

DAGVATTENSYSTEM I JÄRNBROTT

**Reducering av trycknivåer mha
fördröjningsmagasin**

av

Davod Taghizadeh



Institutionen för Vattenbyggnad
Chalmers Tekniska Högskola

Department of Hydraulics
Chalmers University of Technology

DAGVATTENSYSTEM I JÄRNBROTT
Reducering av trycknivåer mha
fördröjningsmagasin

av

Davod Taghizadeh

Examensarbete 1983:2

Adress: Institutionen för Vattenbyggnad
Chalmers Tekniska Högskola
412 96 Göteborg

Telefon: 031/81 01 00

FÖRORD

Den aktuella rapporten redovisar en undersökning av möjligheterna att med hjälp av utjämningsmagasin reducera trycknivåerna, dvs reducera risken för översvämning i dagvattenledningssystemet i området Järnbrott.

Rapporten som utgör ett examensarbete vid institutionen för vattenbyggnad på Chalmers Tekniska Högskola har utförts på uppdrag av VA-verket i Göteborg.

Jag vill speciellt tacka handledaren professor Anders Sjöberg och forskningsassistent Håkan Strandner.

Göteborg i juni 1983



Davod Taghizadeh

REFERAT

Föreliggande examensarbete är en analys av dagvattensystemet i Järnbrott, Göteborg. Systemet är underdimensionerat, varför översvämningar erhålles vid kraftiga regntillfällen. För att reducera de nuvarande riskerna för översvämning i systemet har tre befintliga diken använts som utjämningsmagasin. I rapporten redovisas effekten av dikenas anslutning till systemet.

Vid analysen har beräkningsmodellen DAGVL-DIFF använts. För beräkning av ytavrinningen och dess koncentrationstid har rationella metoden tillämpats. Undersökningen visar att man genom att ansluta de tre diken till ledningssystemet avsevärt förbättrar systemets funktion så att risken för översvämning avsevärt reduceras.

INNEHÅLL

	sid.
1. INLEDNING	1
2. BESKRIVNING AV AVRINNINGSSOMRÅDET	2
3. BERÄKNINGSMODELLEN DAGVL-DIFF	8
4. UTNYTTJADE INDATA	12
4.1 Direkt deltagande yta	12
4.2 Koncentrationstid, t_c	13
4.3 Dimensionerande regn	14
4.4 Förlustkoefficient för brunnar	14
4.5 Dikessektion	16
5. ANALYS AV LEDNINGSSYSTEMET	18

BILAGA A

BILAGA B

BILAGA C

BILAGA D

BILAGA E

BILAGA F

REFERENSER

1. INLEDNING

I Järnbrotts dagvattensystem har översvämningar inträffat vid kraftiga regntillfällen. Översvämningarna skedde i en brunn på en sidoleledning som korsar Dag Hammarskjölds väg. Man har försökt hindra översvämningen genom att svetsa fast locket på brunnen. Detta resulterade i att översvämningen i stället skedde i en brunn som ligger längre uppströms.

Översvämningen torde ej bero på att den aktuella sidoleledningen är underdimensionerad utan på trycklinjens höga läge i huvudledningen. Detta beror i sin tur på att nedre delen av huvudledningen är underdimensionerad.

En möjlighet att reducera trycknivån är att m.h.a. utjämningsmagasin utjämna flödet.

I denna rapport presenteras en jämförelse mellan olika utjämningsmagasins effekt på ledningssystemet.

Beräkningsmodellen DAGVL-DIFF, vilken beaktar dämning, har använts vid analysen.

2. BESKRIVNING AV AVRINNINGSOMRÅDET

Avrinningsområdet, som heter Järnbrott, ligger i sydvästra delen av Göteborg.

Hela avrinningsområdets area är 444 ha. 163 ha av detta är hårdgjord yta, dvs den yta som avvattnas till dagvattenssystemet. De hårdgjorda ytorna består i huvudsak av asfalterade ytor, hustak m.m. Karteringen har genomförts av Göteborgs VA-verk.

Avrinningsområdet har indelats i 78 delområden. Andelen hårdgjord yta hos respektive delområde och dess avrinningspunkt framgår av bilaga A.

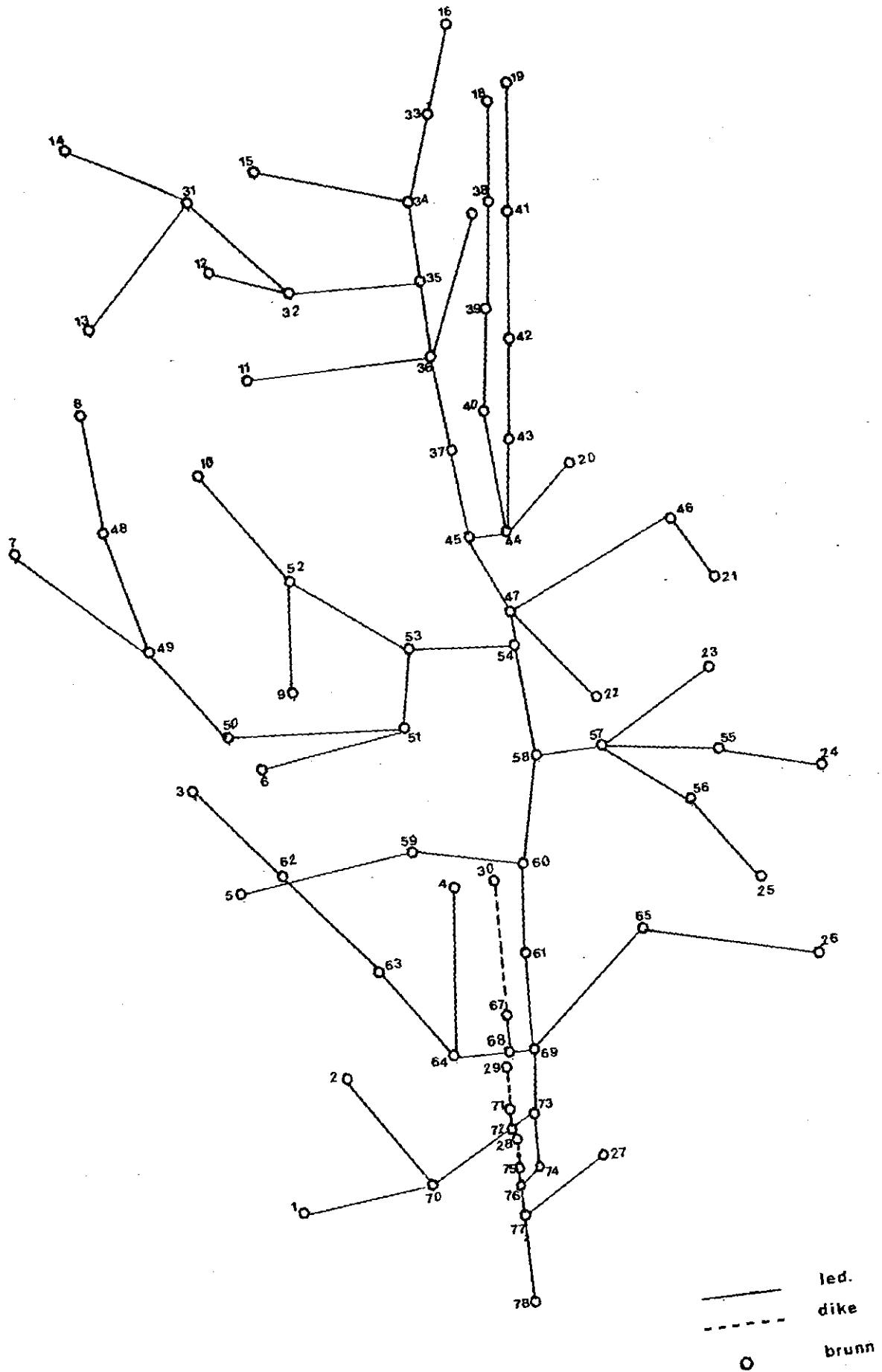
Den principiella uppbyggnaden av ledningsnätet kan beskrivas på följande sätt (se även fig. 2.1 och 2.2):

En huvudledningssträcka ligger längs Dag Hammarskjölds väg och har sitt utlopp i Stora ån. Huvudledningens diameter varierar mellan 1200 och 2000 mm utmed ledningen och kapaciteten är 800 l/s i den översta ledningen och 6100 l/s i utloppsledningen. Nivåskillnaden mellan översta och nedersta ledningen är ca 12 m.

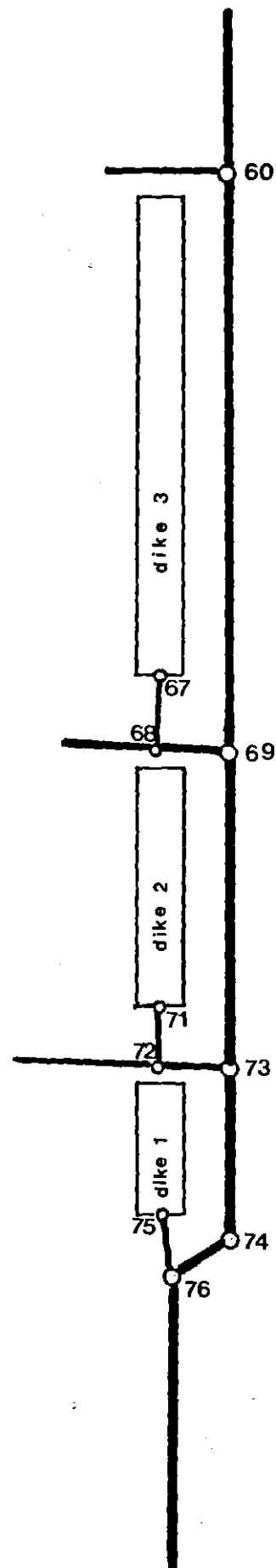
Till huvudledningen ansluter 14 inkommande sidogrenar. Diametern hos dessa varierar från 400 till 1000 mm. Till dessa sidogrenar ansluter sedan i sin tur ledningar med mindre dimension. Sådana ledningar med diameter mindre än 400 å 500 mm har ej medtagits i ledningsflödesberäkningen. De har emellertid beaktats vid beräkningen av koncentrationstid för delområdena.

Det ledningssystem som utnyttjas i ledningsflödesberäkningen visas i figur 2.1 och 2.2.

De tre diken som tänks användas som utjämningsmagasin ligger parallellt med huvudledningen vid Dag Hammarskjölds väg och ansluter till ledningssystemet i punkterna 76, 72 resp. 68, se fig. 2.1 och 2.2. Dikenas form och geometri visas i figur 2.3 och 2.4.

