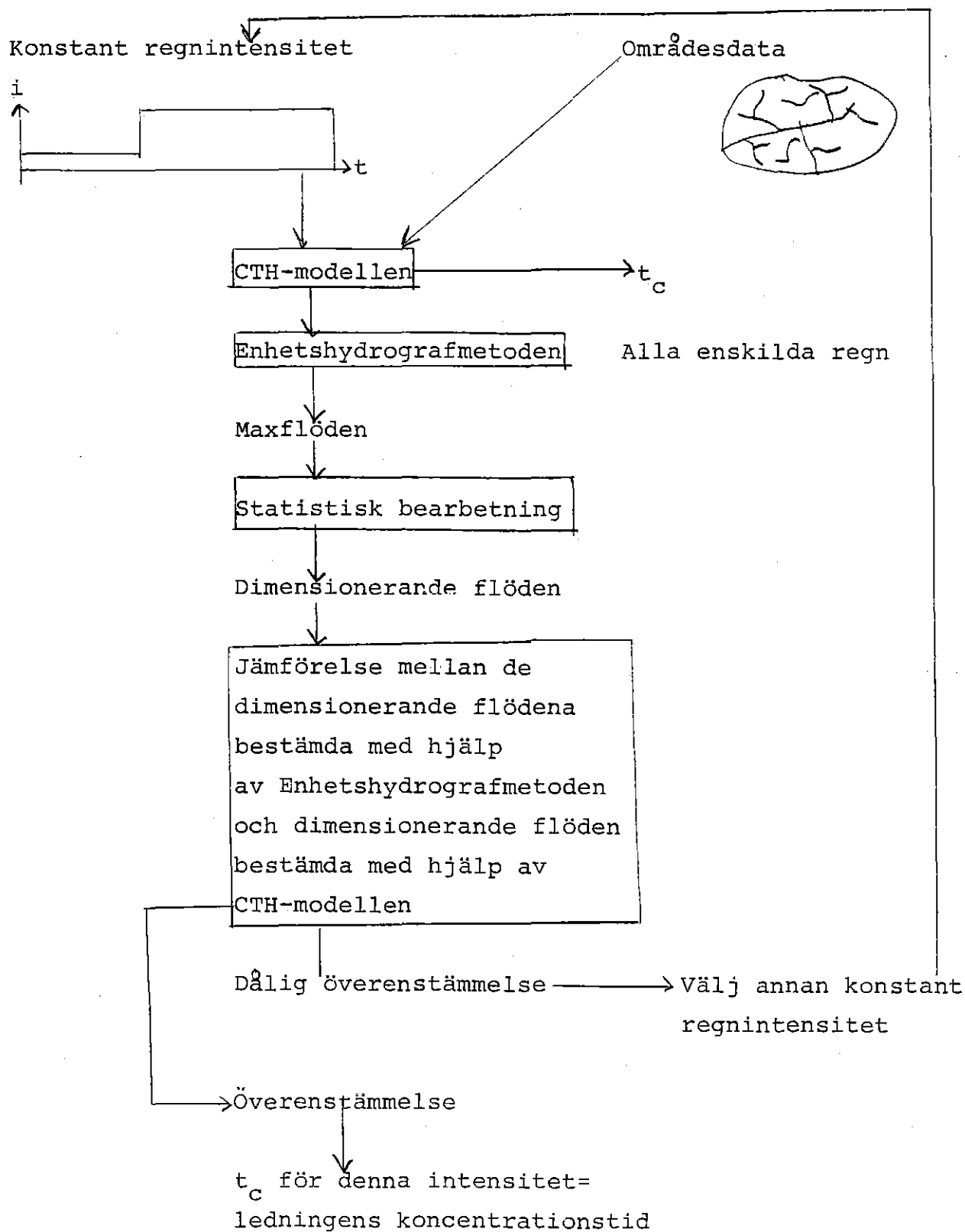
Koncentrationstiden för samma ledning kommer också att variera med regnintensiteten beroende på att en högre regnintensitet ger högre flöden på ytor och i ledningar, vilket resulterar i högre flythastigheter och därmed en kortare koncentrationstid.

Ovanstående ger vid handen att koncentrationstiden bör bestämmas för varje enskild ledning inom området samt att koncentrationstiden på något sätt bör relateras till regnintensiteten.

Som framgår av figur 4.2.2 är alltså koncentrationstiden för en enskild ledning bestämd så snart S-hydrografen för denna ledning är beräknad med hjälp av CTH-modellen.

För att kunna relatera varje enskilt historiskt regn till en S-hydrograf har koncentrationstiden för varje ledning bestämts. Se även kapitel 4.3.2 "Val av regnindata".

Koncentrationstiden för varje ledning har bestämts på det sätt som framgår av figur 4.2.3. I CTH-modellen ges en konstant regnintensitet och S-hydrografen avläses. Hänsyn tages till 97%-regeln, se kapitel 4.2.2. Alla 110 historiska regn ges som indata till Enhetshydrografmetoden och maxflödena för dessa regn beräknas. Den statistiska bearbetningen genomföres och de dimensionerande flödena för återkomstintervallerna 0,5-1-2-5 år jämföres med de dimensionerande flödena framräk-



Figur 4.2.3 Illustration av beräkningen av koncentrationstider

nade med hjälp av CTH-modellen. Om flödesvärdena överensstämmer något så när har koncentrationstiden för den använda S-hydrografen ansetts vara lika med ledningens koncentrationstid och vid dålig överensstämmelse genomföres ett nytt varv i beräkningen med hjälp av en annan konstant regnintensitet.

#### 4.2.4 Resultat av koncentrationstidsberäkningen

I enlighet med kapitel 4.2.3 har de dimensionerande flödesvärdena för återkomsttiderna 0,5-1-2-5 år beräknats med hjälp av Enhetshydrografmetoden. Härvid har de konstanta regnintensiteterna 2-5-10-20-50-100 mm/h använts. Vid dessa beräkningar har alla de 110 historiska regnen getts som indata till samma S-hydrograf.

Flödena för S-hydrograferna givna av intensiteterna 10-20-50 mm/h är jämförda med flödena framräknade med hjälp av CTH-modellen i tabell 1.

Koncentrationstiderna givna av samma regnintensiteter som har använts i tabell 1 ges av tabell 2.

Koncentrationstiden för den enskilda ledningen har slutligt bestämts såsom ett viktat medelvärde av koncentrationstiderna givna av tabell 2. Detta har gjorts på följande sätt:

Om CTH-modellens värde ligger mellan flödesvärdet givet av regnintensiteterna 10 och 20 mm/h har endast dessas koncentrationstider beaktats. Koncentrationstiden har ej bestämts noggrannare än i fem minuters intervall eftersom de historiska regnen fanns lagrade i fem minuters intervall i datorn. Resultatet är listat i tabell 3.

Tabell 1

Jämförelse mellan flödesvärden beräknade med hjälp av CTH-modellen och flödesvärden beräknade med hjälp av alla historiska regn och med olika konstanta regnintensiteter. Siffran efter  $Q_{\max}$  står för den konstanta regnintensitet i mm/h som har använts vid beräkningen av dessa värden. Flödena är givna i  $m^3/s$ . CTH-modellens värden betraktas som 100%. Återkomsttiden är given i år.

## Lin 1

Ledning 26

Återkomst	CTH	$Q_{\max 10}$	%	$Q_{\max 20}$	%	$Q_{\max 50}$	%
5	2.010	1.483	74	1.702	85	2.114	106
2	1.480	1.274	86	1.427	96	1.598	108
1	1.260	1.080	86	1.219	97	1.385	100
0,5	1.010	0.841	84	0.934	93	1.010	100

Ledning 72

Återkomst	CTH	$Q_{\max 10}$	%	$Q_{\max 20}$	%	$Q_{\max 50}$	%
5	3.650	3.448	94	3.206	88	4.050	110
2	2.960	2.537	86	2.897	97	3.294	111
1	2.330	2.126	91	2.371	101	2.650	114
0,5	1.770	1.571	88	1.827	104	2.100	118

Ledning 73

Återkomst	CTH	$Q_{\max 10}$	%	$Q_{\max 20}$	%	$Q_{\max 50}$	%
5	5.350	4.670	87	5.286	97	5.513	103
2	4.100	3.355	82	3.928	96	4.613	112
1	3.250	2.844	87	3.522	100	3.731	114
0,5	2.400	2.086	87	2.403	100	2.822	117



Ledning 84

Aterkomst	CTH	$Q_{\max 10}$	%	$Q_{\max 20}$	%	$Q_{\max 50}$	%
5	0.985	0.793	81	0.884	89	1.009	102
2	0.770	0.669	87	0.737	96	0.783	101
1	0.630	0.536	85	0.617	98	0.681	101
0,5	0.490	0.415	85	0.474	97	0.542	111

Ledning 89

Aterkomst	CTH	$Q_{\max 10}$	%	$Q_{\max 20}$	%	$Q_{\max 50}$	%
5	5.750	4.937	86	5.846	102	6.222	108
2	4.100	3.559	87	4.204	102	4.910	120
1	3.240	3.124	97	3.513	108	3.994	123
0,5	2.420	3.322	96	2.594	108	2.938	121

Ledning 106

Aterkomst	CTH	$Q_{\max 10}$	%	$Q_{\max 20}$	%	$Q_{\max 50}$	%
5	0.990	0.813	82	0.913	94	0.989	100
2	0.770	0.576	75	0.665	86	0.803	104
1	0.615	0.487	79	0.540	88	0.635	103
0,5	0.455	0.359	79	0.422	93	0.506	109

Ledning 125

Aterkomst	CTH	$Q_{\max 10}$	%	$Q_{\max 20}$	%	$Q_{\max 50}$	%
5	7.300	6.481	89	7.568	104	8.038	110
2	5.200	4.637	89	5.440	105	6.425	124
1	4.100	4.041	99	4.530	110	5.123	125
0,5	3.040	2.978	98	3.389	111	3.860	127

## Lin 2

Ledning 7

Aterkomst	CTH	Q <sub>max10</sub>	%	Q <sub>max20</sub>	%	Q <sub>max50</sub>	%
5	0.166	0.138	83	0.157	94	0.171	103
2	0.133	0.114	86	0.123	93	0.133	100
1	0.115	0.098	85	0.107	93	0.116	101
0,5	0.090	0.072	80	0.083	92	0.090	100

Ledning 15

5	0.316	0.379	88	0.299	95	0.321	102
2	0.253	0.219	87	0.237	94	0.259	103
1	0.211	0.181	86	0.198	94	0.214	101
0,5	0.155	0.144	93	0.157	102	0.172	111

Ledning 29

5	0.535	0.454	85	0.511	95	0.538	100
2	0.450	0.363	81	0.422	94	0.475	105
1	0.347	0.297	86	0.336	97	0.384	111
0,5	0.267	0.234	88	0.268	100	0.307	115

Ledning 35

5	0.182	0.154	84	0.168	92	0.186	102
2	0.145	0.120	85	0.133	92	0.150	103
1	0.120	0.098	82	0.110	91	0.132	110
0,5	0.088	0.080	91	0.088	100	0.100	114

Ledning 38

5	0.284	0.227	80	0.236	83	0.274	96
2	0.230	0.173	75	0.202	88	0.233	101
1	0.180	0.141	78	0.164	91	0.197	109
0,5	0.138	0.113	82	0.126	91	0.146	106

Tabell 2

Koncentrationstider för alla ledningar. Koncentrationstiderna är givna i minuter. Regnintensitet anger den regnintensitet i mm/h som S-hydrografen är beräknad för.

Ledning	10	20	50	Regninintensitet
Koncentrationstider				
<hr/>				
Lin 1				
26	38	31	23	
72	26	21	17	
73	35	28	21	
84	17	13	10	
89	54	33	27	
106	26	19	15	
125	39	32	27	
Lin 2				
7	8	6	5	
15	12	10	8	
29	14	11	8	
35	14	11	10	
38	14	11	8	
51	14	11	10	
54	9	10	10	

Tabell 3

Koncentrationstider för alla ledningar. Koncentrationstiderna har bestämts i enlighet med kapitel 4.2.4 som ett viktat medelvärde av koncentrationstiderna i tabell 2. Koncentrationstiderna har givits jämna 5-minutersvärden, eftersom de historiska regnen finns lagrade i datorn på detta sätt. Se även kapitel 4.2.5.

<u>Ledning</u>	<u>Koncentrationstider i minuter</u>
Lin 1	
26	25
72	20
73	25
84	10
89	40
106	15
125	35
Lin 2	
7	5
15	10
29	10
35	10
38	10
51	10
54	10

#### 4.2.5 Exempel på beräkning av värden i tabell 3 samt kommentar till densamma

Exempel, ledning 26:

Koncentrationstiderna för S-hydrograferna 10-20-50 mm/h för denna ledning ges av tabell 2. Dessa tider uppgår till 38-31-23 minuter. Eftersom de historiska regnen finns lagrade i datorn i fem-minutersintervall, måste koncentrationstiden för ledning 26 bestämmas till 20-25-30-35-40 minuter. Tabell 1 ger att det flödesvärde som beräknas av CTH-modellen ligger mellan de flödesvärden som ges av S-hydrograferna orsakade av de konstanta regnintensiteterna 20 och 50 mm/h. Koncentrationstiden för ledning 26 har därför bestämts till 25 minuter, vilket ligger mellan de tider, 31-23, som ges av de närliggande S-hydrograferna.

Kommentar tabell 3:

I Lyngfelt (1980) ges kurvor över hur koncentrationstiden varierar med regnintensiteten för ledning 125 och ledning 54. Koncentrationstiderna givna av tabell 3 ligger nära de koncentrationstider som kan utläsas av dessa kurvor.

### 4.3 Användningen av Enhetshydrografmetoden

#### 4.3.1 Allmänt

Enhetshydrografmetoden har i detta examensarbete använts i enlighet med kapitel 3.3. Som framgår av tabell 1 är valet av konstant regnintensitet betydelsefullt för noggrannheten i resultaten. Man kan förmoda att det dimensionerande flödesvärdet för återkomstintervallet 5 är orsakat av ett regn som har högre maximal medelintensitet än flödesvärdet för återkomstintervallet 0,5 år. Detta beror helt enkelt på att 5-årsregnet är intensivare än 0,5-årsregnet. Därför bör flödesvärdena för olika återkomstintervaller beräknas med hjälp av

olika enhetshydrografer, dvs en del av en mätt regnserie bör hänföras till en enhetshydrograf och en annan del av samma regnserie bör hänföras till en annan enhetshydrograf.

Om man nu har en serie av regn och vill dela upp denna i delserier och använda en delserie med intensiva regn för beräkningen av de långa återkomstintervallen och en annan delserie för beräkningen av de korta återkomstintervallen, hur skall då delserierna väljas, vilket kriterium för grupperingen av regnen skall man ha? I detta examensarbete har som kriterium vid regngrupperingen använts regnens maximala medelintensitet. Den maximala medelintensiteten för ett regn är den högsta blockregnsintensitet som är möjlig för viss varaktighet. Se figur 4.3.1. Den bestäms på så sätt att varaktigheten väljes och att den streckade arean i figur 4.3.1 förskjutes längs tidsaxeln tills denna streckade area är lika med den totala arean under intensitetskurvan. Den på så sätt bestämda högsta möjliga intensiteten för den streckade arean är lika med regnets maximala medelintensitet för denna varaktighet.

Alla maximala medelintensiteter för alla regn under de olika varaktigheterna kan ses i bilaga A.