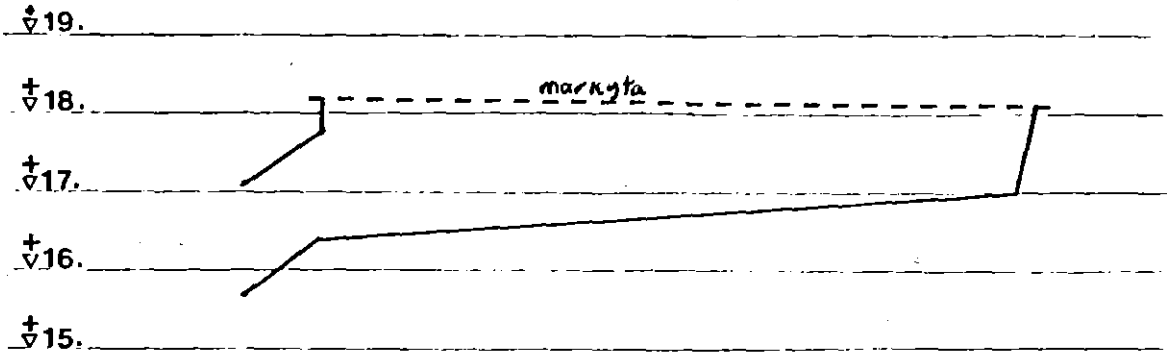


Figur 2.1 Utnyttjat ledningssystem



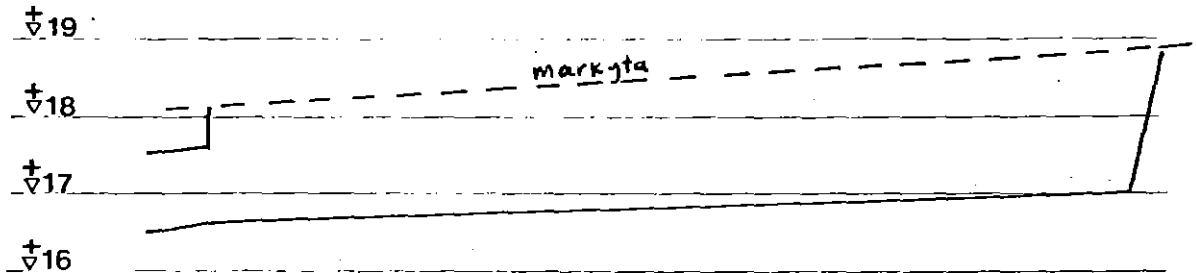
Figur 2.2 Del av utnyttjat ledningssystem

DIKE 1 (led.28)



punkt	76	75	28
sek.	‰010		‰090
ledning	Ø1400	DIKE	
höjd	15.58	16.36	17.00

DIKE 2 (led.29)

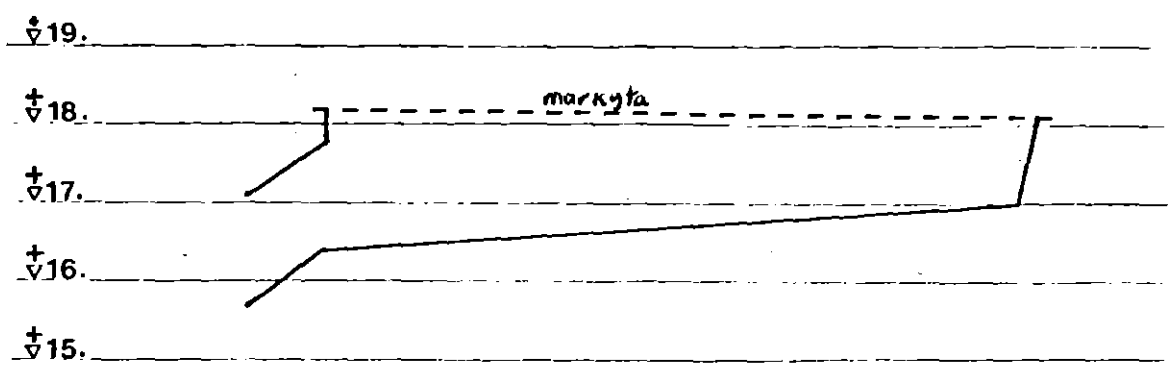


punkt	72	71	29
sek.	‰007		‰127
led.	Ø1000	DIKE	
höjd	16.50	16.60	17.00

SKALA 1:1000

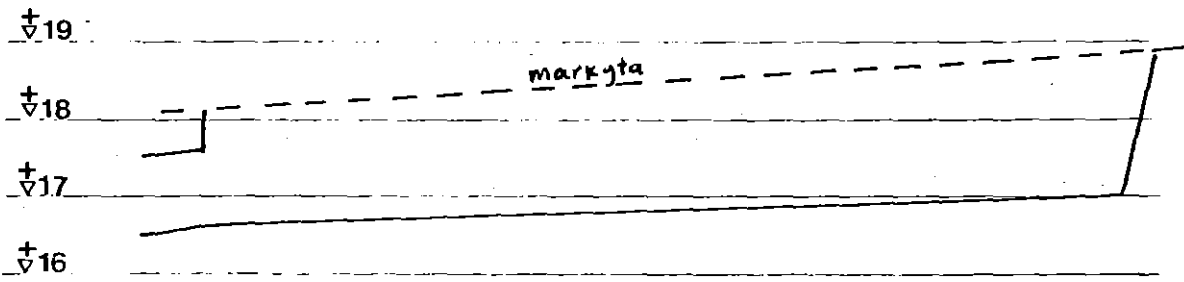
Figur 2.3 Dike 1 och 2. Form och geometri.
Marknivå enligt VA-verkets skiss.

DIKE 1 (led.28)



punkt	76	75	28
sek.	‰010		‰090
ledning	Ø1400		DIKE
höjd	15.50	16.36	17.00

DIKE 2 (led.29)

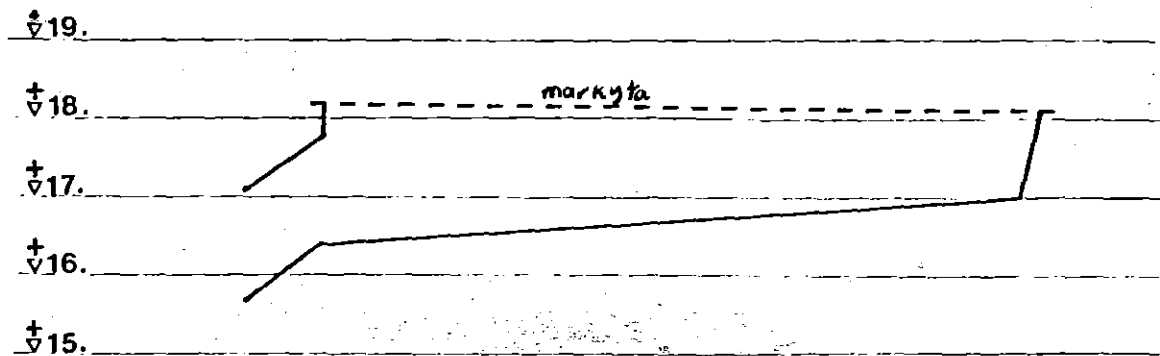


punkt	72	71	29
sek.	‰007		‰127
led.	Ø1000		DIKE
höjd	16.50	16.60	17.00

SKALA 1:1000

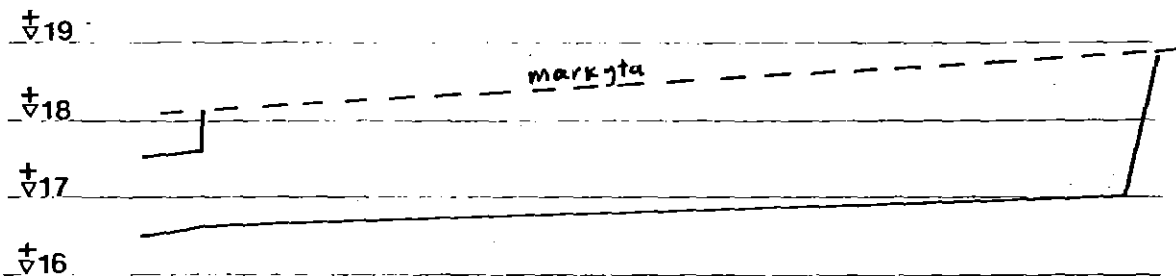
Figur 2.3 Dike 1 och 2. Form och geometri. Marknivå enligt VA-verkets skiss.

DIKE 1 (led. 28)



punkt	76	75	28
sek.	0/010		0/090
ledning	Ø1400		DIKE
höjd	15.58	16.36	17.00

DIKE 2 (led. 29)

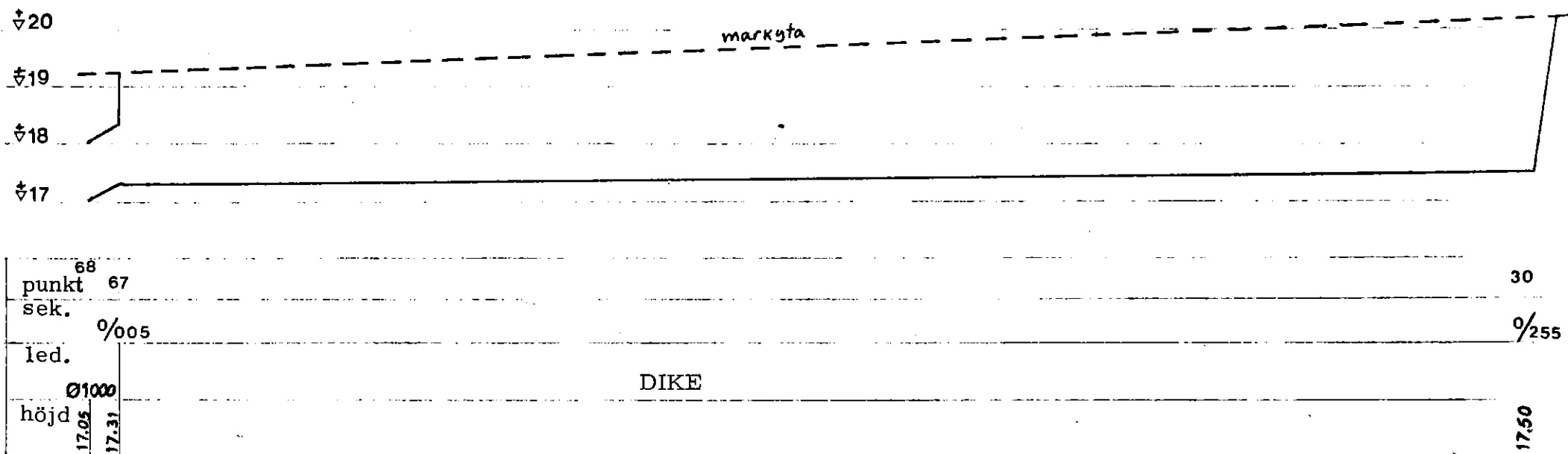


punkt	72	71	29
sek.	0/007		0/127
led.	Ø1000		DIKE
höjd	16.50	16.60	17.00

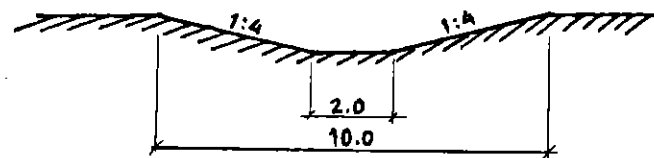
SKALA 1:1000

Figur 2.3 Dike 1 och 2. Form och geometri.
Marknivå enligt VA-verkets skiss.

DIKE 3 (led. 30)



SKALA 1:1000



Dikessektion. Samma form för alla tre diken.

Fig. 2.4 Dike 3. Form och geometri. Marknivå enligt VA-verkets skiss.

Det måste påpekas att diken i verkligheten är anslutna till systemet både i uppströms och i nedströmsänden. Beräkningsmodellen DAGVL-DIFF kan emellertid inte beräkna sådana system utan ett trädformat system måste utnyttjas.

Anslutningsledningarna har dock mycket liten diameter (225 mm för diken 2 och 3 och dike 1 ansluts med två ledningar med diametrarna 400 mm och 300 mm), vilket försvårar inflödet till diken, varför de idag fungerar dåligt som utjämningsmagasin. I beräkningarna har därför anslutningsledningar med diameter 1400 mm för dike 1 och 1000 mm för diken 2 och 3 förutsatts.

3. BERÄKNINGSMODELLEN DAGVL-DIFF

DAGVL-DIFF är en beräkningsmodell som kan användas på ledningar som går dämnda eller går med fylld sektion. Modellen är utvecklad vid institutionen för vattenbyggnad vid Chalmers Tekniska Högskola. I en tidigare modell (DAGVL-A) utnyttjade institutionen de grundläggande ekvationerna utan förenklingar. Man fick stor beräkningsmässig noggrannhet men ofta instabila lösningar i samband med vattensprång.

I den nya versionen, DAGVL-DIFF, har grundekvationerna förenklats något (två dynamiska termer försummas) och ett ekvationsystem som representerar en s.k. diffusiv våg erhålles. Därigenom elimineras problemen med vattensprång, Sjöberg (1976).

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + B \cdot \frac{\partial Y}{\partial t} = q \quad (\text{kontinuitetsekv.}) \quad \dots (3.1)$$

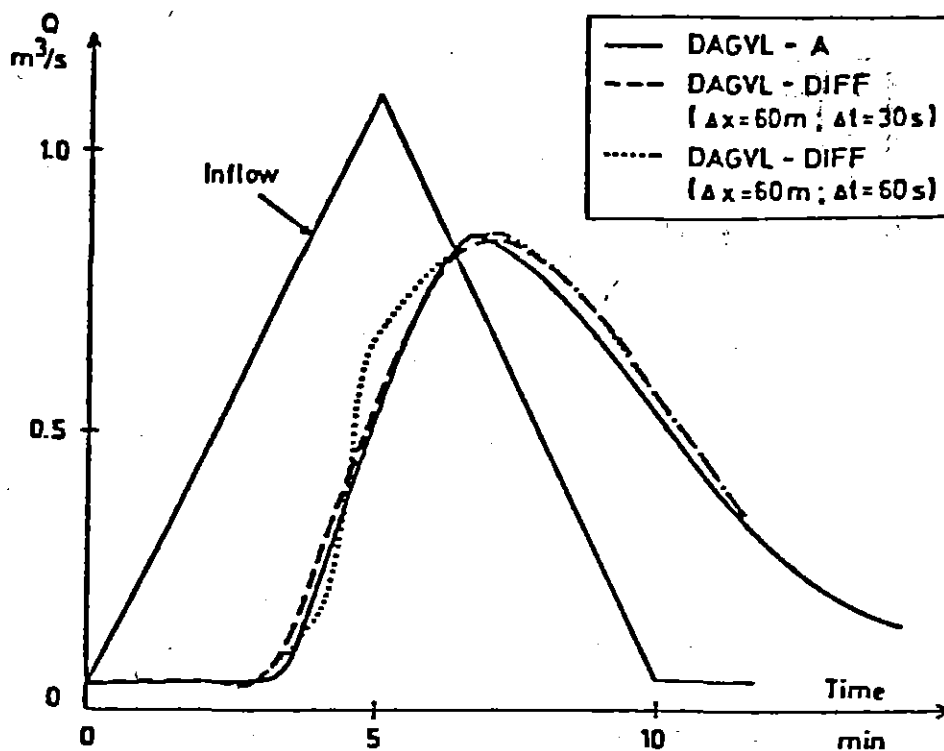
$$\frac{\partial Y}{\partial x} = S_o - S_f \quad (\text{rörelsekv.}) \quad \dots (3.2)$$

där

- Q = flödet
- x = koordinat i flytriktningen
- Y = vattendjupet
- t = tid
- B = bredd på fria vattenytan
- q = lateralt tillflöde
- s_o = ledningens lutning
- s_f = friktionslutningen (beräknas mha Mannings formel eller allmänna friktionsformeln)

Ekvationssystemet löses numeriskt med en differensmetod (box schema). Vid tillämpning i ledning utan vattensprång ger DAGVL-DIFF fullt tillräcklig noggrannhet jämförd med DAGVL-A, se fig. 3.1

DAGVL-DIFF beräknar i ett godtyckligt trädformat ledningssystem vattenstånd och flöden i brunnar och ledningar. Ingångsvärden är givna ytavrinningshydrografer som tillförs



Figur 3.1 Beräknade utflödeshydrografer för en ledning med modell DAGVL-A och DAGVL-DIFF ($L=300$ m; $S_0 = 2\%$; $d = 1,0$ m; $Q_{full} = 1,1$ m³/s). Figuren från Sjöberg (1981).

systemet i knutpunkterna och längs med ledningarna. Basflöde kan också ges.

Modellen tar hänsyn till tryckförluster i knutpunkterna och flera alternativa nedströms randvillkor kan föreskrivas, t.ex. en avbördningskurva eller vattendjup, alternativt flöde, som en godtycklig funktion av tiden.

Tillrinningen till ledningssystemet kan antinges ges i form av godtyckliga hydrografer eller beräknas av DAGVL-DIFF för regn med konstant intensitet mha tid-areametoden. Uppgift krävs då om koncentrationstiden. Detta senare alternativ har utnyttjats i denna beräkning.

Som indata anges för varje ledning dess längd, uppströms- och nedströmshöjd, anslutningspunkt, diameter ovs. Viktiga faktorer är längdsteget (Δx) och tidsteget (Δt) och basflödet

(Q_{BAS}) och vissa dämpningsparametrar, som har stor betydelse för beräkningsstabiliteten. Lämpligt antal längdsteg per ledning och basflöde bestäms av programmet genom att andra tillhörande parametrar ges lämpliga värden.

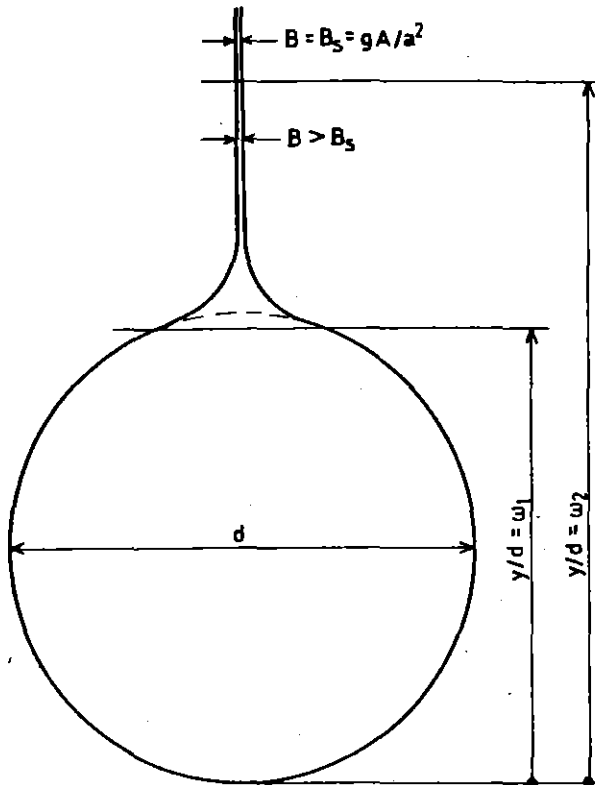
Tidsteget (Δt) är en faktor som påverkar beräkningsstabiliteten. En minskning av (Δt) under "kritiska" beräkningsperioder, dvs perioder då beräkningar blir instabila och leder till orimliga resultat, kan ofta leda till stabila beräkningar. Instabila beräkningar kan även erhållas om basflödet är för litet.

Dämpningsparametrarnas värde kan varieras mellan 0,5 och 1,0. Om dessa parametrar ges ett värde större än 0,5 erhålles en artificiell dämpning av flödesvågorna. Om de sättes mindre än 0,5 erhålls alltid instabila beräkningar.

För simulering av helt fylld rörsektion (trycklinjen står högre än rörets hjässa) användes i DAGVL-DIFF en smal spalt införd i rörets hjässa, se fig. 3.2. Spaltens bredd är en funktion av tryckvågornas hastighet i röret, vilken i DAGVL-DIFF brukar sättas till 50 m/s. I verkligheten uppgår den dock till några hundra meter per sekund. Se vidare Sjöberg (1976).

DAGVL-DIFF har ingen översvämningsrutin. När trycklinjen stiger över markytan räknar DAGVL-DIFF som om brunnen fortsatte över markytan som ett vertikalt rör. Detta leder till orealistiskt höga trycknivåer, då hänsyn således ej tas till den magasinering som sker på markytan. Även flödet blir då för högt på grund av att vattnet ej kan lämna systemet.

För DAGVL-DIFF finns ännu ingen manual utvecklad. Endast en enkel variabelbeskrivning finns i en rapport som redovisar resultatet av projektet Dämpningsanalys med ILLUDAS, se Strandner (1983). DAGVL-DIFF är ett program som utvecklats och omarbetats ett flertal gånger. Det har därför fått karaktären av ett forskningsprogram, dvs det innehåller både på in- och utdatasidan en mängd för praktikern ovidkommande och onödiga parametrar och uppgifter. Vid institutionen för vattenbyggnad pågår därför



Alt. 1: ljudhast. $a = 1000 \text{ m/s}$

$$w_1 = 0.9999$$

$$w_2 = 1.5$$

Alt. 2: ljudhast. $a = 50 \text{ m/s}$

$$w_1 = 0.98$$

$$w_2 = 1.5$$

($d = 700 \text{ mm}$)

y/d	Spaltbredd B i meter enligt	
	Alt. 1	Alt. 2
0.98	0.20	0.20
1.00	0.01	0.12
1.10	$0.38 \cdot 10^{-5}$	$0.82 \cdot 10^{-2}$
1.20	$0.38 \cdot 10^{-5}$	$0.17 \cdot 10^{-2}$
1.50	$0.38 \cdot 10^{-5}$	$0.15 \cdot 10^{-2}$
>1.50	$0.38 \cdot 10^{-5}$	$0.15 \cdot 10^{-2}$

Fig. 3.2 Spalt införd i rörets hjässa enligt analogin mellan strömning med fri vattenyta och i helt fylld sektion

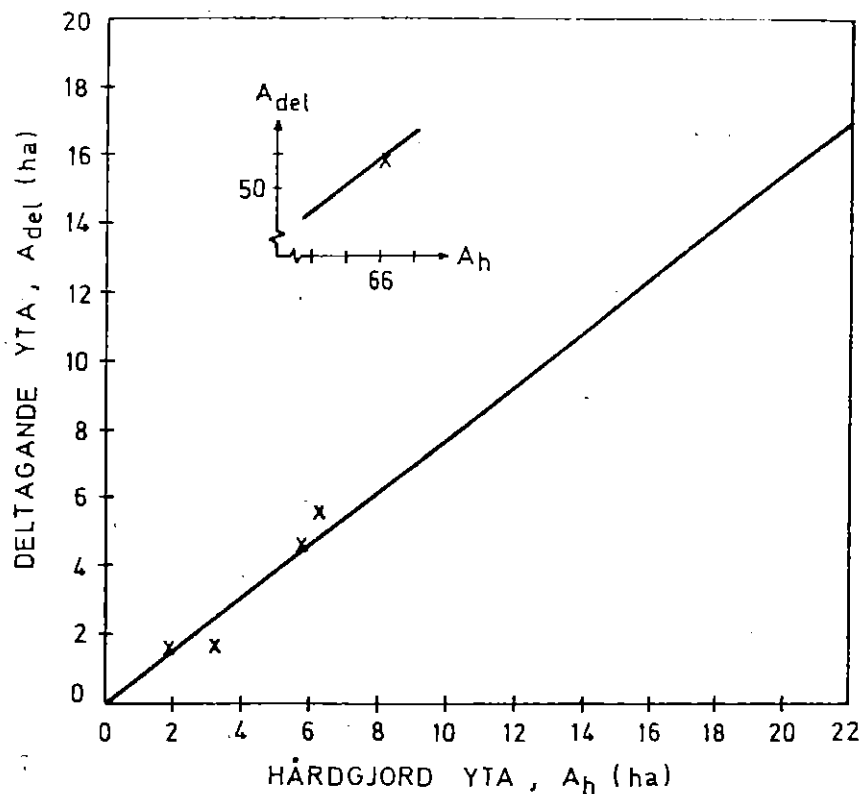
omarbetning av modellen. Tills vidare får användaren dock nöja sig med den kortfattade indatabeskrivningen och de sparsamt förekommande kommentarerna i DAGVL-DIFF-utskriften.