#### 4.3.2 Val av regnindata

För att kunna uppnå mål 2, "Välja indata till Enhetshydrografmetoden smart", och för att kunna simulera verkligheten bättre, har de 110 enskilda regnen som ingår i den mätta serien från Lundby, delats upp i delserier. Till varje delserie har kopplats en speciell S-hydrograf, som är beräknad med hjälp av en konstant regnintensitet som ligger nära de i delserien ingående regnens maximala medelintensitet. När flödesvärdena för varje delserie har beräknats sammanföres dessa till en 110 regnserie igen, och den statistiska bearbetningen genomföres.

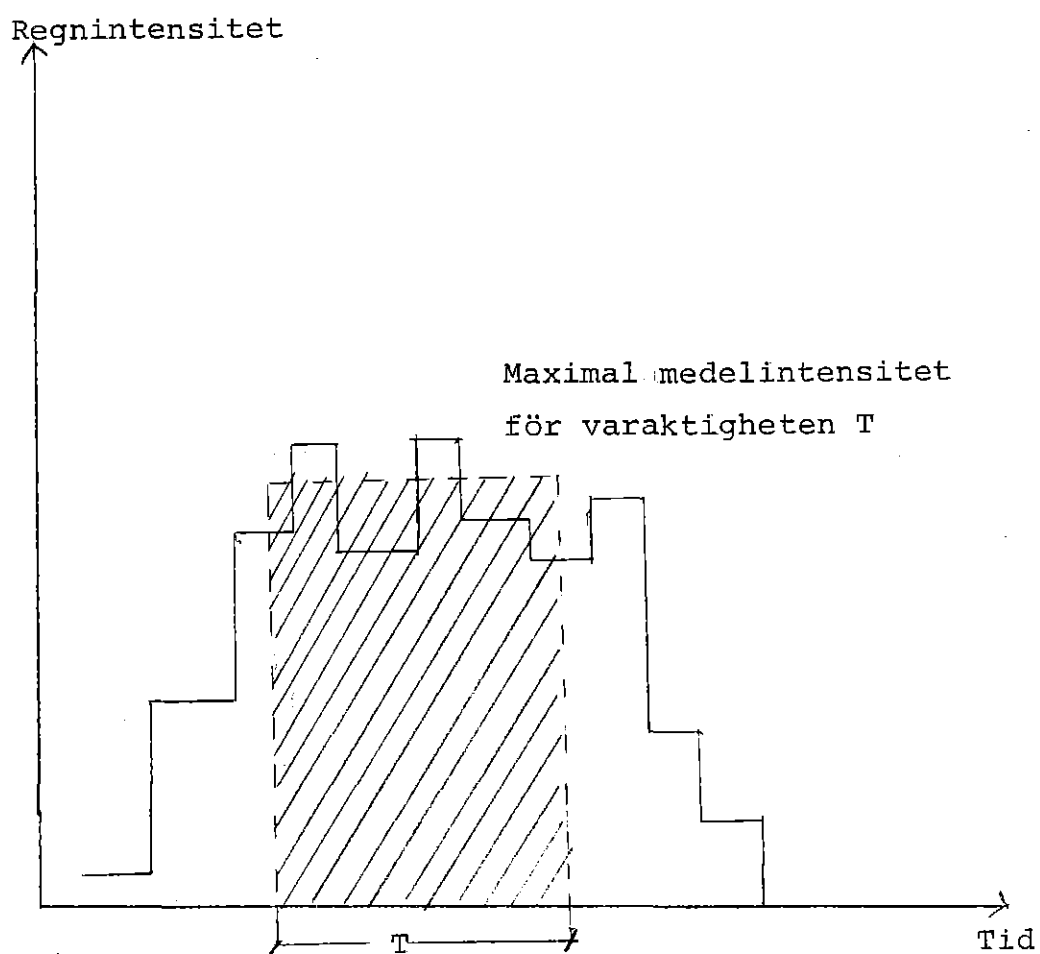
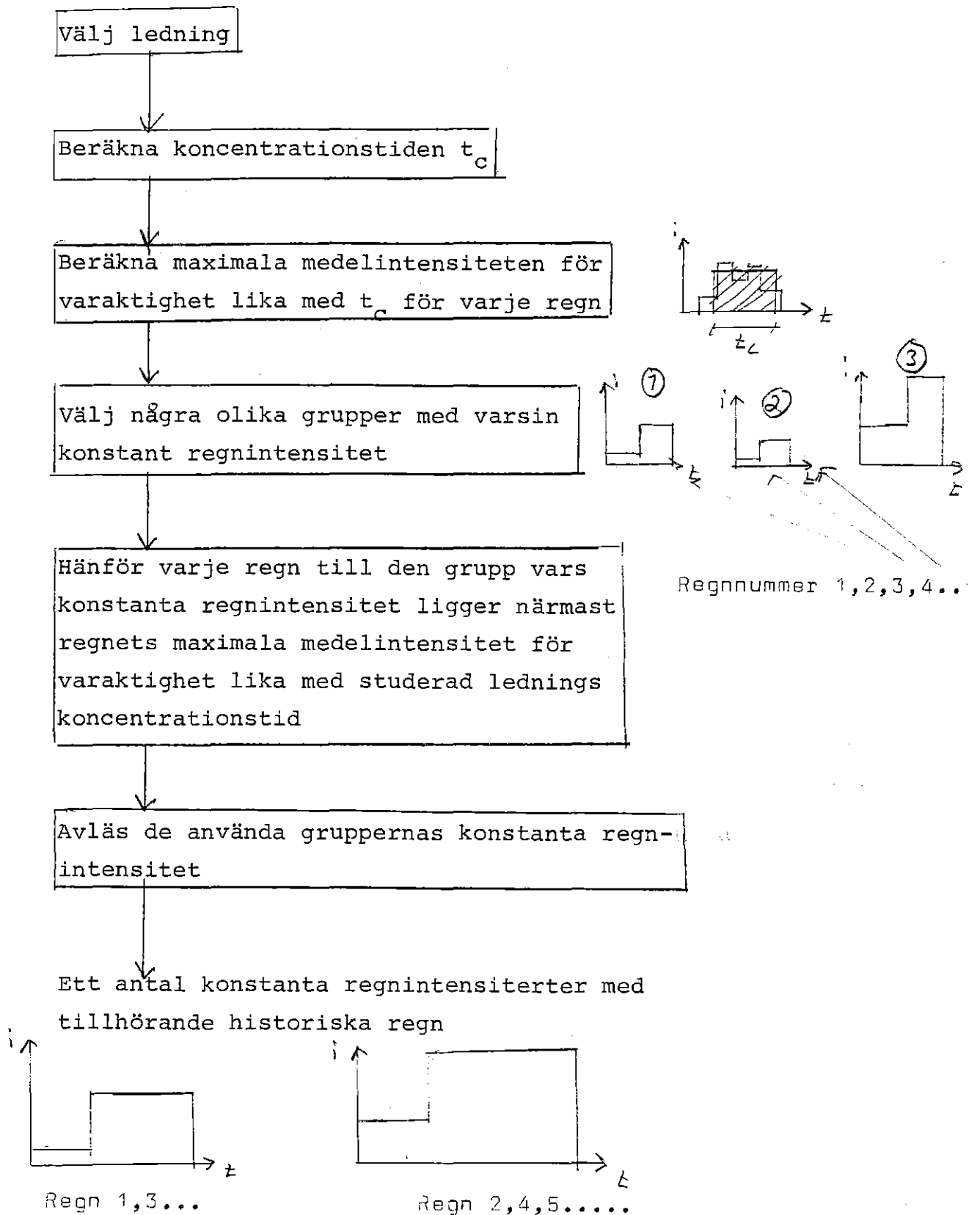


Fig. 4.3.1 Maximal medelintensitet för en given varaktighet. Från figur 2.1, Arnell (1982)

Grupperingen av regnen i delserier har genomförts i enlighet med figur 4.3.2. Följande steg genomlöpes för varje ledning:

1. Välj ledning.
2. Beräkna ledningens koncentrationstid  $t_c$ . Detta har gjorts tidigare, och de olika ledningarnas koncentrationstider finns att avläsa i tabell 3.
3. Anta att maxflödet i ledningen kommer att uppträda för varje regn om detta har en varaktighet lika med koncentrationstiden och beräkna den maximala medelintensiteten för varaktighet lika med  $t_c$  för varje enskilt regn. De maximala medelintensiteterna återfinns i bilaga A.
4. Välj några olika grupper med var sin konstant regnintensitet. I detta examensarbete har grupper med konstant regnintensitet 5-10-20-35-50-75-100-135 mm/h använts. Kalla dem grupp 1-8 med början på den lägsta intensiteten.
5. Hänför varje enskilt regn till den grupp vars konstanta regnintensitet ligger närmast regnets maximala medelintensitet för varaktighet lika med studerad lednings koncentrationstid.
6. Avläs de använda gruppernas konstanta regnintensitet. Det är inte säkert att man för alla ledningar behöver använda alla grupper beroende på att det för långa varaktigheter ej finns några regn med de högsta intensiteterna. Det är naturligt att den maximala medelintensiteten för en lång varaktighet för ett visst regn är lägre än för en kort varaktighet.
7. Resultatet av grupperingen är ett antal konstanta regnintensiteter med tillhörande historiska regn.





Figur 4.3.2 Gruppering av de enskilda regnen

#### 4.3.2.2 Exempel på gruppering av regninput

Ledning 26, Lin 1:

Koncentrationstiden är bestämd till 25 minuter i enlighet med tabell 3. Den maximala medelintensiteten för alla historiska regn för varaktigheten 25 minuter fås ur bilaga A. Den högsta intensiteten för varaktigheten 25 minuter uppträder för regn nummer 596, som har en maximal medelintensitet på 59,0 mm/h. Den lägsta maximala medelintensiteten för denna varaktighet återfinnes för regn nummer 1181 vars intensitet uppgår till 4,8 mm/h. Detta medför att grupperna 1-5 skall användas för grupperingen som skall ligga till grund för beräkningen av flödena för denna ledning. Grupp 1-5 har intensiteterna 5-10-20-35-50 mm/h.

Regnen sorteras enligt följande:

Till intensitet 5 mm/h:

Regn nummer: 183 1181 1797

Till intensitet 10 mm/h:

Regn nummer: 154 329 357 441 479 506 515 619 710 716 748 760  
900 912 928 1019 1024 1152 1249 1256 1258 1272 1274 1417 1436  
1547 1551 1566 1667 1676 1759 1764 1823 1906 1943 1974 2030 2042

Till intensitet 20 mm/h:

Regn nummer: 281 324 347 475 484 493 597 607 613 736 888 893  
1023 1261 1270 1301 1405 1447 1449 1539 1572 1668 1669 1671  
1805 1806 1905 1912 1917 2036 2047 2048 2174 2260 2276 2280  
2283 2302 2397 2403 2405 2415 2418

Till intensitet 35 mm/h:

Regn nummer: 620 1036 1265 1282 1432 1445 1541 1568 1778 1909  
2171 2411 2424 759

Till intensitet 50 mm/h:

Regn nummer: 596 885 2025

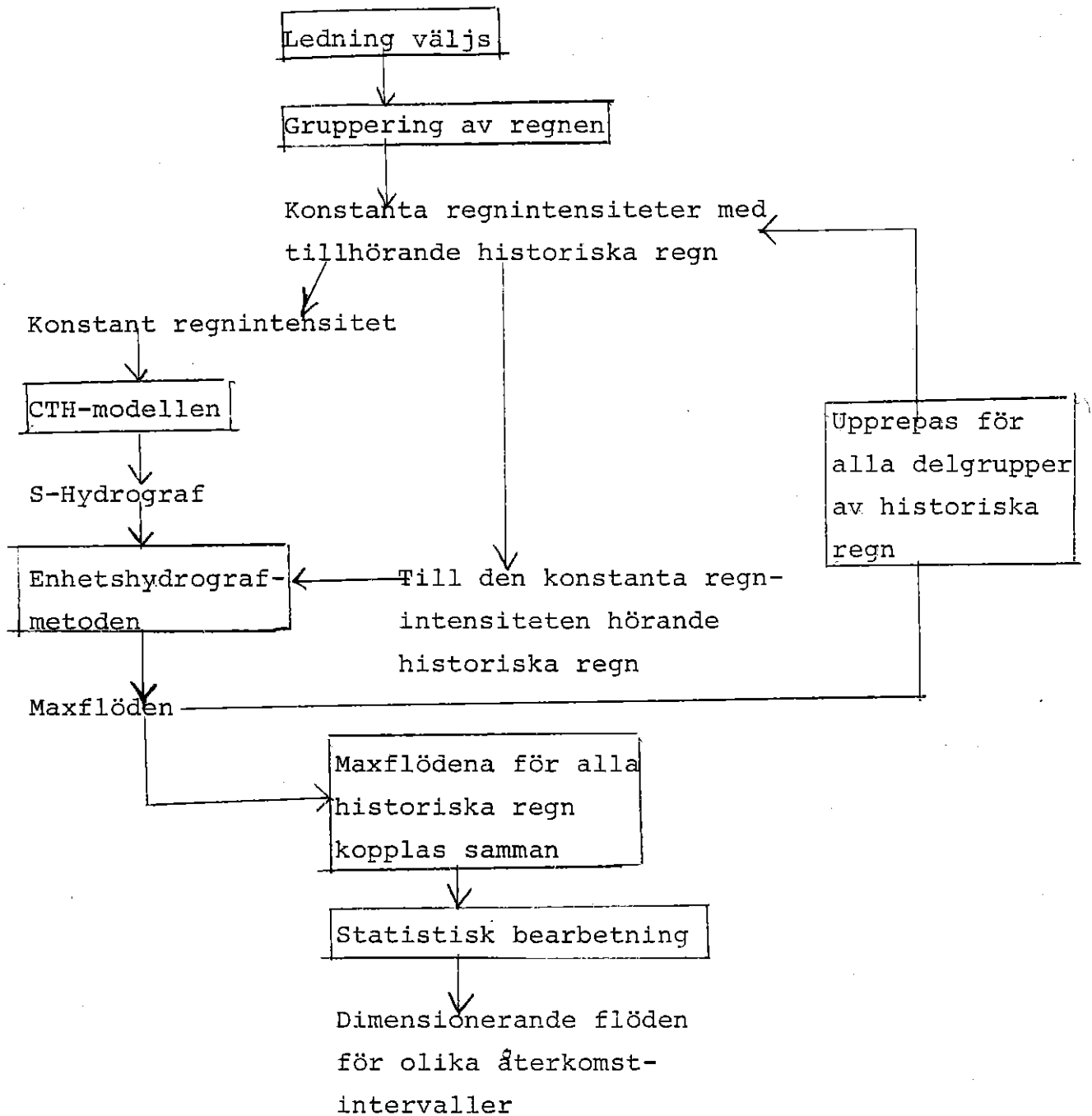
På samma sätt som i detta exempel har grupperingen av regnen genomförts för alla ledningar.

#### 4.3.3 Flödesberäkning

Flödesberäkningarna genomföres i enlighet med figur. 4.3.3. De genomföres enligt följande:

1. Ledning väljes.
2. Den konstanta regnintensiteten för den första delserien av regn ges som indata till CTH-modellen.
3. Den med denna konstanta regnintensitet beräknade S-hydrograf används som indata till Enhetshydrografmetoden tillsammans med den delserie av regn som enligt kapitel 4.3.2 hör ihop med den konstanta regnintensiteten.
4. Maxflödena för dessa regn beräknas med hjälp av Enhetshydrografmetoden.
5. På samma sätt som ovanstående beräknas maxflödena för alla de delserier av historiska regn som är aktuella enligt den beräkning som har genomförts i enlighet med kapitel 4.3.2.
6. De olika delseriernas maxflöden sammanföres till en serie av maxflöden orsakade av alla de 110 historiska regnen.
7. Maxflödena rankas i fallande ordning och de dimensionerande flödena för olika återkomstintervaller bestämmas.