4. UTNYTTJADE INDATA

4.1 Direkt deltagande yta ($\varphi \cdot A$)

Den deltagande ytan omfattar de delar av området där avvattningen verkligen sker direkt till dagvattenssystemet. Härvid spelar detaljutformningen av de hårdgjorda ytorna som lutningar och kantsten stor roll. Den projekterande ingenjören avgör med hänsyn härtill och att deltagande ytan är mindre än hela ytan, hur stor andel som deltar i varje enskilt fall.

I figur 4.1 är sambandet mellan den hårdgjorda ytan och deltagande ytan markerad för fem områden (Bergsjön, Floda och tre olika områden i Linköping). Linjen svarar mot en anpassning enligt minsta kvadratmetoden. I de undersökta områdena varierar andelen deltagande yta mellan 52 och 89% av den hårdgjorda ytan.



Figur 4.1 Samband hårdgjord yta - deltagande yta för fem testområden. (Figur från Lyngfelt (1981)).

Det i figuren angivna sambandet mellan hårdgjorda ytan och deltagande yta gäller givetvis inte generellt utan bör ses som exempel på detta förhållande tillsammans med övriga uppgifter om områdena.

I vårt fall har med hjälp av figur 4.1 andelen direkt deltagande yta valts till 80% av den hårdgjorda ytan.

4.2 Koncentrationstid, t_c

Den tid som åtgår för vattnet att röra sig från den mest avlägsna punkten till den punkt där det rinner ned i ledningssystemet kallas koncentrationstid. Denna tid beror av områdets avrinningsegenskaper (lutning, storlek etc) men också av regnintensiteten och kan alltså bara delvis betraktas som en områdesparameter.

I skriften "Dimensionering av dagvattensystem, Rationella metoden", Lyngfelt (1981), har koncentrationstiden beräknats för några områden (Bergsjön, Floda och tre olika områden i Linköping) med hjälp av en "noggrann" avrinningsmodell. Med dessa koncentrationstider som underlag har ett samband mellan koncentrationstid, regnintensitet och områdesparametrar bestämts.

Lyngfelt har provat olika kombinationer av områdesparametrar. Det samband som bäst återger "uppmätta" koncentrationstider i de fem testområdena är

$$t_c = k1 \cdot \frac{L_{h80}^{PL}}{i^{Pi} \cdot A_{del}^{PA} \cdot S_h^{PS}} \quad \dots (4.1)$$

där

- t_c = koncentrationstid (min)
- L_{h80} = huvudledningslängd plus 80 m (m)
- S_h = huvudledningens medellutning

i = regnintensitet (l/s·ha)
 A_{del} = deltagande yta (se avsnitt 4.1) (ha)

	<u>alt. 1</u>	<u>alt. 2</u>
k_1 = konstant	0.079	0.490
PL = - " -	0.71	0.50
P_i = - " -	0.32	0.32
P_A = - " -	0.05	0.10
P_S = - " -	0.35	0.26

Konstantvärdena i alt. 1 ger ett bättre resultat i stora områden medan värdena i alt. 2 passar bäst för mindre områden. Ett beräkningsexempel redovisas i Bilaga B. Koncentrations-tider enligt ovan givna ekvation kan lätt beräknas med programbara räknedosor. Ett sådant beräkningsprogram ges i Bilaga C.

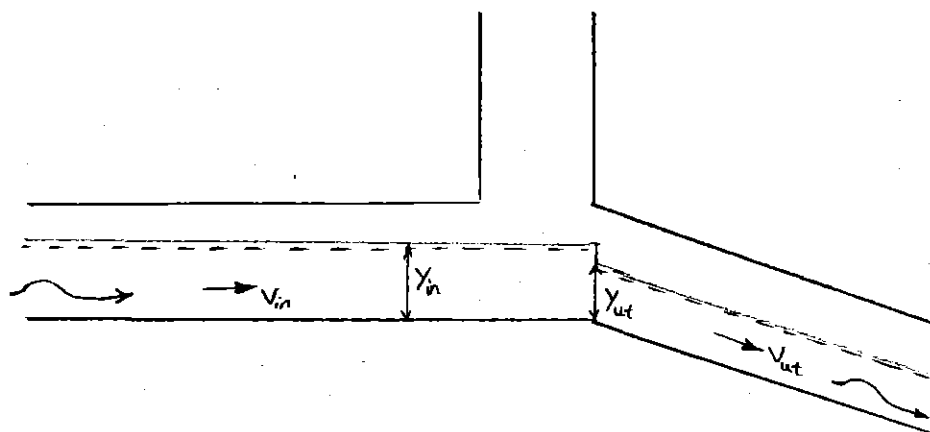
Det aktuella avrinningsområdet i Järnbrott är ett stort område och därför väljs konstantvärden enligt alt. 1. Koncentrations-tiden för varje enskild tillrinningspunkt redovisas i bilaga D.

4.3 Dimensionerande regn

Beräkningarna har genomförts endast för 20 minuters varaktighet, vilken är den varaktighet som ledningssystemet dimensionerats för. Enligt i "Höganäs avloppshandbok" givna samband mellan 2-års nederbördsintensitet och varaktighet i Göteborg erhålls för 20 minuters varaktighet intensiteten 111 l/s·ha. Detta regn har använts i beräkningarna. Det kan påpekas att enligt VAV (1976) är motsvarande intensitet 95 l/s·ha.

4.4 Förlustkoefficienter för brunnar

Beräkningsmodellen DAGVL-DIFF utnyttjar en tryckförlustkoefficient, K . Vi försöker uttrycka denna koefficient som funktion av en energiförlustkoefficient, K_{ut} .



Figur 4.2 Knutpunktsförlust enligt DAGVL-DIFF

Energiekvationen över brunnen blir med beteckningar enligt figur 4.2

$$y_{in} + \frac{v_{in}^2}{2g} = y_{ut} + (1+k_e) \cdot \frac{v_{ut}^2}{2g} \quad \dots (4.2)$$

där k_e är en energiförlustkoefficient. Detta samband kan skrivas på formen

$$y_{in} = y_{ut} + k \cdot \frac{v_{ut}^2}{2g} \quad \dots (4.3)$$

där k är en tryckförlustkoefficient. Vi får då

$$k = 1+k_e - \frac{v_{in}^2}{v_{ut}^2} \quad \dots (4.4)$$

Med $v_{in} = Q_{in}/A_{in}$ och $v_{ut} = Q_{ut}/A_{ut}$ kan ekvation (3.4) skrivas

$$k = 1+k_e - \left(\frac{Q_{in}}{A_{in}}\right)^2 / \left(\frac{Q_{ut}}{A_{ut}}\right)^2 \quad \dots (4.5)$$

eller

$$k = 1+k_e - \left(\frac{Q_{in}}{Q_{ut}}\right)^2 \cdot \left(\frac{D_{ut}}{D_{in}}\right)^4 \quad \dots (4.6)$$

där D_{ut} och D_{in} är utgående resp. inkommande ledningsdiameter.

Den totala energiförlusten förutsättes här vara sammansatt av dels en utströmsförlust och en förlust beroende av huvudledningens vinkeländring, dvs

$$k_e = k_{ut} + k_{krök} \quad \dots (4.7)$$

k_{ut} har satts till 0,2 oberoende av brunnens utformning och $k_{krök}$ kan enligt K. Cederwall och P. Larsen (1976) skrivas som

$$k_{krök} = 1,1 \cdot \left(\frac{\varphi}{90^\circ} \right) \quad \dots (4.8)$$

där φ är huvudledningens vinkeländring.

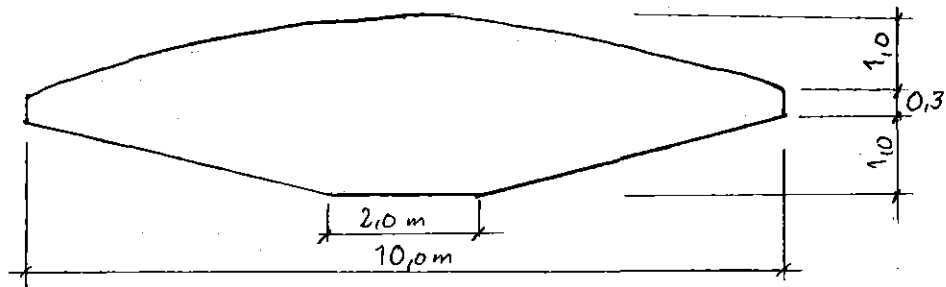
Det utnyttjade sambandet är givetvis mycket approximativt. En experimentell studie av brunnsförlusten som för närvarande genomförs vid institutionen för vattenbyggnad visar att det är svårt att korrekt uppskatta energiförlusterna i ledningsbrunnar. Den här gjorda ansatsen leder i vissa fall till en negativ tryckförlustkoefficient. Enligt de experimentella studierna är detta ej rimligt. De negativa koefficienterna borde ha korrigerats.

Förlustkoefficientens värde för varje enskild brunn har beräknats i bilaga E.

4.5 Dikessektion

Beräkningsmodellen DAGVL-DIFF kunde, då denna studie genomfördes, ej behandla ett öppet dike och därför antog vi ett dike med sektion enligt figur 4.3, dvs som en tunnelsektion. Dimensionerna på botten och sidornas lutning överensstämmer med de verkliga dikena.

Anledningen till tunnelns låga höjd är att den aktuella versionen av DAGVL-DIFF i sin beräkning utnyttjade en delfyllnadsfunktion som gav mycket dålig noggrannhet vid små vattendjup om tunnelns höjd var stor. (Detta har senare korrigerats). Även vid mycket små basflöden erhålls då stora vattendjup i dikena.



Figur 4.3 Utnyttjad sektionsform för diken

Sektionsformen har den olägenheten att vattennivån vid höga vattenstånd kommer att stiga upp i tunnelsektionens cirkelformade hjässa (vid utformandet av sektionen hade en lägre marknivå förutsatts). Dikena har därför vid höga vattenstånd en något mindre fri vattenyta än den verkliga.

5. ANALYS AV FÖRDRÖJNINGSMAGASINENS (DIKENAS) EFFEKT PÅ TRYCKNIVÅERNA

Analysen av trycknivåer och flödesförlopp har gjorts för följande alternativ:

1. Inget dike inkopplat
2. Dike 1 (led. 28) inkopplat
3. Dike 1 och 2 (led. 28 och 29) inkopplade
4. Dike 1,2 och 3 (led. 28, 29 och 30) inkopplade

Som kritiska punkter i systemet ur översvämningssynpunkt har utnyttjats dikenans anslutningspunkter, dvs brunnarna 68, 72, 76 (se fig. 2.1 och 2.2). De kritiska trycknivåerna i dessa punkter har satts lika med uppskattade medelmarknivåer enligt nedan:

Dike	Brunn	Marknivå *
3	68	+19,00
2	72	+18,50
1	76	+18,37

*) Marknivåerna är hämtade från VA-verkets ritningar.

På grund av att trycknivåerna under vissa perioder låg högre än ledningarnas hjässa och även högre än marknivån erhöles stabilitetsproblem. I ett praktiskt fall skulle man inte behöva förutsätta beräkningarna efter den tid då trycknivån stiger så högt som översvämning inträffar. Som påpekats i kap. 3 blir den beräknade trycknivån då orealistiskt hög. För att beräkningarna ska gå genom utan störningar under dessa kritiska perioder måste tidsteget minskas. Även i början av beräkningarna måste tidsteget vara litet på grund av det låga basflödet. Följande tidsteg användes:

Δt (min)	till	period (min)
0,25		4,0
0,50		10,0
0,25		20,0
0,50		50,0

Analysresultaten redovisas i diagramform i figurerna 5.2, 5.3 och 5.4. Även en jämförelse av beräknade flöden i utloppet av systemet i de olika alternativen redovisas i figur 5.5. Som framgår av figurerna blir trycknivåerna mycket höga för det fall att inget dike är inkopplat. För det valda regnet är således översvämning oundviklig. En anslutning av enbart dike 1 (led. 28) till systemet ger liten effekt på trycknivåerna och flödena och därmed även på risken för översvämning. En anslutning av även dike 2 (led. 29) leder inte heller till att översvämning undviks för det i beräkningen utnyttjade 20-minutersregnet. I brunn 76 (anslutningspunkt för dike 1) erhålles en trycknivå ungefär i höjd med markytans nivå, men både i brunn 72 och 68 blir trycknivåerna sådana att översvämning erhålles.

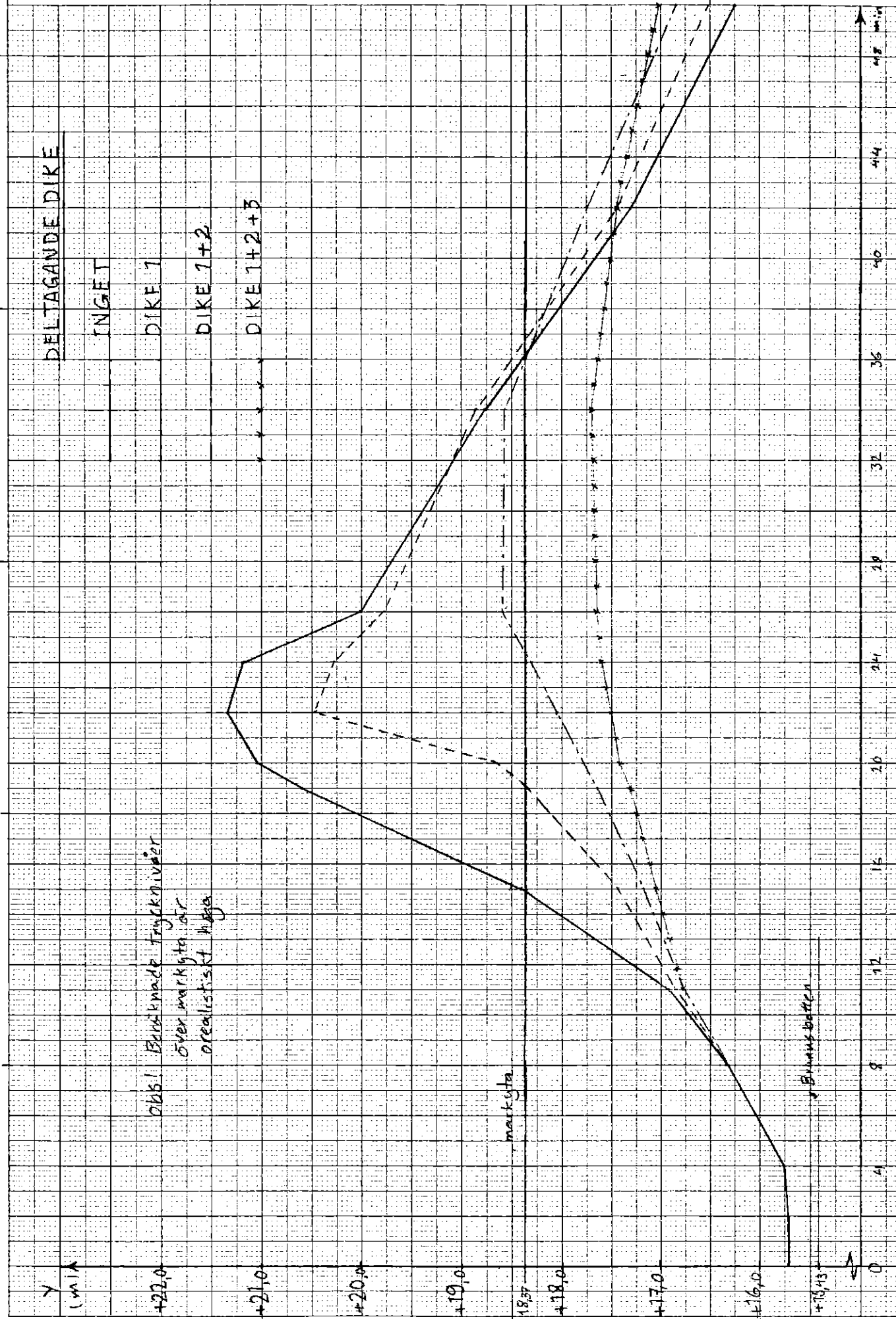
Först när även dike 3 (led. 30) anslutes, erhålles en sådan sänkning av trycknivåerna i de kritiska punkterna att en väsentlig minskning av risken för översvämning kan förväntas. Det skall påpekas att dike 3 har en volym som är ungefär lika stor som dike 1 och 2 tillsammans.

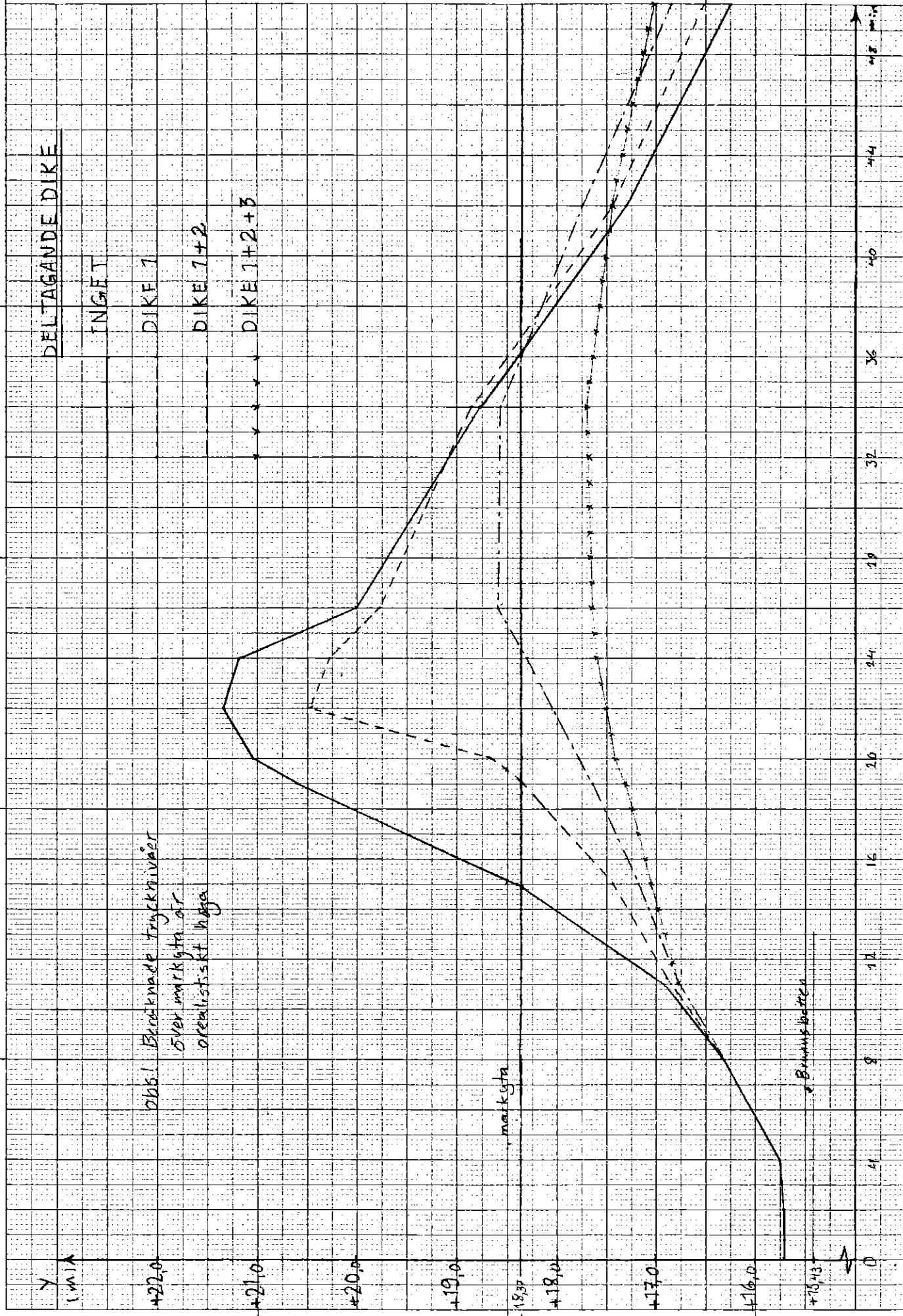
Den mest kritiska punkten är enligt beräkningarna brunn 72 och det är där som översvämning först inträffar.