Resultaten av den på detta sätt genomförda flödesberäkningen återfinns i tabell 4.



Figur 4.3.3 Illustration av flödesberäkning med hjälp av grupperade regn.

Tabell 4

Dimensionerande flöden för olika återkomstintervaller. Flödena är givna i  $\text{m}^3/\text{s}$ . CTH betyder att dessa flödesvärden är beräknade med hjälp av CTH-modellen.  $Q_{\text{max}}$  betyder att dessa flöden är beräknade med hjälp av grupperade regnindata i Enhetshydrografmetoden. Koncentrationstiden för ledningarna är given i minuter. CTH-värdena betraktas som 100%.

Lin 1

Ledning 26		Konc.tid 25 minuter	
Återkomst	CTH	$Q_{\text{max}}$	%
5	2.010	1.680	84
2	1.480	1.387	94
1	1.260	1.190	94
0,5	1.010	0.918	91

Ledning 72		Konc.tid 20 minuter	
Återkomst	CTH	$Q_{\text{max}}$	%
5	3.650	3.996	109
2	2.960	2.915	98
1	2.330	2.297	99
0,5	1.770	1.770	100

Ledning 73		Konc.tid 25 minuter	
Återkomst	CTH	$Q_{\text{max}}$	%
5	5.350	5.549	104
2	4.100	3.984	97
1	3.250	3.228	99
0,5	2.400	2.412	100

Ledning 84		Konc.tid 10 minuter	
Återkomst	CTH	$Q_{\text{max}}$	%
5	0.985	1.009	102
2	0.770	0.780	101
1	0.630	0.618	98
0,5	0.490	0.474	97

Ledning 89		Konc.tid	40 minuter
Aterkomst	CTH	$Q_{max}$	%
5	5.700	5.845	103
2	4.100	4.204	103
1	3.240	3.450	106
0,5	2.420	2.431	100

Ledning 106		Konc.tid	15 minuter
Aterkomst	CTH	$Q_{max}$	%
5	0.990	0.988	100
2	0.770	0.680	88
1	0.615	0.541	88
0,5	0.455	0.421	93

Ledning 125		Konc.tid	35 minuter
Aterkomst	CTH	$Q_{max}$	%
5	7.300	7.135	98
2	5.200	5.439	105
1	4.100	4.499	110
0,5	3.040	3.158	104

Lin 2

Ledning 7		Konc.tid	5 minuter
Aterkomst	CTH	$Q_{max}$	%
5	0.166	0.155	94
2	0.133	0.128	96
1	0.115	0.113	98
0,5	0.090	0.090	100

Ledning 15		Konc.tid	10 minuter
Aterkomst	CTH	$Q_{max}$	%
5	0.316	0.321	101
2	0.253	0.259	102
1	0.211	0.214	101
0,5	0.155	0.154	99

Ledning 29		Konc.tid	10 minuter
Återkomst	CTH	$Q_{max}$	%
5	0.535	0.576	108
2	0.450	0.475	105
1	0.347	0.344	99
0,5	0.267	0.267	100

Ledning 35		Konc.tid	10 minuter
Återkomst	CTH	$Q_{max}$	%
5	0.182	0.186	102
2	0.145	0.148	102
1	0.120	0.117	98
0,5	0.088	0.087	99

Ledning 38		Konc.tid	10 minuter
Återkomst	CTH	$Q_{max}$	%
5	0.284	0.274	96
2	0.230	0.233	101
1	0.180	0.170	95
0,5	0.138	0.123	89

Ledning 51		Konc.tid	10 minuter
Återkomst	CTH	$Q_{max}$	%
5	0.595	0.605	102
2	0.490	0.493	100
1	0.388	0.371	96
0,5	0.310	0.286	92

Ledning 54		Konc.tid	10 minuter
Återkomst	CTH	$Q_{max}$	%
5	1.220	1.265	104
2	1.015	1.046	103
1	0.790	0.772	98
0,5	0.625	0.592	95

Ledning 51

Aterkomst	CTH	$Q_{\max} 10$	%	$Q_{\max} 20$	%	$Q_{\max} 50$	%
5	0.595	0.473	79	0.534	90	0.605	102
2	0.490	0.394	80	0.445	91	0.493	101
1	0.388	0.315	82	0.359	95	0.414	107
0,5	0.310	0.251	81	0.290	94	0.330	106

Ledning 54

Aterkomst	CTH	$Q_{\max} 10$	%	$Q_{\max} 20$	%	$Q_{\max} 50$	%
5	1.220	1.005	82	1.122	92	1.265	104
2	1.015	0.809	80	0.929	91	1.046	103
1	0.790	0.640	82	0.744	94	0.861	109
0,5	0.625	0.523	84	0.598	96	0.685	110



Tabell 4.1

Avvikelser i procent mellan flödesvärden beräknade med CTH-modellen och Enhetshydrografmetoden. Återkomstintervallet är givet i år och koncentrationstiden för de olika ledningarna i minuter.

<u>Lin 1</u>	Återkomst				
	Ledning	0,5	1	2	5
26	-9	-6	-6	-16	25
72	0	-1	-2	-2	20
73	0	-1	-3	+4	25
84	-1	-2	+1	+2	10
89	0	+6	+3	+2	40
106	-7	-12	-12	0	15
125	+4	+10	+5	-2	35

<u>Lin 2</u>	Ledning	0,5	1	2	5	Konc.tid
7	-6	-4	-2	0	5	
15	+1	+2	+1	-1	10	
29	+8	+5	-1	0	10	
35	+2	+2	-2	-1	10	
38	-4	+1	-5	-11	10	
51	+2	0	-4	-8	10	
54	+4	+3	-2	-5	10	

#### 4.4 Iterativ flödesberäkning

##### 4.4.1 Allmänt

För att den metodik som har använts i detta examensarbete skall ge bra resultat, resultat nära CTH-modellen, krävs det att regnen blir rätt grupperade. Grupperingen av de enskilda regnen är i sin tur beroende av vilken varaktighet som väljes och varaktigheten är beroende av vilken koncentrationstid som ledningen i fråga anses ha. Se kapitel 4.3.

Koncentrationstiden har endast bestämts på 5 minuter när, vilket får anses vara en ganska grov indelning. Det är därför fullt möjligt att anta att koncentrationstiden kan vara något fel antagen, åtminstone kan man anta att koncentrationstiden kan ändras ett steg, dvs den kan ändras 5 minuter.

Om koncentrationstiden ändras för en ledning ger detta att ett nytt varv i beräkningarna måste genomlöpas. Den enda skillnaden gentemot tidigare är att en annan varaktighet och därmed andra delserier av regn används. Beräkningstekniskt sett är de båda looparna precis lika.

För de ledningar i tabell 4 som har störst avvikelser från CTH-modellens värden har koncentrationstiden i det följande ändrats ett 5-minuters steg.

##### 4.4.2 Ändrade koncentrationstider

De ledningar som har störst avvikelser från CTH-modellens värden är: 26, 72, 106, 125, 38 och 51.

Koncentrationstiderna är för dessa ledningar enligt tabell 4.1 följande:

<u>Ledning</u>	<u>Konc.tid</u>
26	25
72	20
106	15
125	35
38	10
51	10

Koncentrationstiderna ändras för ovanstående ledningar enligt följande:

(Konc.tid i minuter)

<u>Ledning</u>	<u>"Gammal" konc.tid enligt tabell 4.1</u>	<u>"Ny" konc.tid</u>
26	25	20
72	20	25
106	15	10
125	35	40
38	10	5
51	10	5

#### 4.4.3 Resultat av beräkning med ändrade koncentrationstider

Beräkningarna med de nya koncentrationstiderna har genomförts på samma sätt som tidigare.

Resultaten som uppkommer på grund av de nya koncentrationstiderna ges av tabell 5.

#### Tabell 5

Jämförelse av flödesvärden beräknade med två olika koncentrationstider för samma ledning. Koncentrationstid i minuter, flöden i  $m^3/s$  och återkomstintervall i år. Siffran efter  $Q_{max}$  står för den använda koncentrationstiden. CTH-modellens värden anses vara 100%.

#### Ledning 26

Återkomst	CTH	$Q_{max}^{25}$	%	$Q_{max}^{20}$	%
5	2.010	1.680	84	2.115	105
2	1.480	1.387	94	1.470	93
1	1.260	1.190	94	1.190	94
0,5	1.010	0.918	91	0.918	91

Ledning 72

Återkomst	CTH	$Q_{\max}^{20}$	%	$Q_{\max}^{25}$	%
5	3.650	3.996	109	3.993	109
2	2.960	2.914	98	2.859	97
1	2.330	2.297	99	2.435	104
0,5	1.770	1.770	100	1.778	100

Ledning 106

Återkomst	CTH	$Q_{\max}^{15}$	%	$Q_{\max}^{10}$	%
5	0.990	0.988	100	0.988	100
2	0.770	0.680	88	0.803	104
1	0.615	0.541	88	0.593	97
0,5	0.455	0.425	93	0.431	95

Ledning 125

Återkomst	CTH	$Q_{\max}^{35}$	%	$Q_{\max}^{40}$	%
5	7.300	7.135	98	7.567	104
2	5.200	5.349	105	5.440	105
1	4.100	4.499	110	4.392	107
0,5	3.040	3.158	104	3.112	102

Ledning 38

Återkomst	CTH	$Q_{\max}^{10}$	%	$Q_{\max}^5$	%
5	0.284	0.374	96	0.277	98
2	0.230	0.233	101	0.231	100
1	0.180	0.170	95	0.196	109
0,5	0.138	0.123	89	0.145	105

Ledning 51

Återkomst	CTH	$Q_{\max}^{10}$	%	$Q_{\max}^5$	%
5	0.595	0.605	102	0.614	103
2	0.490	0.493	100	0.489	100
1	0.388	0.371	96	0.416	107
0,5	0.310	0.256	92	0.328	106

#### 4.5 Slutligt resultat

De slutgiltiga resultaten erhålles som en kombination av tabell 4 och tabell 5. De koncentrationstider i tabell 5 som ger flödesvärden närmast de flödesvärden som beräknats med hjälp av CTH-modellen användes. De slutliga resultaten återfinnes i tabell 6.

#### Tabell 6

Slutligt resultat av flödesberäkningen. Avvikelser mellan flödesvärden beräknade med CTH-modellen och med hjälp av grupperade regn som indata till Enhetshydrografmetoden. Avvikelser i procent. Återkomstintervall i år, koncentrationstider i minuter.

#### Lin 1

Ledning	Återkomstintervall				Konc.tid	Konc.tid tabell 5
	0,5	1	2	5		
26	-9	-6	-7	-5	20	(25)
72	0	-1	-2	+9	20	(20)
73	0	-1	-3	+4	25	
84	-1	-2	+1	+2	10	
89	0	+6	+3	+3	40	
106	-5	-3	+4	0	10	(15)
125	+2	+7	+5	+4	40	(35)

#### Lin 2

Ledning	Återkomstintervall				Konc.tid	Konc.tid tabell 5
	0,5	1	2	5		
7	-6	-4	-2	0	5	
15	+1	+2	+1	-1	10	
29	0	+5	+4	+4	10	
35	+2	+2	-2	-1	10	
38	+5	+9	0	-2	5	(10)
51	-8	-4	0	+2	10	(10)
54	+4	+3	-2	-5	10	

Medelvärde för Lin1 = +0,5%. Standardavvikelse för Lin1 = 4,3%.

Medelvärde för Lin2 = 0%. Standardavvikelse för Lin2 = 3,9%.

För båda områdena tillsammans: Medelvärde = -0,1%

Standardavvikelse = 4,3%.

## 5. KOMMENTARER TILL RESULTATET AV FLÖDESBERÄKNINGEN

### 5.1 Allmänt

Resultaten som erhålles med grupperade regnindata i Enhetshydrografmetoden är bra, dvs de ligger nära de värden på dimensionerande flöden som CTH-modellen ger. För det längsta återkomstintervall, 5 år, är resultaten något sämre, vilket är naturligt. Man kan inte förvänta sig att en 18-års serie av mätta regntillfällen skall ge lika bra resultat för ett långt återkomstintervall som för ett kort. Om 5-årsflödet är något osäkert pga regnseriens längd, 18 år, så borde i alla fall 2-årsvärdet på det dimensionerande flödet kunna betraktas såsom ganska säkert. Naturligtvis gäller det att ju kortare återkomstintervall man väljer desto säkrare flödesvärde erhåller man.

### 5.2 Jämförelse tabell 1/tabell 4

I tabell 1 återfinns resultaten som erhålles med Enhetshydrografmetoden med regnindata ogrupperade. Tabell 1 ger resultat för tre olika konstanta regnintensiteter, dvs tre olika S-hydrografer, och alla de 110 regnen i serien kopplade till dessa.

Tabell 4 visar resultaten erhållna med hjälp av den gruppering av regnen som beskrives i kapitel 4.3.2.

En jämförelse ger vid handen att de dimensionerande flödesvärden som ges av tabell 4 är betydligt mer närliggande CTH-modellens värden än tabell 1. Slutsatsen är därför att den gruppering som beskrivs i kapitel 4.3.2 har förmåga att förbättra kvaliteten på resultaten betydligt.

### 5.3 Jämförelse tabell 4/tabell 5

Skillnaden mellan dessa båda tabeller består i att olika koncentrationstider har legat till grund för beräkningarna. Som framgår av kapitel 4.3.2 ligger den enskilda ledningens kon-

centrationstid till grund för valet av varaktighet för de historiska regnen och därmed till grund för den gruppering som beskrives i kapitel 4.3.2.

Jämförelse ger att resultaten ändras mellan 0 och 20% när koncentrationstiden ändras 5 minuter. För vissa ledningar ligger resultaten i flödesvärde i tabell 5, med "nya" koncentrationstider, närmare de resultat som ges av CTH-modellen. Detta är fallet för ledning 26, 106, 125 och 38. Eftersom resultatet för dessa fyra ledningar blir bättre, har deras koncentrationstider ansetts vara lika med dem som anges av tabell 5.

Den förhållandevis stora ändringen i resultatet för vissa ledningar,  $\pm 20\%$ , indikerar att steget i koncentrationstid, 5 minuter, kan vara väl grovt. Detta indelningssteg har emellertid valts, som tidigare påpekats, pga att de maximala medelintensiteterna för de enskilda regnen var lagrade i datorn med detta tidssteg.

## 6. SLUTSATSER OCH BEGRÄNSNINGAR

### 6.1 Allmänt

Med hänvisning till målsättningen i kapitel 1.3 bör framhållas att detta examensarbete behandlar en jämförelse mellan flödesberäkning med hjälp av CTH-modellen och Enhetshydrografmetoden. En förutsättning för att kunna anknyta till verkligheten är därför att CTH-modellen kan antas ge bra värden på dimensionerande flöden. Inga mätningar av verkliga flöden har gjorts, utan verkligheten har betraktats som de dimensionerande flöden som anges i Arnell (1982). För närmare information om CTH-modellen, se Arnell (1980).

### 6.2 Slutsatser angående flödesberäkningen

Såsom arbetsmetodiken är upplagd, se kapitel 1.2 och 4.3.2, kommer koncentrationstiden att bli den viktigaste parametern. Valet av koncentrationstid för studerad ledning kommer att bestämma grupperingen av regnen, vilket bestämmer den konstanta regnintensitet som används vid beräkningen av S-hydrografen som i sin tur utgör indata till Enhetshydrografmetoden tillsammans med regnserien.