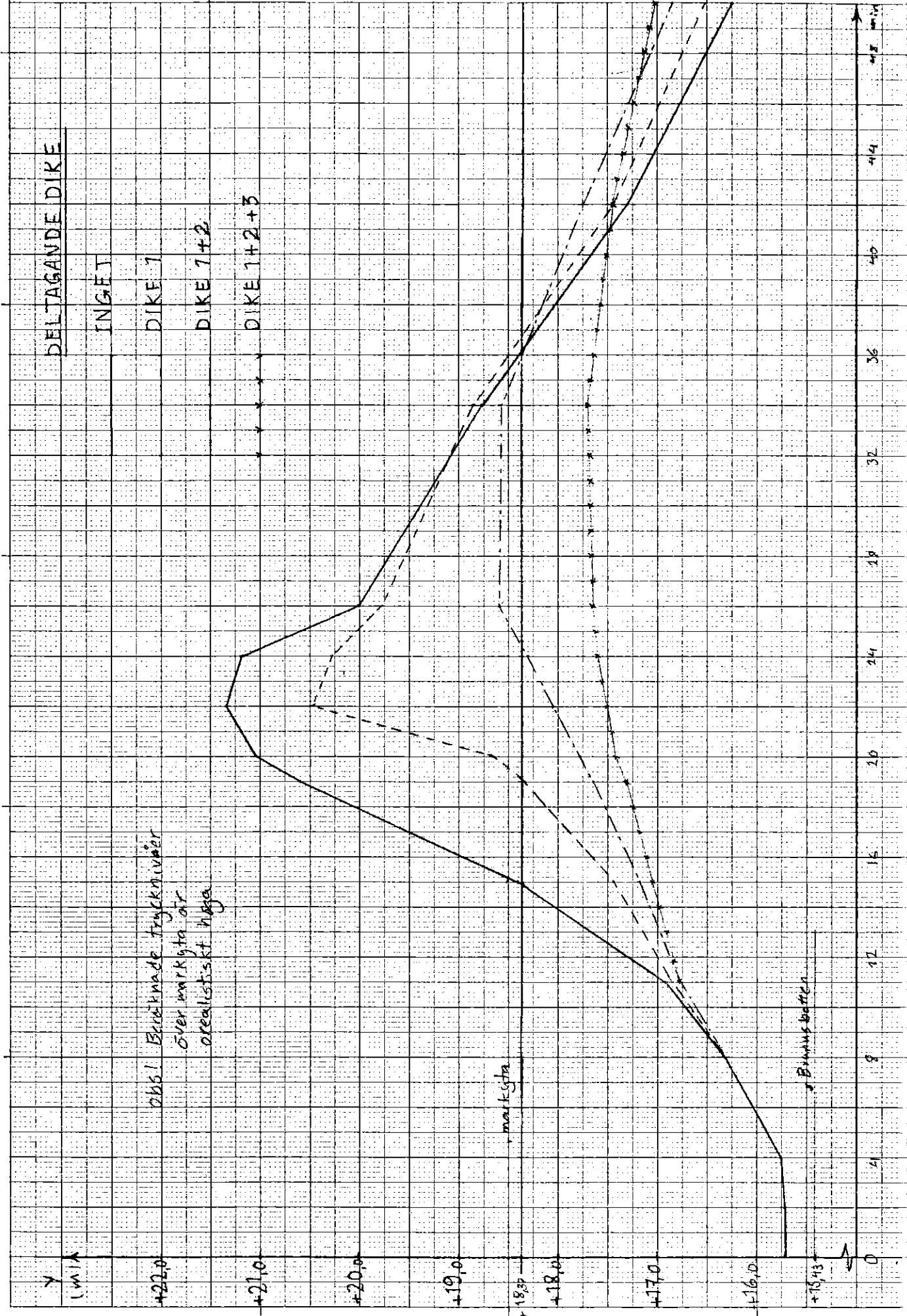
5.1 Sammanfattning

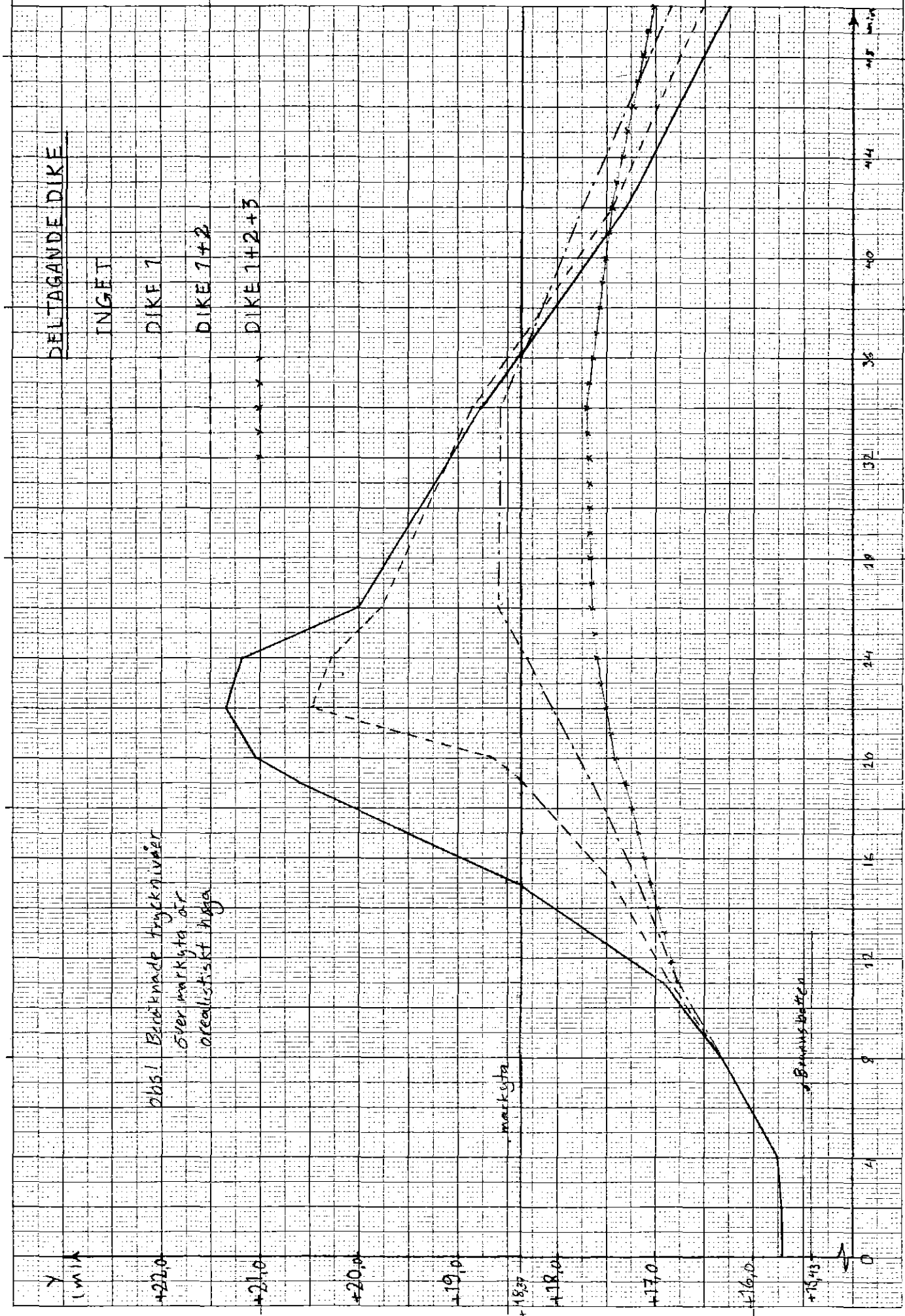
Genom att ansluta alla tre diken till systemet förbättras systemets funktion så att risken för översvämning avsevärt reduceras. Vid beräkningarna har förutsatts att anslutnings-

ledningarnas diameter för diken 2 och 3 ökar från 225 mm till 1000 mm och att de två nuvarande 400 mm och 300 mm anslutningsledningarna för dike 1 bytes mot en 1400 mm ledning.