Egentligen är koncentrationstiden bestämd av S-hydrografen, medan S-hydrografen ej är fullständigt bestämd av koncentrationstiden. För samma koncentrationstid kan ju två S-hydrografer ha olika form, dvs de kan luta olika brant uppåt beroende på vilket maxvärde vad gäller flöde som S-hydrografen slutligen uppnår. Se även figur 4.2.2.

Rätteligen borde enligt ovanstående hela S-hydrografens form ha använts som kriterium för grupperingen av regnen, men för att få en enklare metod har koncentrationstiden använts som parameter vid regngrupperingen. Eftersom resultaten av den använda metodiken ligger så pass nära de resultat som erhålles med CTH-modellen kan det anses onödigt att försöka skaffa en finare indelningsgrund för regnindelningen.



S-hydrograferna har alltid beräknats med hjälp av CTH-modellen. Inflytandet av att beräkna S-hydrografer med hjälp av någon annan metod, t ex NIVA, har ej undersökts, men man kan förmoda att resultaten ej skulle försämrats särskilt mycket så länge som en metod används som är likvärdig vad gäller noggrannhet med CTH-modellen.

### 6.3 Slutsatser angående regnindelning

Regnindelningen beskrivs i kapitel 4.3.2. Vad gäller punkt 2 i detta kapitel "Beräkna koncentrationstiden", så bestäms denna ej noggrannare än på 5 minuter när, vilket kan vara fullt möjligt för en van hydrolog att uppskatta genom okulärbesiktning av avrinningsområdet. Om så är fallet, vilket inte är allom givet, kan beräkningsarbetet kortas av åtskilligt. I vilket fall är det säkerligen inte nödvändigt att ta omvägen via S-hydrograferna såsom har gjorts i detta examensarbete. En annan metod att beräkna koncentrationstiden för ett område, med hjälp av formel, anges i Lyckfelt (1981). Anledningen till att koncentrationstiderna i detta arbete beräknades via S-hydrograferna var att S-hydrograferna av andra skäl måste beräknas, vilket gjorde att informationen om koncentrationstiderna så att säga fanns gratis.

Vad gäller antalet grupper om regnen skall indelas i och gruppernas konstanta regnintensitet, punkt 4 i kapitel 4.3.2, verkar det inte vara så betydelsefullt att man väljer just de intensiteter som här har använts. En lämplig indelning kan vara att välja grupper som har ett steg i regnintensitet på cirka 5 till 10 mm/h för låga regnintensiteter och cirka 15 till 30 mm/h för de höga intensiteterna.

En fördel vid beräkningen är naturligtvis om flera ledningar har samma koncentrationstid, då man i så fall kan använda samma gruppering på samtliga dessa ledningar. Detta var till exempel fallet för Lin 2 i den första beräkningen där sex ledningar ansågs ha samma koncentrationstid, nämligen 10 minuter, se även kapitel 4.2.4 och tabell 3.

#### 6.4 Slutsatser om beräkningsarbete och resultat kvalitet

Enhetshydrografmetoden är ej lämplig att använda för områden med många ledningar beroende på att beräkningsarbetet då snabbt växer och blir lika omfattande som för någon annan metod som kan vara bättre vad avser noggrannheten i erhållna resultat på dimensionerande flöden. Den bör därför endast användas för små områden eller om endast ett fåtal ledningar i ett större område är av intresse.

Vad gäller behovet av indata så uppgår detta i stort sett till S-hydrograf och maximala medelintensiteter samt förhållande mellan varaktighet och intensitet för de enskilda regn som man vill beräkna flödena för.

Om man vill använda mätta historiska regn, får man i allmänhet förhållandet mellan varaktighet och intensitet direkt ur mätningen medan den maximala medelintensiteten för olika varaktigheter får beräknas.

S-hydrografen är lätt att beräkna med en kvalificerad modell som CTH-modellen, medan däremot indata till modellen i sin tur naturligtvis kan ta sin rundliga tid att skaffa fram. I detta examensarbete har färdiga program med indata till CTH-modellen använts för de båda områdena Lin 1 och Lin 2, varför arbetet med att skriva indata till CTH-modellen lämnas åt sidan.

Som framgår av de slutliga resultaten, är flödesvärdet för 5-års återkomstintervallet mer osäkert än de kortare återkomstintervallerna. Det är därför viktigt att man har tillgång till tillräckligt lång serie för att kunna uppskatta dimensionerande flöden för långa återkomstintervaller.

Vad i övrigt gäller val av regnindata hänvisas till Arnell (1982).

## 6.5 Begränsningar och fel

### 6.5.1 Fel i CTH-modellen

I Arnell (1980b) anges hur felen eller avvikelserna mellan beräknade och verkliga flödesvärden uppkommer. För mer information, se Arnell (1980b).

Förklaringen till felen är följande:

- Felmätningar vad avser nederbörd och avrunna volymer uppgår till 10-15 %.
- Basflödet skall rätteligen skiljas från den observerade hydrografen. Den metod som används här för kan speciellt påverka hydrografen.
- Ingångsvärden vad avser geometriska data för delområden och ledningsgeometri utgör ej en exakt beskrivning av avrinningsområdet.

Till detta skall läggas att modellen i sig själv ej representerar en exakt beskrivning av avrinningsförloppet, och därför kan felen uppskattas till 10-20 % vilket är av samma storleksordning som felen i nederbörds-mätningarna.

### 6.5.2 Begränsningar av Enhetshydrografmetoden

Såsom tidigare har nämnts är de viktigaste begränsningarna följande:

- Antalet ledningar som är av intresse för beräkningen kan ej vara för stort. I annat fall stiger beräkningsarbetet så mycket att man lika gärna kan använda CTH-modellen direkt. En fördel är om många ledningar inom området har samma koncentrationstid, då man i så fall kan minska arbetet med grupperingen av regnen.
- En fördel är om avrinningsområdet är homogent med avseende på koncentrationstid. Dels minskar som tidigare nämnts grupperingsarbetet, och dels kan man eventuellt uppskatta koncentrationstiden på 5 minuter när, direkt genom en okulärbesiktning.

- Nödvändigt för användandet är att en S-hydrograf med god kvalitet kan beräknas. Detta kräver att en modell likvärdig med CTH-modellen finns tillgänglig för beräkningen av dessa S-hydrografer. Arbetet med att skaffa nödvändiga indata till denna modell har ej beaktats i detta examensarbete. Det är eventuellt möjligt att man i framtiden skulle kunna använda en standardiserad form på S-hydrografen, vilket i så fall skulle innebära att endast koncentrationstiden skulle behöva ges. Möjligheterna att använda en standardiserad S-hydrograf bör undersökas i framtiden.
- Som tidigare påpekats bör den använda regnseriens längd väljas tillräckligt lång i förhållande till studerat återkomstintervall.

## 7. BERÄKNING AV PLOTTNINGSPPOSITIONER

### 7.1 Allmänt

Kurvor utvisande hur det dimensionerande flödet stiger med längden på återkomstintervallet kan ses i bilaga B. För att kunna rita dessa kurvor krävs en plottningsformel. De flesta plottningsformler ger bra värden på mitten av kurvan, medan det däremot inte är säkert att ändarna av kurvan blir rätt återgivna.

### 7.2 Använd formel

Den plottningsformel som har använts kommer från Arnell (1982). Den lyder enligt följande:

$$Y_i = \frac{i}{\sum_{j=1}^{N+1-j}}$$

$$i = 1, 2, \dots, N$$

$Y_i$  = plottningsposition för beräknade flödesvärden i stigande ordning.

$N$  = antalet behandlade flödesvärden vilket väljs lika med antalet behandlade tidsintervall, i det här fallet 36 st 1/2-års värden.

## 8. REKOMMENDATION VID PRAKTISK ANVÄNDNING

### 8.1 Allmänt

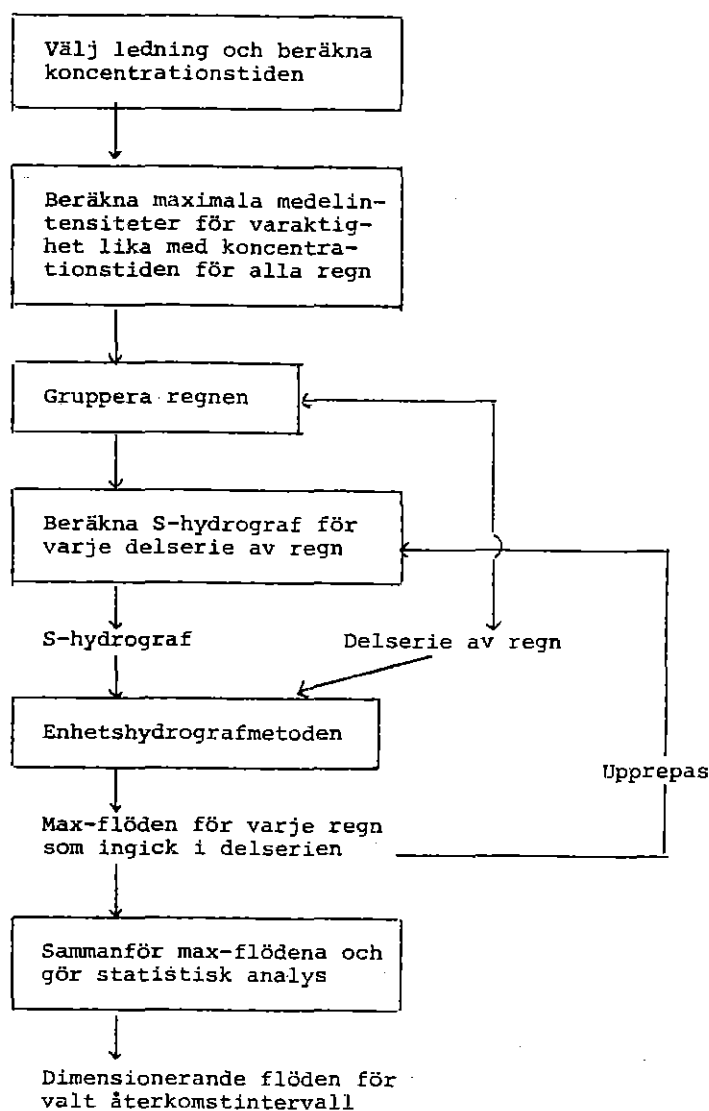
Om Enhetshydrografmetoden skall användas bör området ej vara för stort eller omfatta alltför många ledningar. Se även kapitel 6.5.2 "Begränsningar av Enhetshydrografmetoden". Vidare förutsätts här att en modell för beräkning av S-hydrografer samt en tillräckligt lång regnserie finns tillgänglig.

### 8.2 Beräkningssteg

Beräkningsstegen illustreras av figur 8.2. De är följande:

1. Välj ledning och beräkna koncentrationstiden, eventuellt genom okulärbesiktning av avrinningsområdet.
2. Beräkna alla enskilda regns maximala medelintensitet för varaktighet lika med koncentrationstiden. Detta kan göras en gång för alla.
3. Gruppera regnen. Detta kan göras en gång för alla.
  - 3.1 Välj några olika grupper med var sin konstant regnintensitet. Välj steg om 5-10 mm/h för låga intensiteter och 15-30 mm/h för höga.
  - 3.2 Hänför varje enskilt regn till den grupp vars konstanta intensitet ligger närmast regnets maximala medelintensitet.
4. Beräkna S-hydrografer för de konstanta regnintensiteter som anges av regngrupperna. Använd en med CTH-modellen likvärdig modell här för.
5. Beräkna med Enhetshydrografmetoden max-flödena för varje grupp av regn. Använd den S-hydrograf som är beräknad med en konstant regnintensitet i närheten av regnens maximala medelintensitet. Upprepa denna punkt tills alla grupperna har beräknats.

6. Sammanför max-flödena för olika grupper och genomför statistisk analys. Välj återkomstintervall.
7. Färdigt resultat. Dimensionerande flöden för valt återkomstintervall föreligger.



Figur 8.2 Rekommenderade beräkningssteg vid praktisk användning

**BILAGA A**

I denna bilaga visas alla de 110 regnens maximala medelintensiteter för varaktigheter 5-10-15-25-30-40 minuter.

Intensiteterna anges i mm/h. Varaktigheten anges i minuter.



## APPENDIX A

Maximal medelintensitet för olika varaktigheter för alla historiska regn. Varaktigheter i minuter. Intensiteter i mm/h

Regn nummer	Varaktigheter						
	5	10	15	20	25	30	40
154	12.1	10.6	9.9	9.6	8.7	7.6	7.2
183	8.4	7.4	7.0	6.6	6.2	5.6	5.6
281	31.6	26.4	20.5	17.3	15.6	13.1	13.3
324	36.8	19.1	14.8	10.7	10.6	9.3	8.6
329	18.2	14.5	11.9	10.7	10.6	9.3	8.6
347	47.3	34.6	29.4	24.9	21.1	16.7	15.0
357	14.9	11.7	10.6	10.6	10.1	9.7	9.4
441	24.7	21.3	18.7	14.7	12.2	10.0	9.5
475	82.2	52.7	36.5	27.8	22.5	16.4	14.4
479	14.3	13.0	11.0	9.5	8.4	7.9	6.9
484	24.1	19.1	16.0	17.2	15.1	11.0	9.6
493	57.0	47.8	38.1	33.1	27.2	19.5	17.3
497	27.9	20.9	16.7	14.9	14.2	11.4	11.3
506	14.3	12.3	11.9	12.1	11.6	10.8	10.7
515	22.7	13.7	10.8	9.0	7.9	8.1	7.7
596	135.5	99.9	78.3	68.8	59.0	42.4	37.1
597	25.1	21.4	19.8	18.1	16.0	13.1	11.7
607	40.9	30.4	25.5	22.3	20.3	16.4	15.7
613	43.1	34.8	25.7	19.5	16.2	11.8	10.4
619	40.2	21.1	14.3	10.8	8.6	6.2	5.4
620	73.4	46.7	34.9	33.9	30.0	21.3	19.0
710	46.9	24.2	16.4	12.3	9.8	7.0	6.2
711	41.5	35.7	24.3	18.3	14.6	10.5	9.2
716	22.6	18.7	15.3	15.3	13.7	12.9	12.2
736	45.7	28.6	22.2	18.5	16.4	12.8	12.0
748	13.9	11.5	10.7	10.0	10.0	9.3	9.3
754	14.1	9.7	8.5	7.9	7.6	7.2	6.9
760	21.9	16.5	13.6	11.8	10.9	9.6	9.4
885	70.6	61.6	56.9	48.8	41.0	30.4	26.6
888	38.5	25.6	17.3	15.9	17.6	13.2	11.6
893	65.4	47.7	32.4	24.3	19.5	13.9	12.1

Regn nummer	Varaktigheter						
	5	10	15	20	25	30	40
900	57.3	29.9	22.0	17.7	14.8	11.6	10.9
912	17.4	17.1	14.7	13.7	13.3	12.1	11.4
928	12.1	9.6	9.2	9.0	8.6	8.2	7.8
1019	12.7	11.1	10.3	9.2	8.8	8.5	8.2
1023	34.1	26.5	21.8	21.2	19.2	20.4	19.6
1024	59.9	28.9	19.8	14.9	12.0	8.6	7.5
1036	64.8	42.9	37.4	32.8	30.6	25.7	22.8
1152	22.7	30.3	18.4	14.8	12.6	12.1	11.2
1181	6.1	5.4	5.1	4.9	4.8	4.7	4.6
1249	54.9	32.3	22.3	16.8	13.5	9.9	9.1
1256	18.6	13.2	10.9	10.5	10.7	10.1	10.1
1258	19.2	14.2	12.0	10.7	9.7	8.6	8.4
1261	52.3	35.5	26.1	20.0	16.1	11.5	10.0
1265	67.3	59.1	50.9	42.2	34.5	25.0	22.0
1268	40.6	23.7	17.3	14.1	11.8	8.7	7.7
1270	35.6	24.1	21.1	27.7	15.7	11.8	10.8
1272	40.2	25.8	19.0	14.5	11.6	9.0	7.9
1274	47.0	27.7	19.8	15.6	12.9	9.4	8.3
1282	46.4	40.1	36.8	31.8	30.2	25.3	23.4
1301	51.3	38.8	28.1	21.2	17.0	12.3	10.8
1405	23.5	19.8	18.2	16.9	16.0	14.1	12.4
1417	10.0	8.2	7.2	7.8	7.6	7.0	6.9
1432	57.5	8.7	34.8	35.7	32.7	25.0	21.9
1436	24.3	21.1	17.9	15.4	14.1	12.9	12.5
1441	32.3	27.8	22.0	17.6	14.9	11.8	10.5
1445	58.3	40.3	41.2	38.4	33.8	26.9	24.0
1447	38.7	27.2	23.2	22.9	20.8	18.0	16.6
1449	22.9	20.8	19.9	17.2	15.2	13.8	13.9
1539	47.3	28.5	20.9	23.6	21.0	15.7	14.3
1541	63.0	45.1	40.6	35.9	31.0	24.2	21.5
1547	23.3	13.4	10.7	9.9	9.5	9.3	9.1
1551	39.8	25.6	22.4	17.2	13.8	10.0	8.8
1566	13.0	11.3	10.4	10.0	9.0	9.0	8.4
1568	61.4	37.1	26.6	33.7	28.6	21.3	18.9
1572	41.8	32.8	23.5	20.7	22.8	17.2	15.1

Regn nummer	Varaktigheter						
	5	10	15	20	25	30	40
1667	19.5	15.4	13.5	12.3	10.7	10.1	9.9
1668	67.0	40.3	36.4	32.2	26.0	19.3	16.9
1669	77.3	49.9	37.6	30.7	26.2	20.5	18.6
1671	26.6	20.9	18.5	16.9	15.6	13.7	12.5
1676	10.5	10.5	9.9	8.9	8.2	7.5	7.3
1759	62.4	31.5	21.1	16.0	13.2	9.7	8.5
1764	11.3	9.6	9.3	9.1	8.9	8.7	8.7
1778	68.8	59.9	45.6	34.6	29.4	22.6	19.7
1797	16.0	12.3	10.4	8.7	7.6	6.4	6.4
1805	48.2	38.5	30.7	24.9	27.4	17.1	15.7
1806	46.6	35.4	27.0	21.1	17.2	12.4	11.0
1823	22.5	17.6	16.7	14.7	12.8	10.4	10.0
1825	37.2	26.6	20.1	16.2	13.9	10.9	9.9
1905	61.1	46.1	32.0	24.1	19.3	13.8	12.1
1906	55.9	28.7	19.1	14.4	11.5	8.2	7.2
1909	69.9	49.8	38.5	32.9	28.5	21.5	19.8
1912	48.7	43.3	31.3	31.1	23.8	29.9	24.4
1917	45.4	34.9	28.3	22.6	18.6	14.0	12.3
1943	36.7	26.1	20.1	16.9	14.2	10.6	9.6
1974	19.1	14.1	11.3	9.4	8.2	7.5	6.7
2025	130.9	97.4	78.9	67.0	57.5	43.6	38.4
2030	12.3	11.1	9.4	9.0	8.8	7.9	7.9
2036	26.5	20.6	17.0	15.7	16.2	14.7	14.1
2042	37.1	27.1	18.9	15.5	13.1	9.7	8.5
2047	40.8	26.5	21.1	18.1	18.8	19.3	17.5
2048	34.6	24.4	21.8	19.6	16.4	13.0	11.9
2171	103.7	81.4	56.4	42.5	34.1	24.4	21.4
2174	52.9	32.3	21.9	16.6	16.2	11.7	10.3
2260	23.7	20.6	16.7	15.5	15.2	13.9	12.7
2266	41.5	28.5	21.4	16.8	14.3	11.3	10.1
2276	50.3	40.9	30.0	22.6	18.1	13.2	11.7
2280	73.0	58.5	40.4	30.9	25.0	18.0	15.9
2283	51.5	35.5	26.7	20.1	16.2	12.0	10.5

Regn nummer	Varaktigheter						
	5	10	15	20	25	30	40
2302	51.6	28.8	25.3	20.2	16.5	11.8	10.4
2306	11.8	10.9	9.7	8.8	8.5	7.7	7.3
2315	17.4	13.6	10.6	11.4	10.7	8.8	8.5
2397	65.5	45.9	33.5	27.1	22.2	16.2	14.4
2403	37.0	29.4	27.4	28.5	24.7	22.8	20.8
2405	34.0	25.1	21.8	18.8	18.8	16.5	15.4
2411	48.3	38.8	35.2	34.7	31.6	27.8	25.5
2415	38.1	23.1	19.3	17.7	17.2	14.2	12.9
2418	36.0	24.2	25.4	22.1	20.2	18.0	16.5
2424	39.7	32.3	30.9	29.0	27.6	22.6	21.1
759	67.3	52.8	45.6	40.9	37.8	28.4	27.1

## BILAGA B

I denna bilaga visas hur det dimensionerande flödet varierar med återkomstintervallet. Samtliga ledningar är medtagna.

Flödesvärdet ges i  $m^3/s$ . Återkomstintervallet ges i år.  
Yplotvärdet har bestämts genom följande formel:

$$y_u = \sum_{j=1}^i 1/(N+1-j) \quad i = 1, 2, \dots, N$$

$y_k$  = Plottningspositioner för de beräknade flödesvärdena i stigande ordning

$N$  = Antalet behandlade flödesvärden, vilket valts lika med antalet behandlade tidsperioder, i det här fallet 36 st 1/2-års perioder.

Återkomstintervallet är kopplat till plottningspositionen genom sambandet

$$y_i = \ln F$$

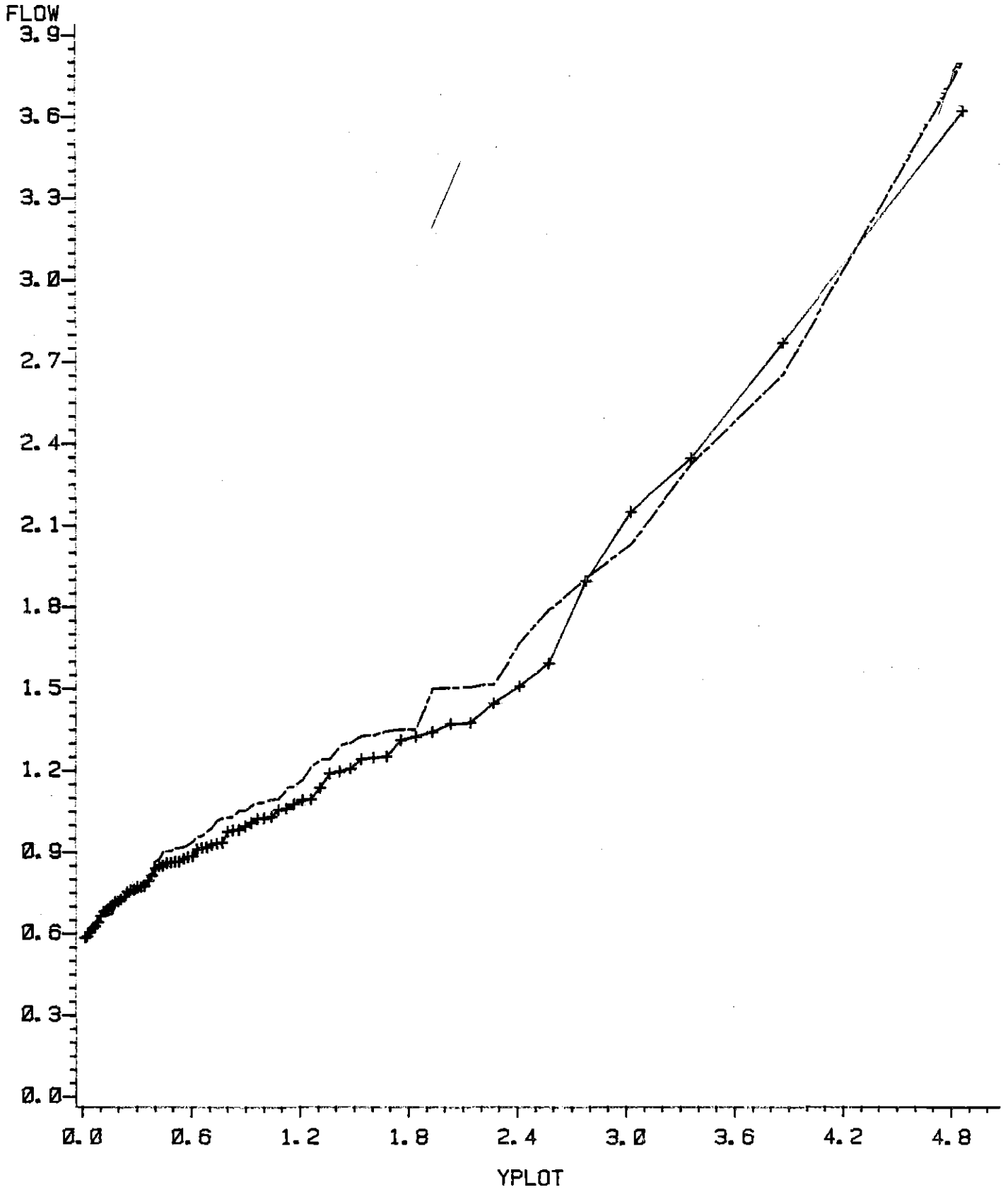
$F$  = Återkomstintervall i antalet behandlade tidsperioder.  
I det här fallet 1/2-års perioder. Se Arnell (1982), Bilaga 3.

Flödena beräknade med hjälp av CTH-modellen ges av kurvan ----.

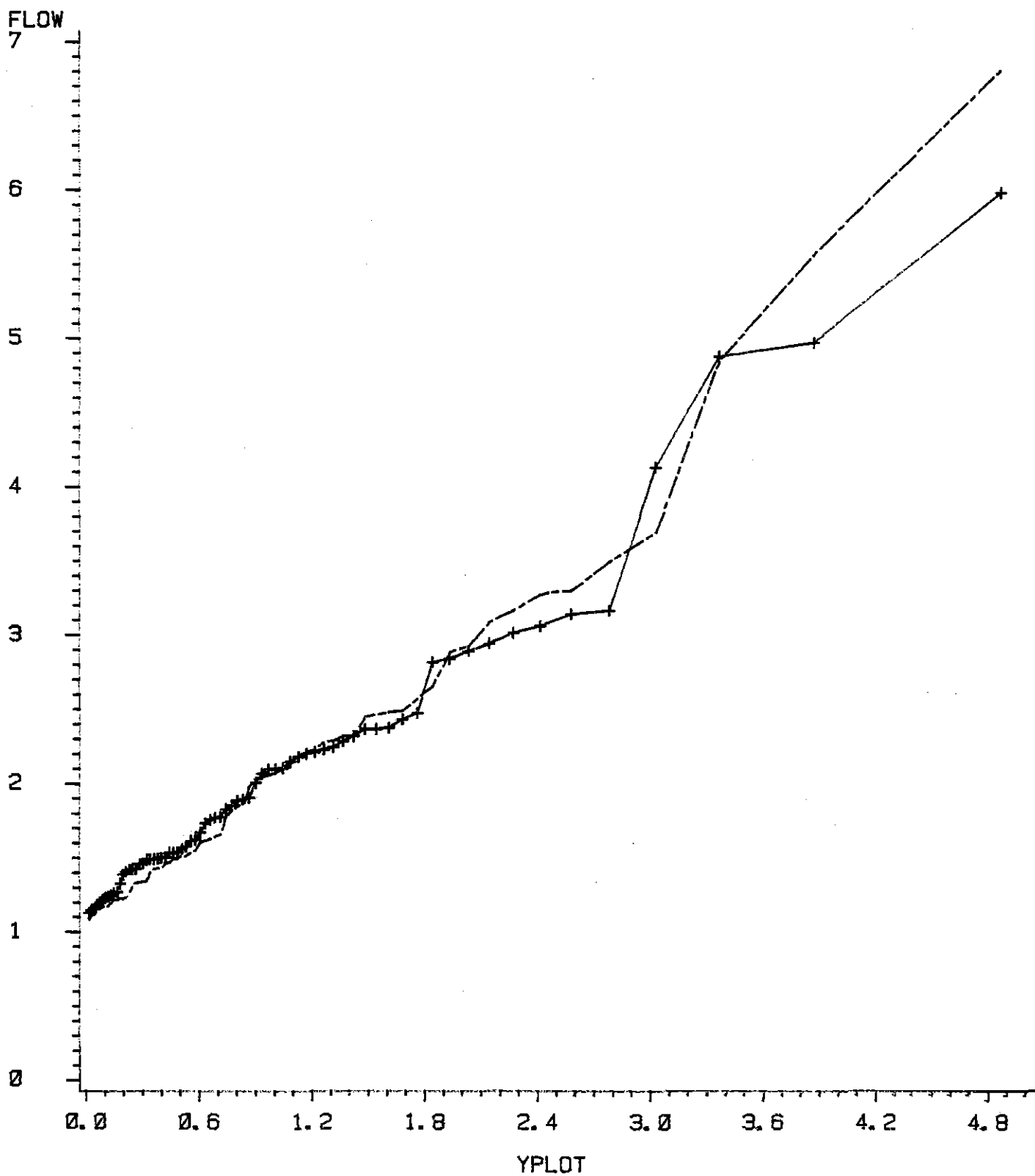
Flödena beräknade med hjälp av Enhetshydrografmetoden ges av kurvan -+--+.