DELTAGANDE DIKE

INGET

DIKE 1

DIKE 1+2

DIKE 1+2+3

Obs! Beräknade trycknivåer över markyta är orealistiskt höga

markyta

Brunns botten

y (m) a

+22.0

+21.0

+20.0

+19.0

+18.75

+18.0

+17.0

+16.0

+15.75

0

x

12

16

20

24

28

32

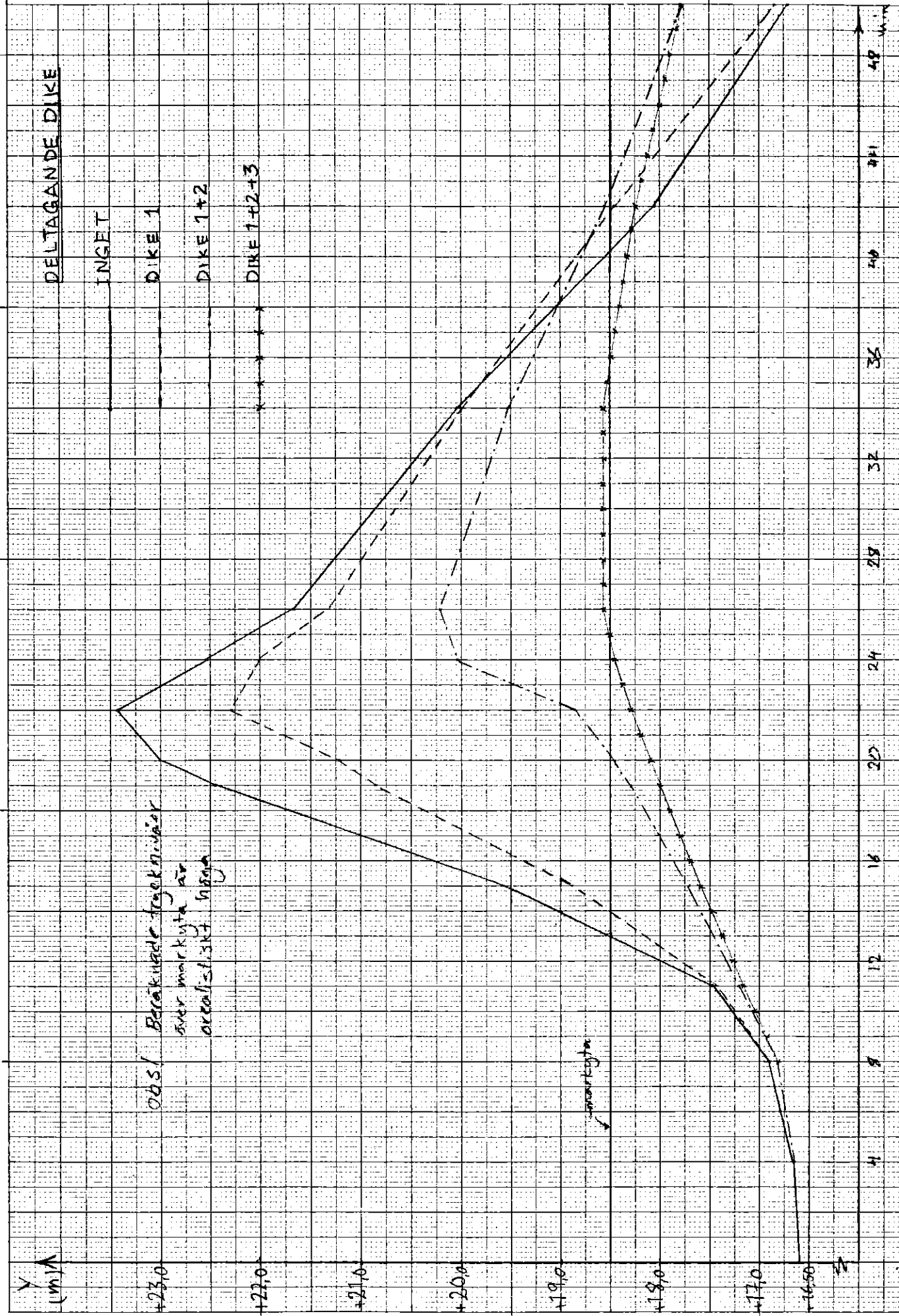
36

40

44

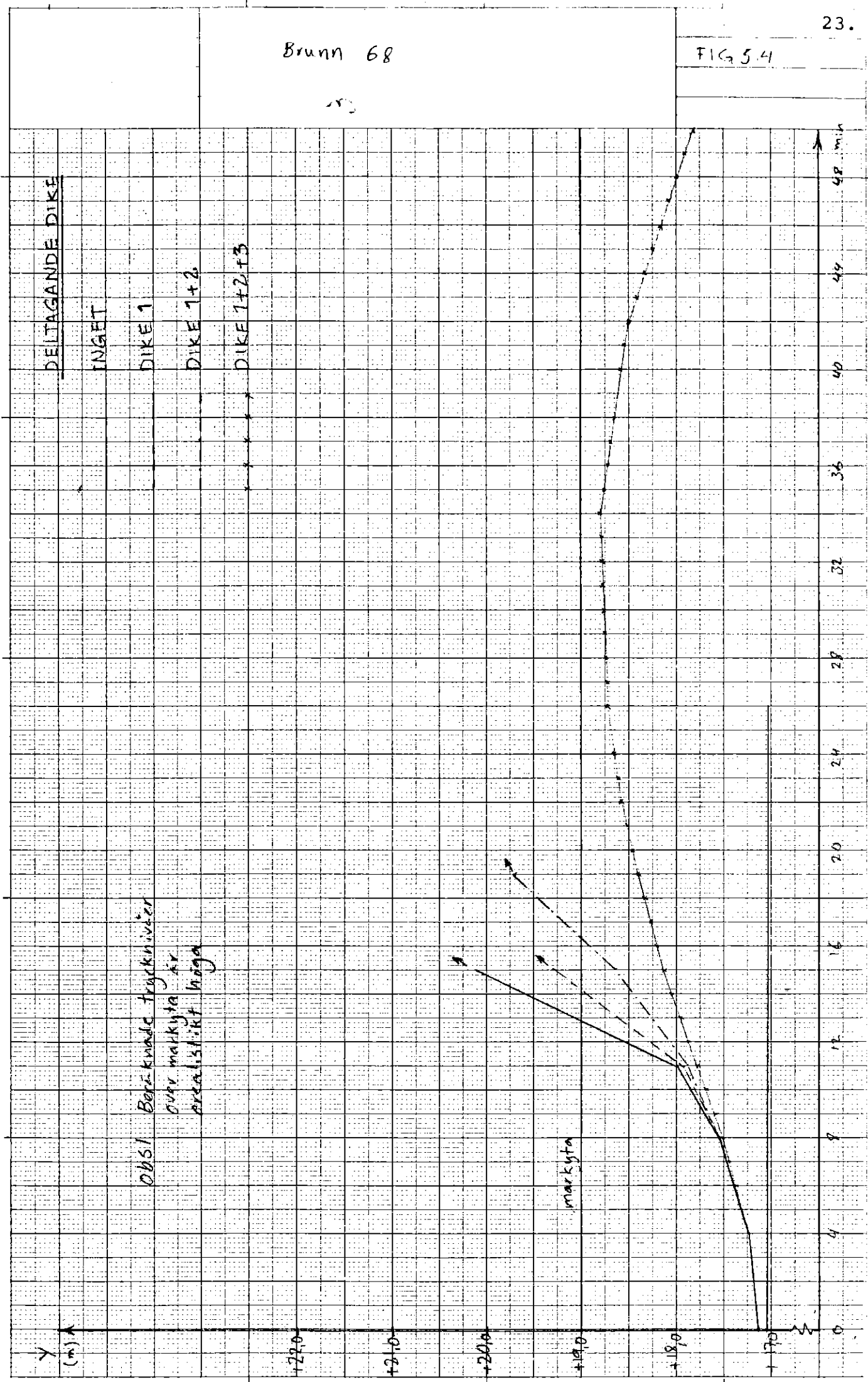
48

52



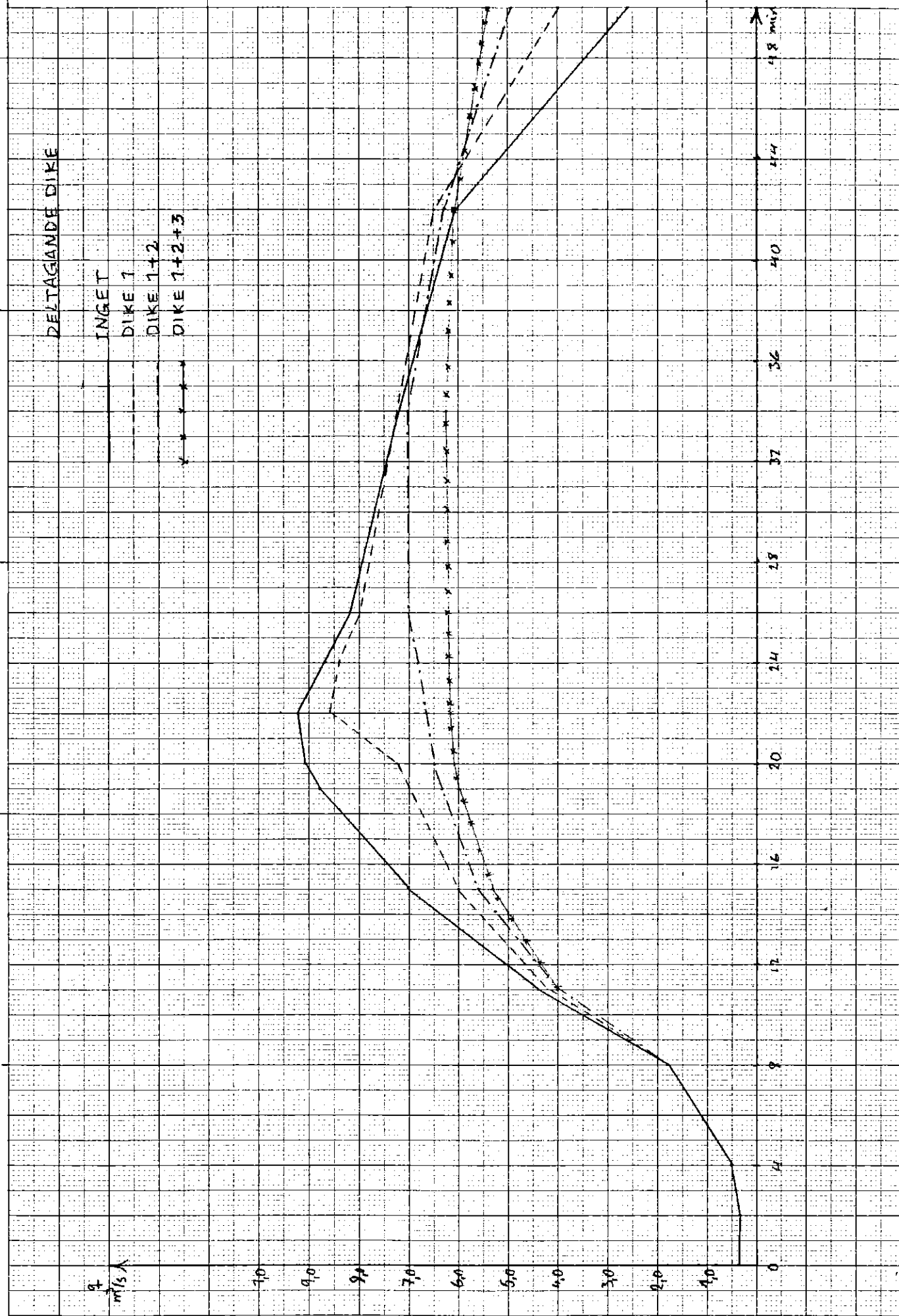
Brunn 68

FIG 5.4



Vattensflöde vid utloppet av systemet

FIG 5.5



DELTAGANDE DIKE

INGET

DIKE 1

DIKE 1+2

DIKE 1+2+3

m^3/s

48 km

44

40

36

32

28

24

20

16

12

8

4

0

BILAGA A

Delområdena och deras anslutningspunkter

(Karteringen har gjorts av Göteborgs VA-verk)

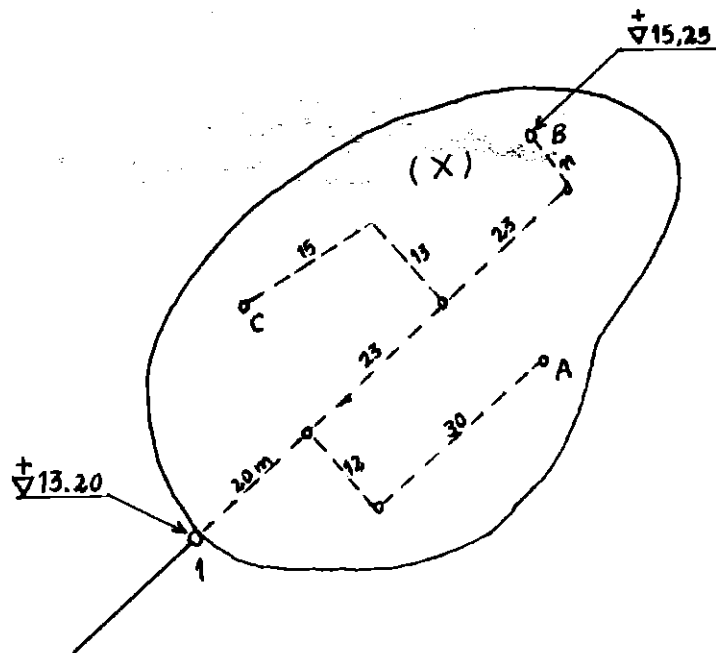
Delområde nr.	Ansluter i punkt nr:	Ansluter på sträckan:	Hela ytan [m ²]	Härdgjord yta [m ²]
1	16		161555	27027
2		19-42	233172	24152
3		18-39	31037	18707
4	17		7686	5161
5		16-34	129123	43292
6	15		29952	6364
7	14		31879	11729
8		14-31	128265	45446
9	13		70934	14695
10		13-31	54454	15008
11	12		12654	4272
12		12-32	75300	36220
13		31-32	36844	19360
14		15-34	50059	29043
15		32-35	62671	29528
16	8		39832	7459
17		34-35	18763	1856
18		17-36	25337	15993
19		8-48	87732	31924
20	11		73114	27861
21		35-36	17289	10845
22		11-36	35797	16685

Delområde nr.	Anslutar i punkt nr:	Anslutar på sträckan:	Hela ytan [m ²]	Härdgjord yta [m ²]
23	7		46920	9504
24		7-49	69722	33816
25	10		15355	12736
26	52		11399	3196
27		10-52	60238	24354
28		48-49	35340	20330
29		9-52	81963	36270
30		36-37	141751	51007
31		39-40	5808	4276
32		20-44	195908	39140
33	46		115174	—
34		21-46	116330	3833
35		23-57	184395	46267
36		46-47	20459	9303
37		42-44	15827	11709
38		40-45	17311	11916
39		37-45	42916	20200
40		52-53	72366	34577
41		45-54	27140	15703
42		49-50	54772	15375
43	6		25515	13688
44		50-51	25115	25037
45		6-51	21341	12525