# PIPE 26

LIN 1



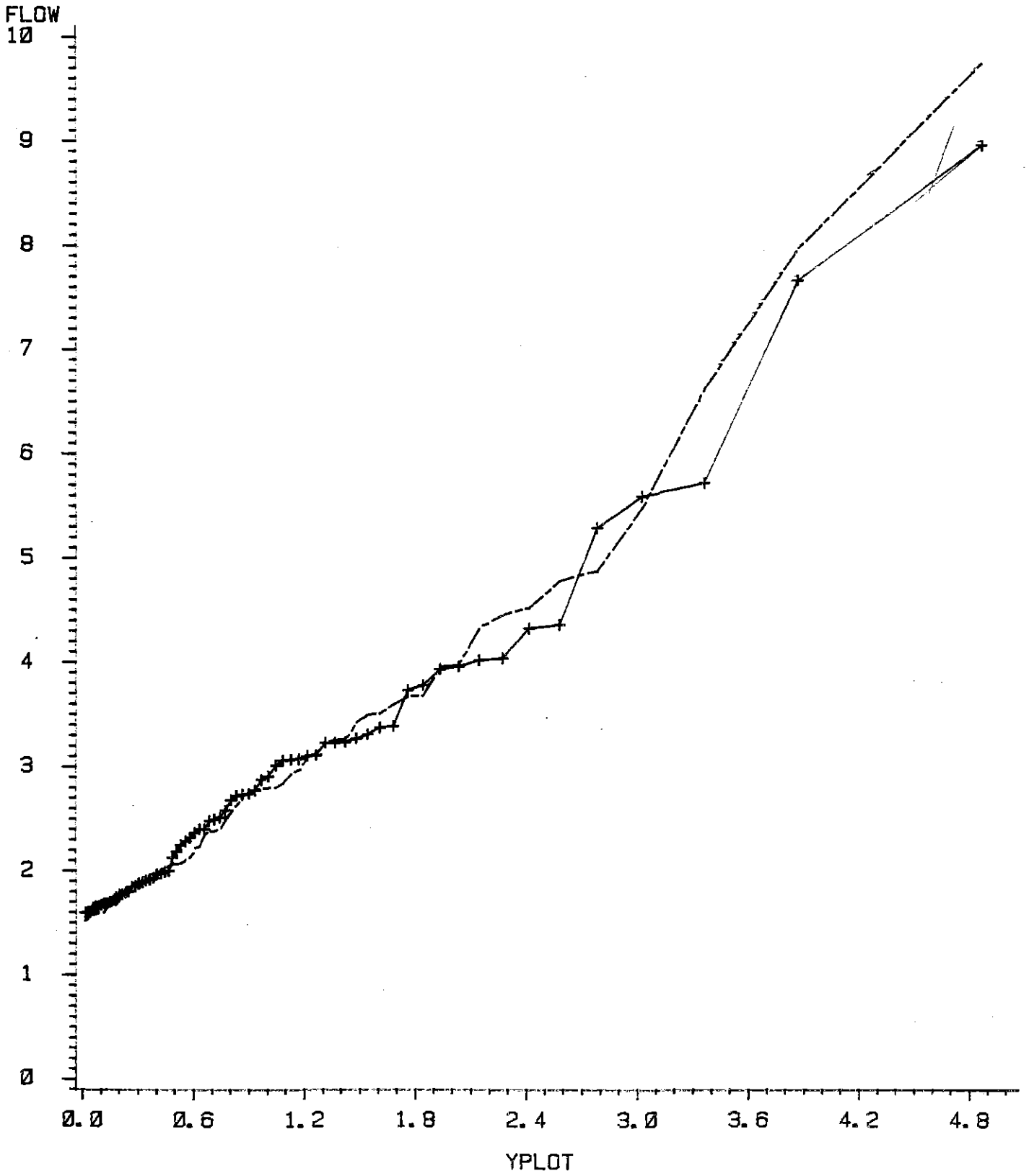
CTH VALUE = ---  
U H VALUE = -+ -

PIPE 72  
LIN 1

CTH VALUE = ---  
U H VALUE = -+-

# PIPE 73

LIN 1

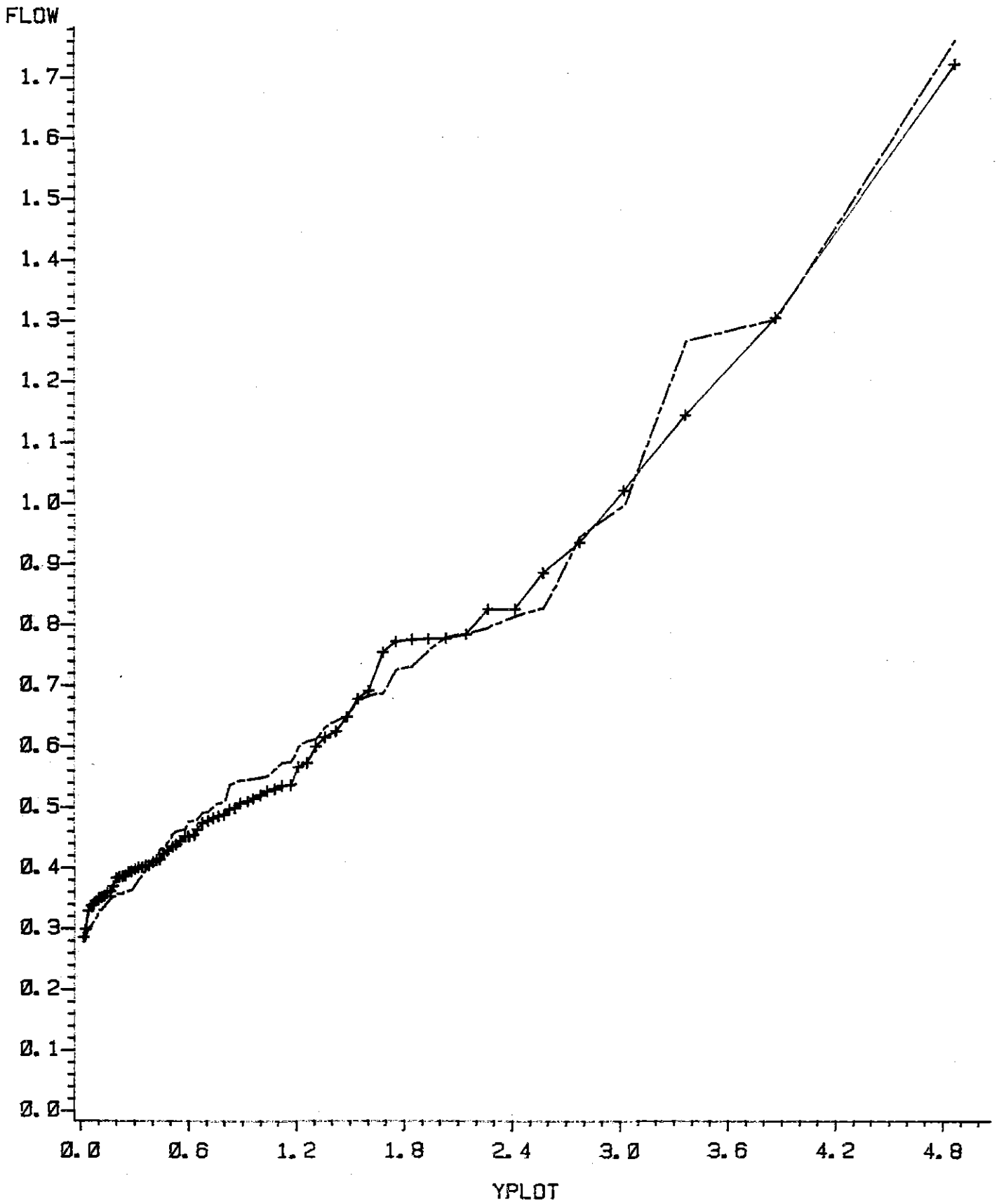


CTH VALUE = ---  
U H VALUE = -+-



# PIPE 84

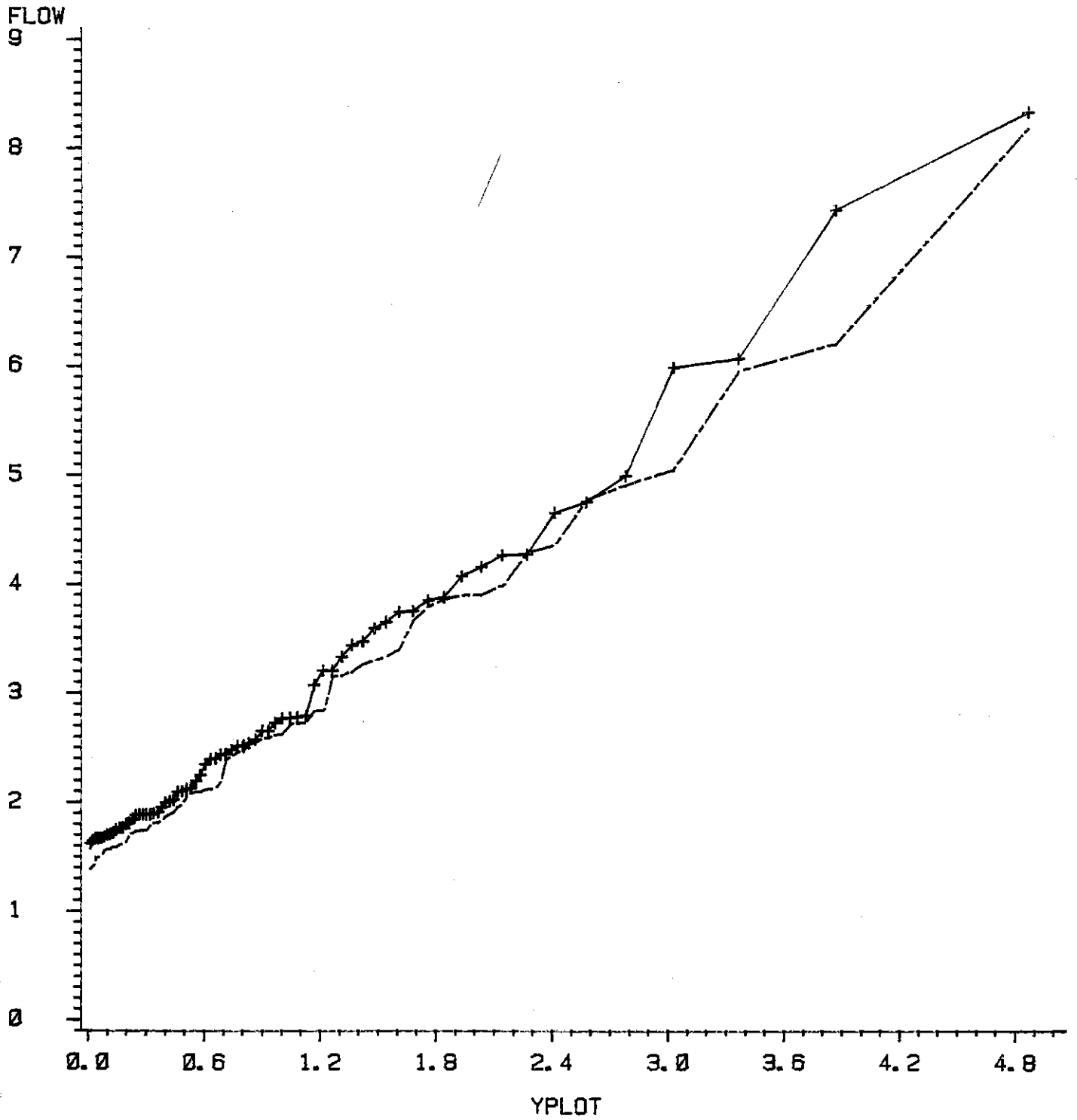
LIN 1



CTH VALUE = ---  
U H VALUE = --+-

# PIPE 89

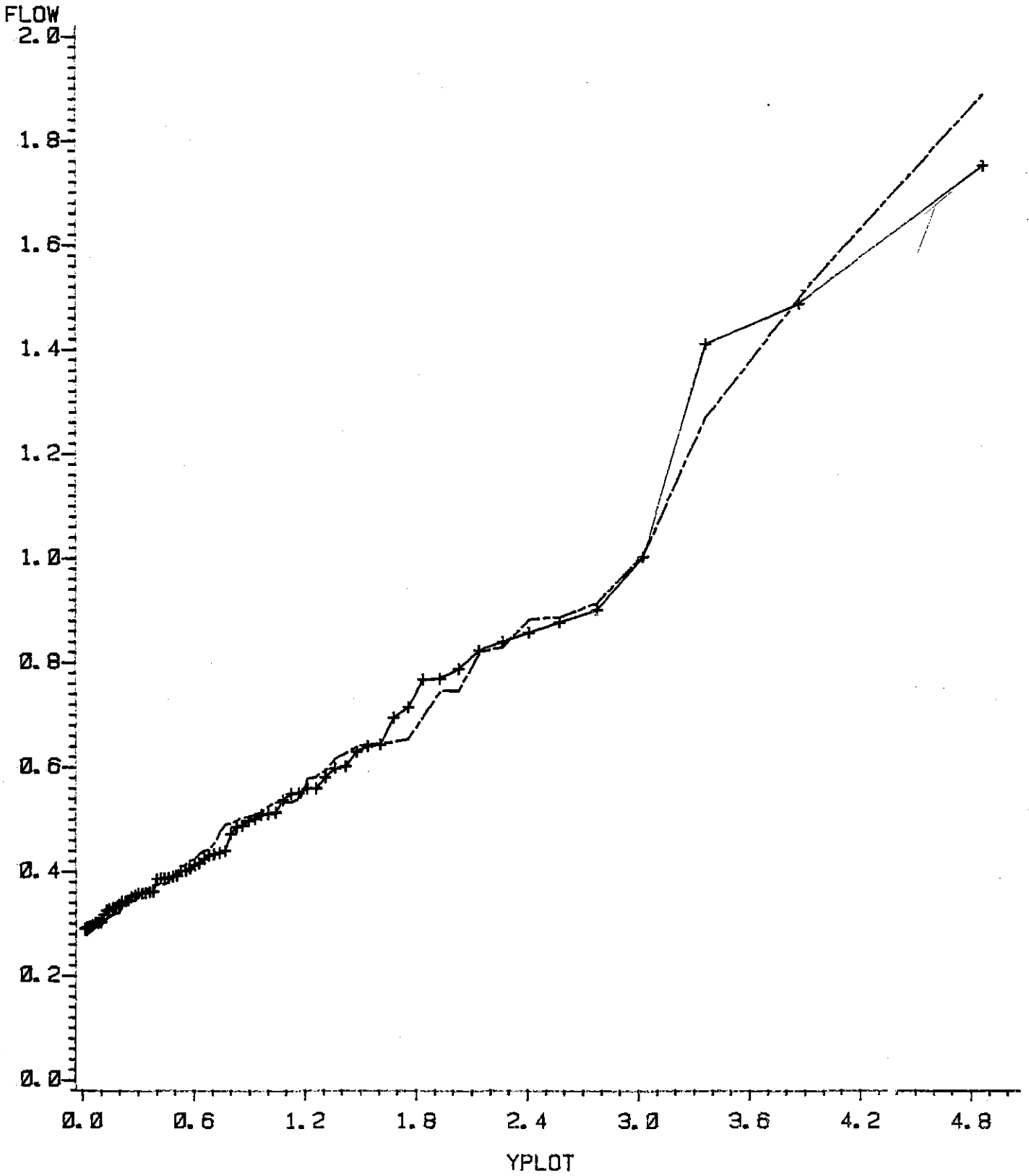
LIN 1



CTH VALUE = ---  
U H VALUE = -+ -

# PIPE 106

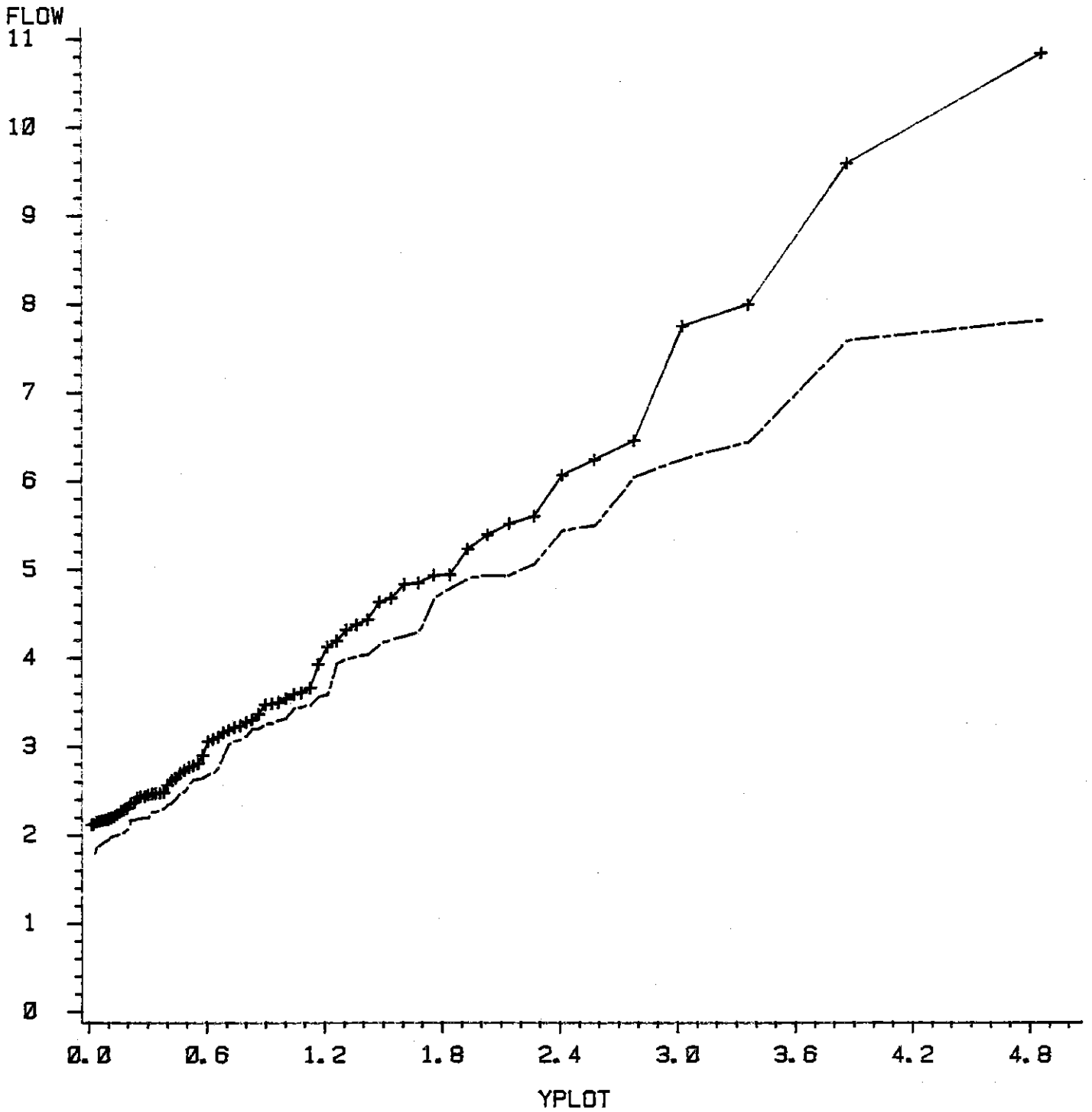
LIN 1



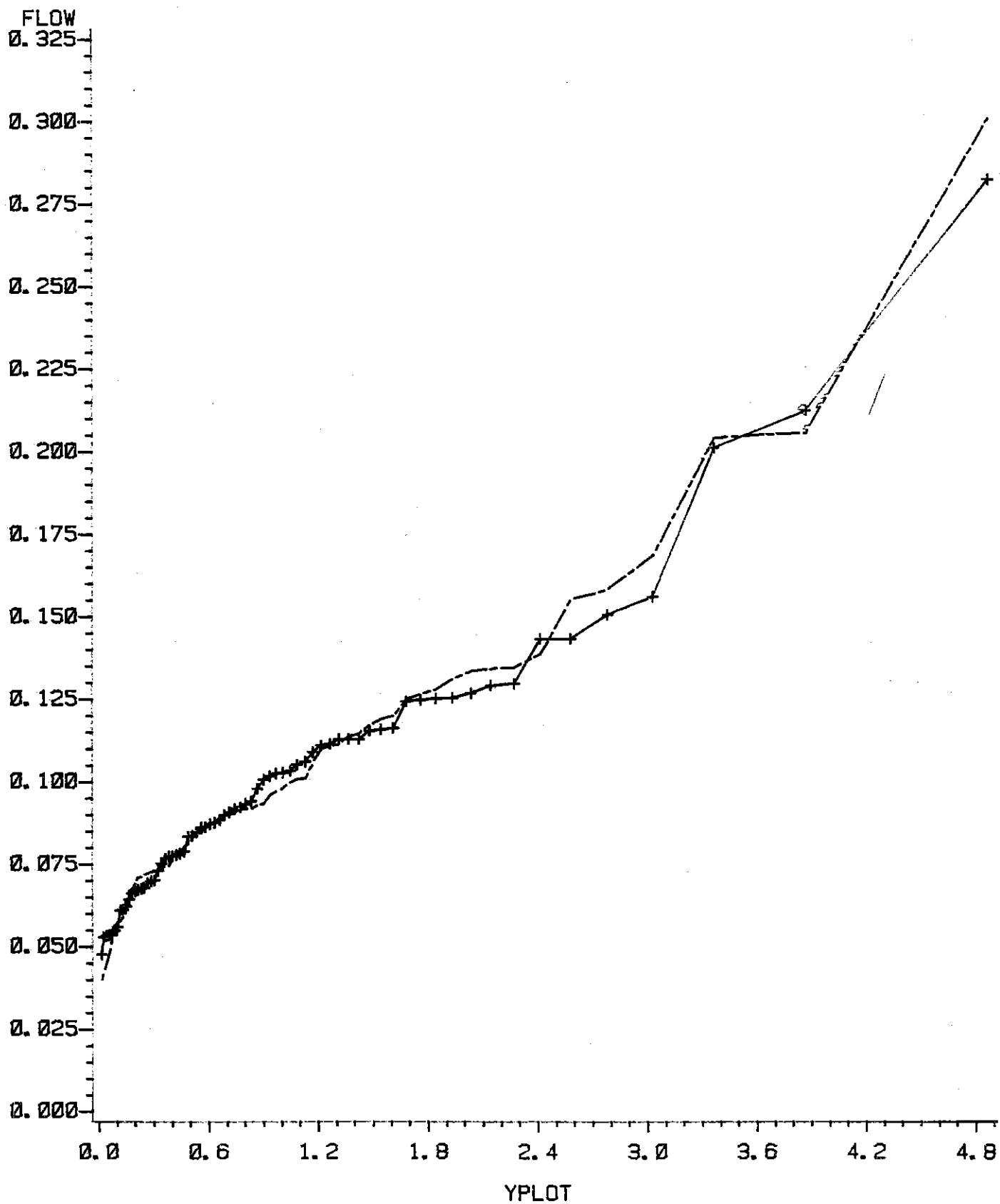
CTH VALUE = ---  
U H VALUE = --+-

# PIPE 125

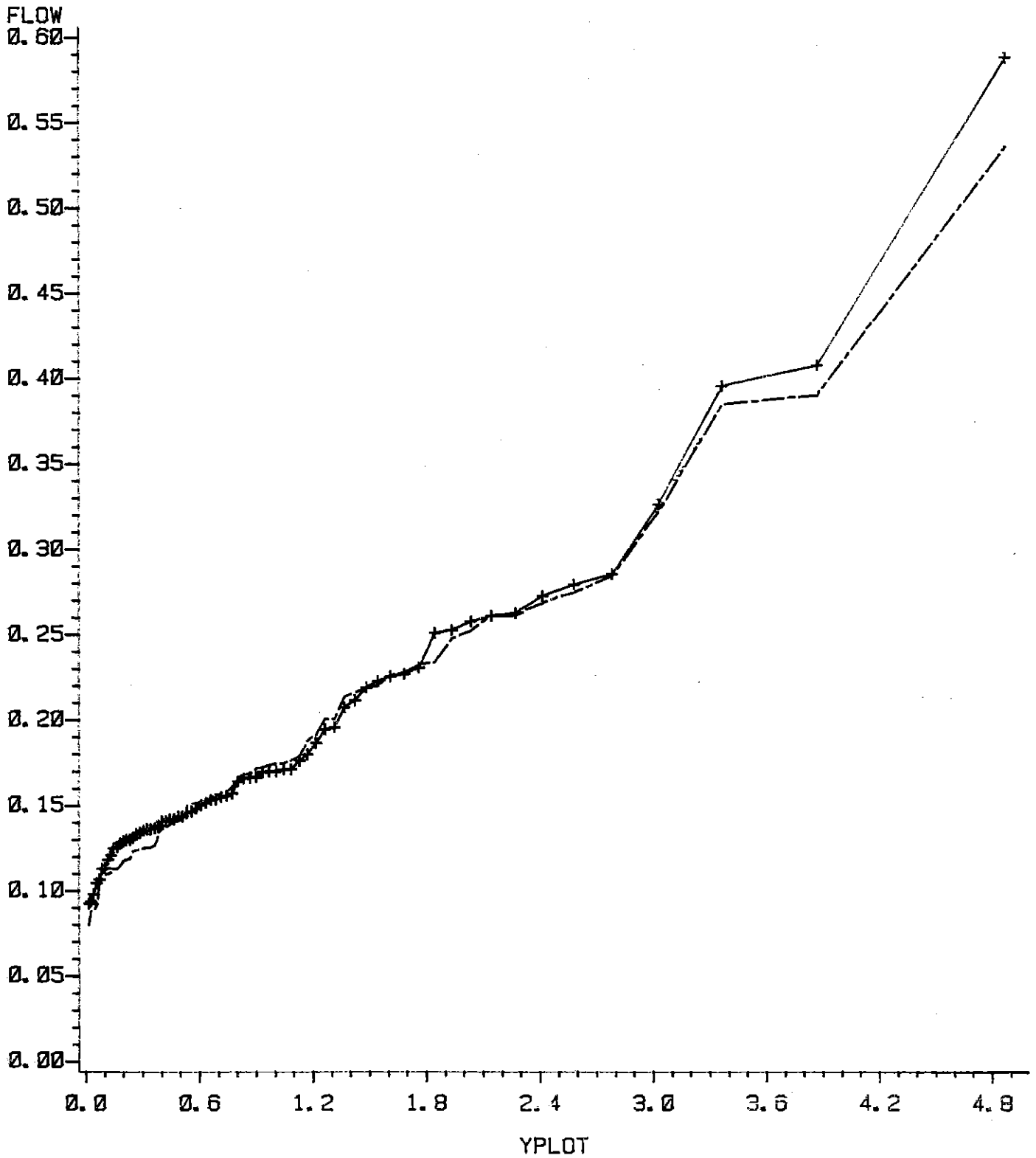
LIN 1



CTH VALUE = ---  
U H VALUE = -+-

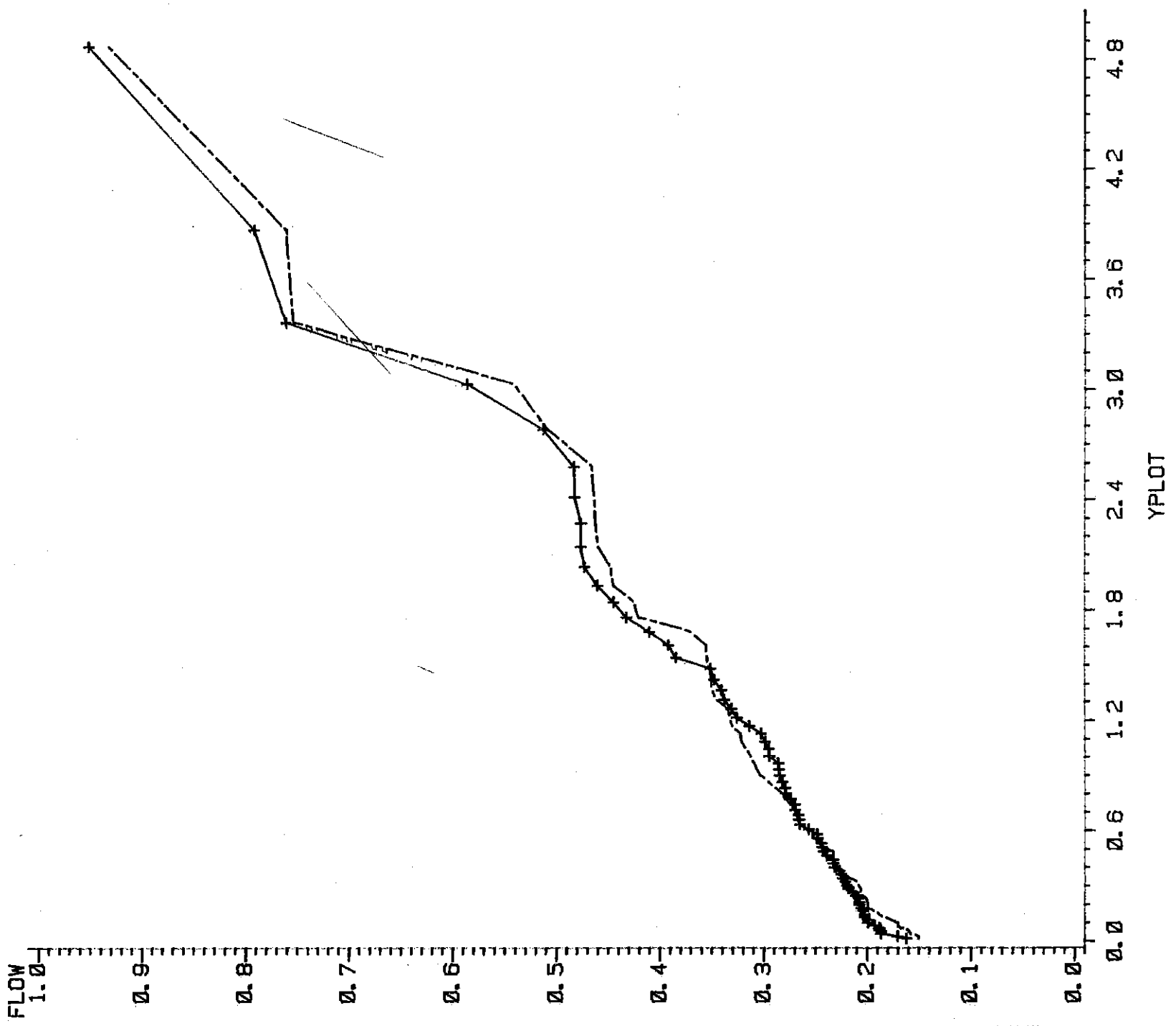
PIPE 7  
LIN 2

CTH VALUE = ---  
U H VALUE = --+-

PIPE 15  
LIN 2

CTH VALUE = ---  
U H VALUE = -+-

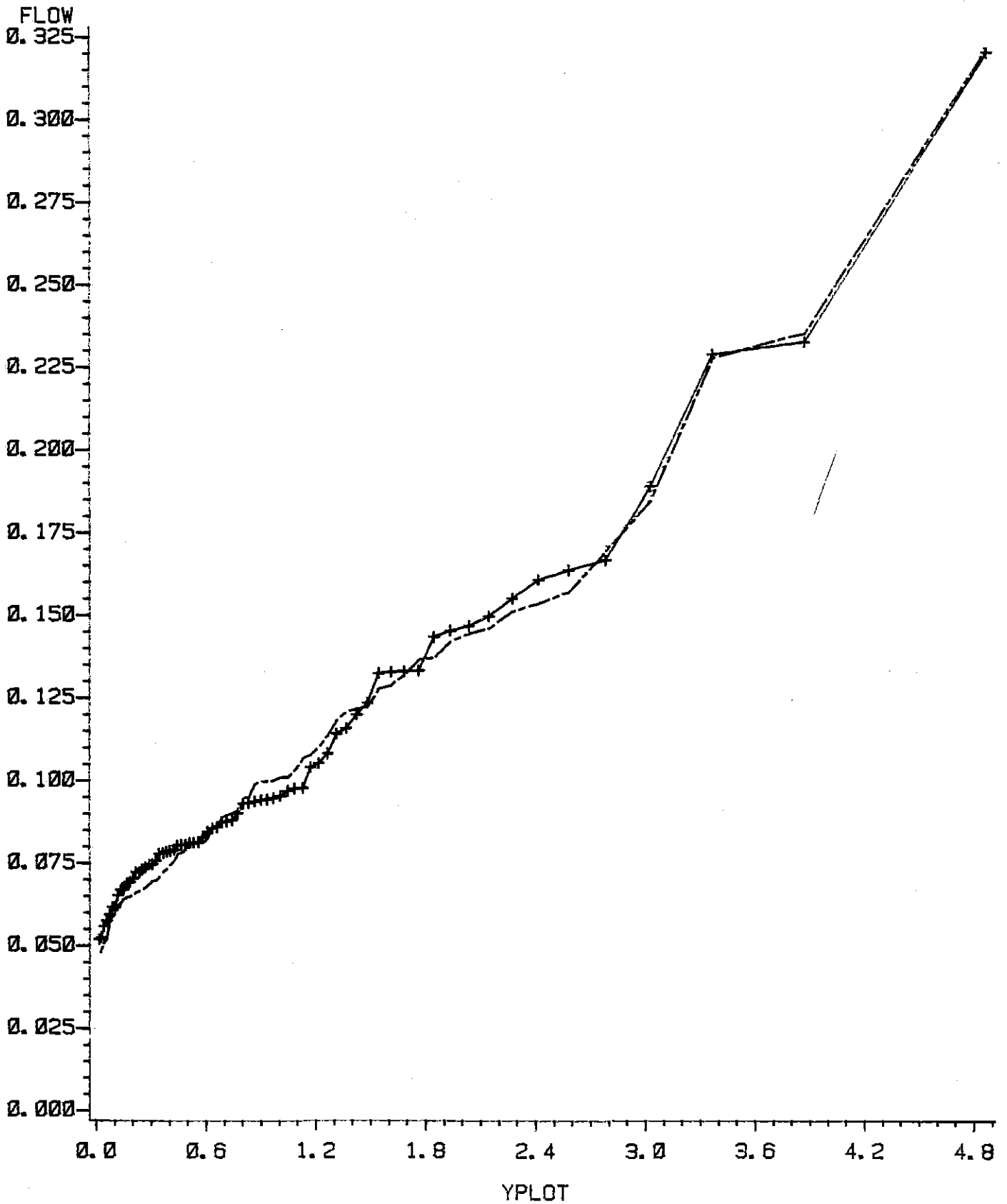
# PIPE 29 LIN 2



CTH VALUE = ---  
U H VALUE = -+ -

# PIPE 35

LIN 2

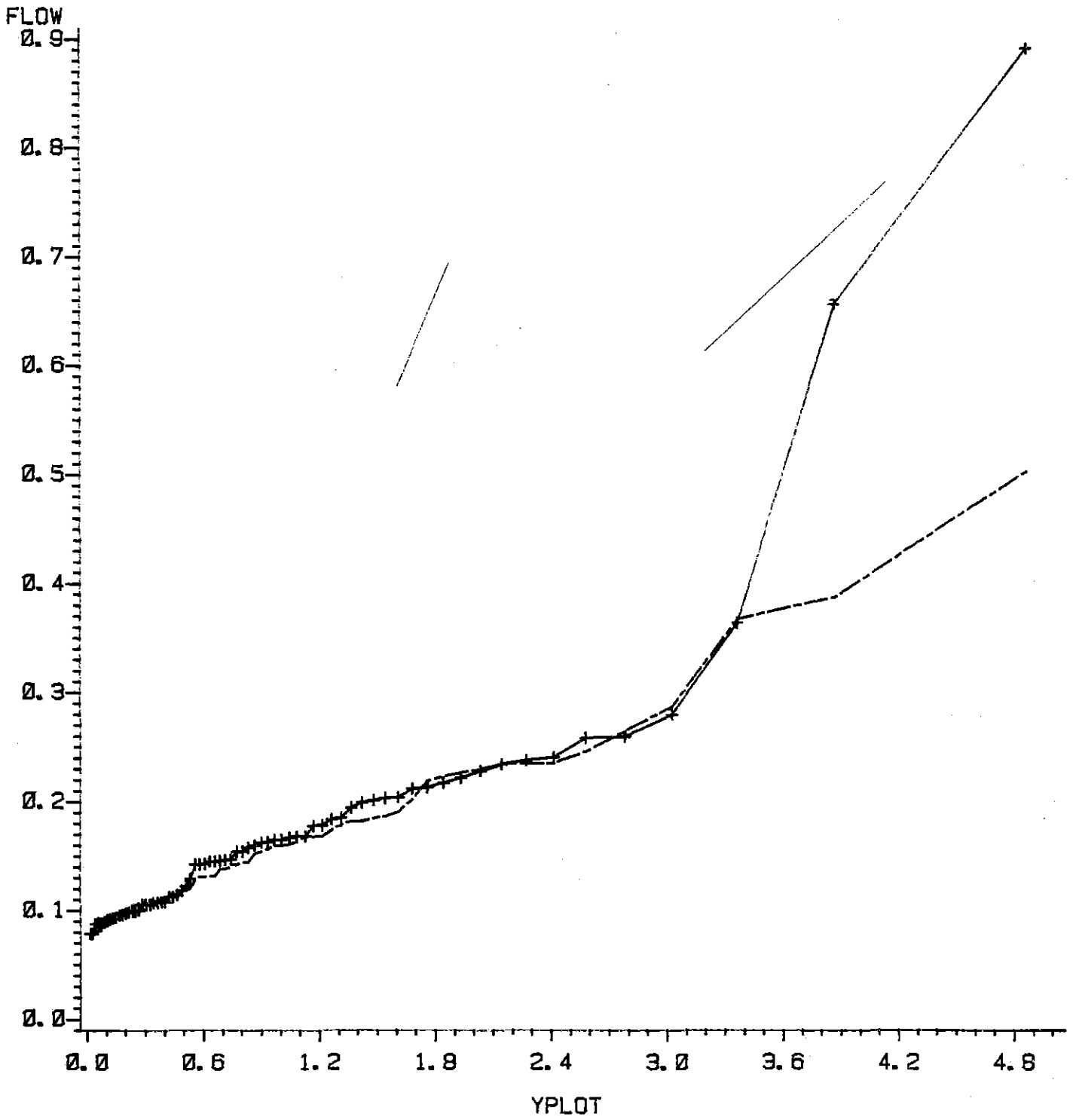


CTH VALUE = ---  
U H VALUE = --+-



# PIPE 38

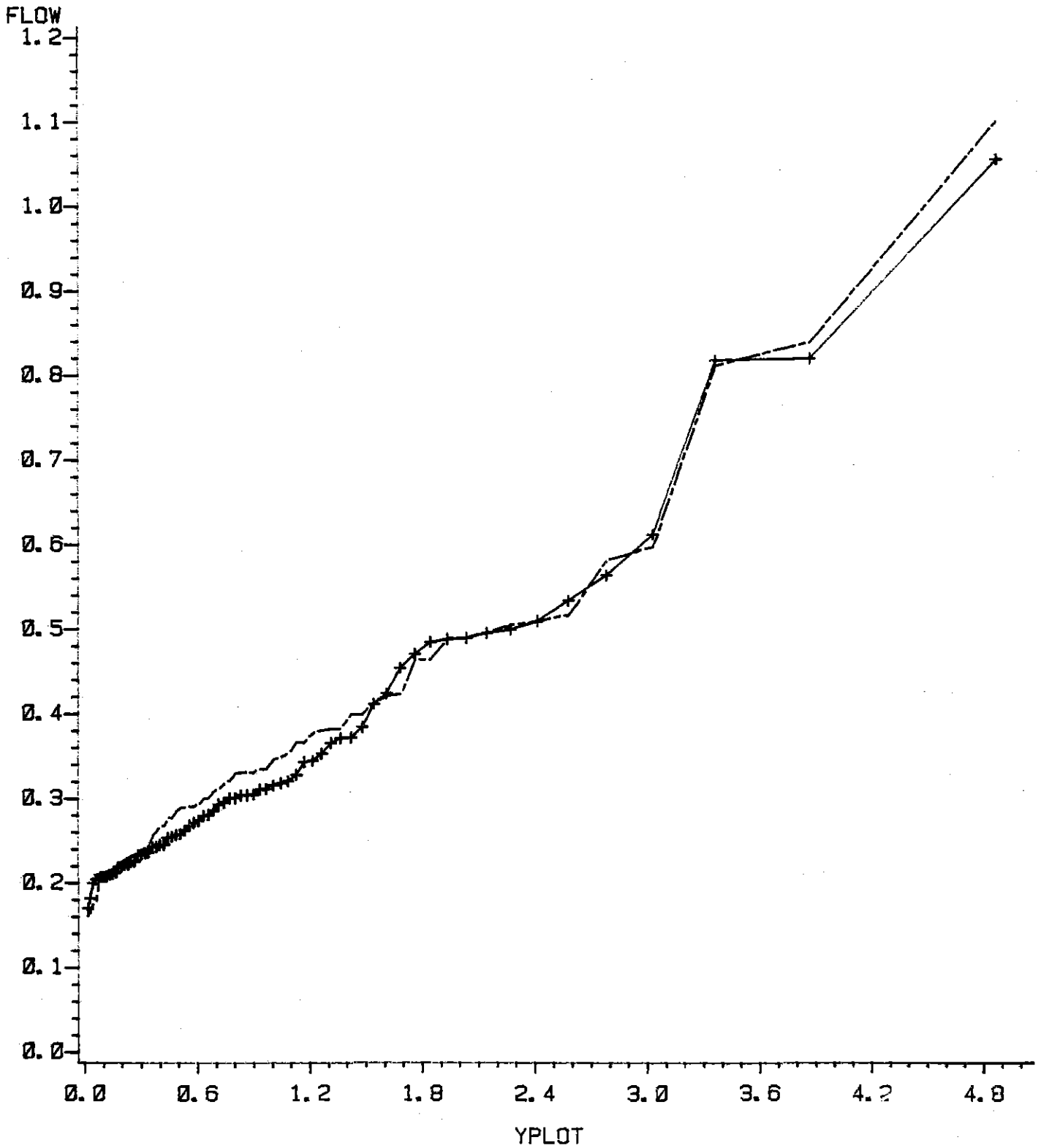
LIN 2



CTH VALUE = ---  
U H VALUE = -+ -

# PIPE 51

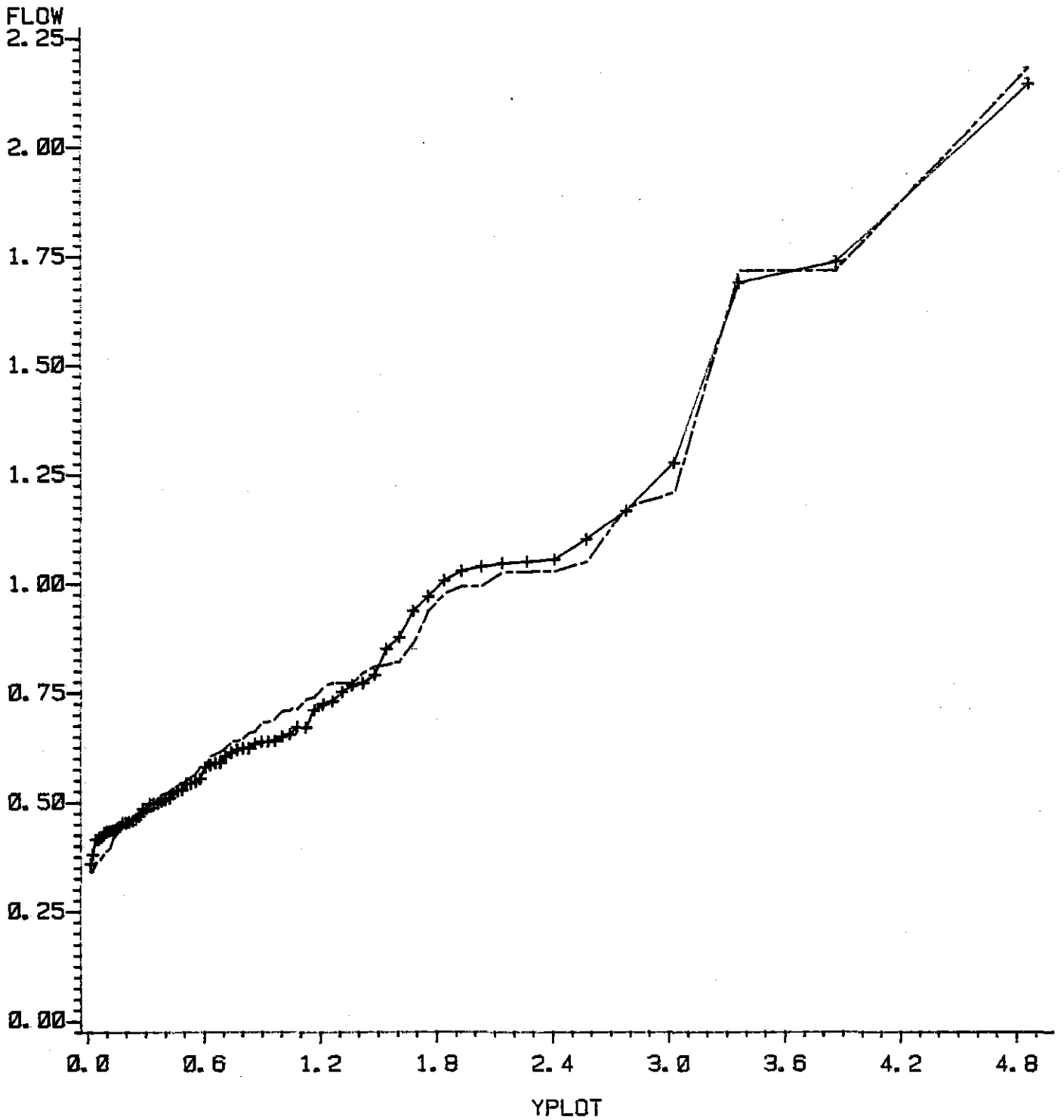
LIN 2



CTH VALUE = ---  
U H VALUE = -+ -

# PIPE 54

LIN 2



CTH VALUE = ---  
U H VALUE = -+--

## REFERENSER

- Arnell, V. (1980a): Analys av Dagvattensystem-Val av beräkningsmetod. Chalmers Tekniska Högskola, Geohydrologiska Forskningsgruppen, Rapport nr 50, 1980.
- Arnell, V. (1980b): Description and Validation of the CTH-Urban Runoff Model. Chalmers Tekniska Högskola, Institutionen för Vattenbyggnad, Rapport A:5, Göteborg 1980.
- Arnell, V. (1982): Rainfall Data for the Design of Sewer Pipe Systems. Chalmers Tekniska Högskola, Institutionen för Vattenbyggnad, Rapport A:8, Göteborg 1982.
- Hägerström, I.;  
Melin, H.;  
Ryberg, M. (1977): Simulering av Dagvattenavrinning i två områden i Linköping med hjälp av en Datormodell. Chalmers Tekniska Högskola, Institutionen för Vattenbyggnad, Examensarbete 1976:1, Göteborg 1976.
- Hydrologi för V2 (1978). Chalmers Tekniska Högskola, Institutionen för Vattenbyggnad, Rapport 1978:06, Göteborg 1978.
- Linsley, R.;  
Kohler, M.;  
Paulus, J. (1958): Hydrology for Engineers, McGraw-Hill Book Company, New York 1958.
- Lyngfelt, S. (1981): Analys av Dagvattensystem-Rationella Metoden. Chalmers Tekniska Högskola, Geohydrologiska Forskningsgruppen, Rapport 56, Göteborg 1981.
- Lyngfelt, S. (1982): Analys av Dagvattensystem-Val av Beräkningsmetod. Chalmers Tekniska Högskola, Inst.f.vattenbyggnad, Gbg 1982.