Delområde nr.:	Anslutar i punkt nr:	Anslutar på sträckan:	Hela ytan [m ²]	Härdgjord yta [m ²]
46	3		12913	5630
47		3-63	149825	46720
48			65370	7433
49	5		20792	6152
50	59		18571	6354
51		51-53	11435	6295
52		53-54	64785	39768
53		22-47	119475	58831
54		5-59	63403	15288
55		57-58	18635	17553
56		54-58	68050	46504
57		58-60	31373	24232
58		55-57	27439	23631
59		24-55	25019	14045
60		25-56	68751	34990
61		56-57	47020	24941
62		26-65	152438	64481
63		59-60	70332	34474
64		4-64	42745	20110
65		64-69	54121	12898
66		60-61	28867	12353
67		61-69	67292	25382
68	66		30981	17673

Delområde nr:	Anslutari punkt nr:	Anslutar på sträckan:	Hela ytan [m ²]	Härdgjord yta [m ²]
69		65-66	14462	6243
71		66-69	58517	34536
72		70-73	48584	16998
73		1-70	83382	25212
74		2-70	151705	27350
75		63-64	55575	11220
76		27-74	24453	10146
77		69-73-77	21570	8525
78		77-78	56192	11735
			<u>4440325</u>	<u>1628459</u>

BILAGA B

Beräkningsexempel för koncentrationstid

Antag att nederbörden på delområde (x) genom skisserade ledningar rinner till punkt 1. Genom mätning fås att lägsta punkten till punkt 1 är punkt B med längden 77 m. Då fås

$$L_{h80} = 77 + 80 = 157$$

$$S_h = \frac{15,25 - 13,20}{77} = 0,027$$

$$A_{del} = \text{hårdgjord ytas area [ha]}$$

Antag att $A_{del} = 0,25$ [ha] och intensiteten (i) = 110 [l/s·ha]. Vi väljer värde alt. 2. Koncentrationstiden blir

$$t_c = 0,490 \cdot \frac{157^{0,5}}{110^{0,32} \cdot 0,25^{0,10} \cdot 0,027^{0,26}} = 4,00 \text{ (min)}$$

Kan lätt beräknas med programmerbara räknedosor, se bilaga C.

BILAGA C

Beräkning av koncentrationstiden med programmet KONCTID-D
(efter Lyngfelt, 1981)

Beräkningsprogrammet bestämmer koncentrationstiden ur ekvationen

$$t_c = k1 \cdot \frac{L_{h80}^{pL}}{i^{pi} \cdot A_{del}^{pA} \cdot S_h^{pS}}$$

där t_c = koncentrationstid (min)

L_{h80} = längden av den lägst bort belägna punkten till systemet plus 80 (m)

i = regnintensitet (l/s·ha)

A_{del} = deltagande area (ha)

S_h = lutning (m/m)

Konstanten respektive exponenterna läggs som minnen för att möjliggöra lätt övergång mellan alternativen enligt tabell

variabel	minne	värde alt 1	värde alt 2	värde alt 3
+K1	1	0.079	0.490	$0.176 \cdot n^{0.75}$ *
+pL	2	+0.71	0.50	1.0
-pi	3	-0.32	-0.32	-0.25
-pA	4	-0.05	-0.10	-0.25
-pS	5	-0.35	-0.26	-0.375

OBS! Exponenterna i nämnaren läggs in i minnena med negativt tecken.

* n mellan 0.011 och 0.016.

Arbetsgång:

I matning av programmet

*CP
LRN
00
,
,
,
28
LRN

II matning av parametrar minne	1	K1	(0.00722)
	2	pL	(1.048)
	3	-pi	(-0.32)
	4	-pA	(-0.208)
	5	-pS	(-0.375)
	6	L _{h80}	(617)
	7	i	(40)
	8	A _{del}	(4.0)
	9	S _h	(0.038)

III körning

RST
R/S

↓
display t_c (4.75827486)

De inom parentes givna värdena utgör ett testexempel.

CODING FORM ~ KODEFORM ~ FEUILLE DE PROGRAMMATION



TITLE / TITEL / TITRE KONCTID-D PAGE / SEITE / PAGE 1 OF / VON / DE 1

PROGRAMMER / PROGRAMMIERER / PROGRAMMEUR S. Lyngfelt DATE / DATUM / DATE 81-03-07

Main table with columns for Loc. Adr., Code, Key Taste, and Comments. It contains 25 rows of data for memory locations 00 to 24, with key codes and symbols like RCL, *, R/S, Y^X, and =.

Registers Register Mémoires table listing memory registers from 0 to 9 with labels: 0, 1 K1, 2 PL, 3 -pI, 4 -pA, 5 -pS, 6 L_h80, 7 I, 8 A_del, 9 S_h.

NOTES ANMERKUNGEN NOTES table with multiple empty rows for user notes.

Koncentrationstid för respektive anslutningspunkt-sträcka

Brunn nr.	Område nr.	Hårdjord yta Adel [ha]	L_{H80} m	S_H	t_c [min]
1					0
2					0
3	46	0,5630	280	0,031	3,32
5	49	0,6152	240	0,027	3,12
6	43	1,3688	452	0,006	7,92
7	23	0,9504	125	0,01	2,71
8	16	0,7459	180	0,01	3,56
10	25	1,2736	188	0,01	3,57
11	20	2,7861	828	0,01	9,82
12	11	0,4272	176	0,010	3,60
13	9	1,4695	452	0,008	7,13
14	7	1,1729	320	0,033	3,44
15	6	0,6364	304	0,029	3,58
16	1	2,7027	360	0,005	6,95
17	4	0,5161	248	0,028	3,17
27	70	0,6243	220	0,017	3,43
46	33	0,1000	292	0,010	5,54
52	26	0,3196	230	0,01	4,45
59	50	0,6354	248	0,029	3,10
66	68	1,7673	250	0,01	4,30

Ledning nr.	Område nr.	Hårdgjord yta A _{del} [ha]	L _{H80} [m]	S _h	t _c [min] ^{D2}
1	73	2,5212	600	0,010	7,85
2	74	2,7350	630	0,040	4,98
3	47	2,3360	190	0,069	1,78
4	64	2,0110	156	0,01	3,06
5	54	1,5268	80	0,01	2,64
6	45	1,2525	80	0,01	1,95
7	24	3,3816	160	0,01	3,04
8	19	3,1924	440	0,01	6,23
9	29	3,6270	410	0,01	5,90
10	27	2,4354	210	0,01	3,74
11	22	1,6684	260	0,023	3,32
12	12	3,6220	440	0,010	6,19
13	10	1,5008	250	0,065	2,25
14	8	4,5446	380	0,065	2,87
15	14	2,9043	260	0,050	2,46
16	<u>5</u>	2,8861	260	0,013	3,93
17	18	1,5493	80	0,01	1,93
18	<u>3</u>	0,9356	80	0,01	1,90
19	<u>2</u>	1,2076	80	0,01	1,96
20	32	3,9140	480	0,01	6,56
21	34	0,3833	200	0,01	3,96
22	53	5,8831	170	0,01	3,08

Ledning nr.	Område nr.	fläddjordytan A _{del} [ha]	L _{h80} [m]	S _n [m/m]	t _c [min]
23	35	4,6267	100	0,021	1,65
24	59	1,4045	80	0,010	1,94
25	60	3,4990	270	0,012	4,12
26	62	6,4481	230	0,036	2,43
27	76	1,0146	80	0,010	1,98
28					
29,					
30					
31	13	1,9360	200	0,100	1,64
32	15	1,4764	220	0,003	6,03
33	<u>5</u>	1,4431	220	0,025	2,88
34	17	0,1856	130	0,015	2,62
35	21	1,0845	80	0,010	1,96
36	30	5,1007	360	0,008	5,71
37	39	2,0200	450	0,026	4,63
38	<u>3</u>	0,4678	240	0,028	4,00
39	31	0,4276	80	0,010	2,05
40	38	1,916	80	0,010	1,96
41	<u>2</u>	1,2076	300	0,010	4,98
42	<u>37</u>	0,5593	80	0,010	2,03
43	<u>37</u>	0,6323	80	0,010	2,02

Ledning nr.	Område nr.	Hårdgjordytan A _{del} [ha]	L _{h80} [m]	S _h [m/m]	t _c [min]
44	—	—			
45	41	1,5703	290	0,044	2,86
46	36	0,9303	190	0,020	2,86
47	—	—			
48	28	2,0330	80	0,010	1,91
49	42	1,5375	230	0,010	4,08
50	44	2,5037	80	0,010	1,88
51	51	0,6295	80	0,010	2,02
52	40	3,4577	320	0,010	4,95
53	52	3,9768	320	0,010	4,92
54	56	4,6504	370	0,011	5,41
55	58	2,3631	260	0,010	4,36
56	61	2,4941	140	0,010	2,80
57	55	1,7553	80	0,010	1,92
58	57	2,4232	290	0,010	4,70
59	63	3,4474	560	0,032	4,90
60	66	1,2353	270	0,006	5,52
61	67	2,5382	500	0,010	6,90
62	47	2,3360	250	0,069	2,16
63	75	1,1220	410	0,024	4,60
64	65	1,2898	520	0,010	7,34
65	69	1,3389	130	0,025	2,00
66	71	3,4536	340	0,007	5,85

Ledning nr.	Område nr.	Härdgjord yta A del [ha]	L_{h80} [m]	S_h [m/m]	t_3 [min]
67	—	—			
68	71	0			
69	77	0,2842	80	0,010	2,10
70	72	1,6998	270	0,016	3,86
71	—	—			
72	—	—			
73	77	0,2842	80	0,010	2,10
74	77	—			
75	—	—			
76	77	0,2842	88	0,010	2,25
77	78	1,1735	380	0,010	6,00

Beräkning av förlustkoefficient för brunnarna , COUT

Förlustkoefficienten beräknas med formeln (se avsnitt 4.2)

$$K_r = K_e + 1 - \left(\frac{Q_{in}}{Q_{ut}}\right)^2 \cdot \left(\frac{D_{ut}}{D_{in}}\right)^4$$

där $K_e = 0,2 + 1,1 \left(\frac{\varphi}{90^\circ}\right)$

φ = huvudledningens vinkeländring

Brunn nr.	D_{ut}	D_{in}	φ	K_e	$\left(\frac{Q_{in}}{Q_{ut}}\right)$	K_r
1-30						0,01
31	0,800	0,600	40	0,7	0,640	0,40
32	0,800	0,800	80	1,2	0,723	1,68
33	0,800	0,800	0	0,2	1,000	0,2
34	1,200	1,200	0	0,2	0,682	0,73
35	1,400	1,200	0	0,2	0,395	0,91
36	1,600	1,400	15	0,4	0,814	0,27
37	1,800	1,800	0	0,2	1,000	0,2
38	0,500	0,500	0	0,2	1,000	0,2
39	0,500	0,500	0	0,2	1,000	0,2
40	0,600	0,600	0	0,2	1,000	0,2
41	0,500	0,500	0	0,2	1,000	0,2
42	0,800	0,600	0	0,2	1,000	-2,0
43	0,800	0,800	0	0,2	1,000	0,2
44	1,000	0,800	90	1,3	0,312	2,06
45	1,800	1,800	0	0,2	0,813	0,54
46	0,800	0,600	25	0,5	0,761	-0,33
47	2,000	2,000	0	0,2	0,883	0,42
48	0,800	0,800	80	1,2	0,985	1,23

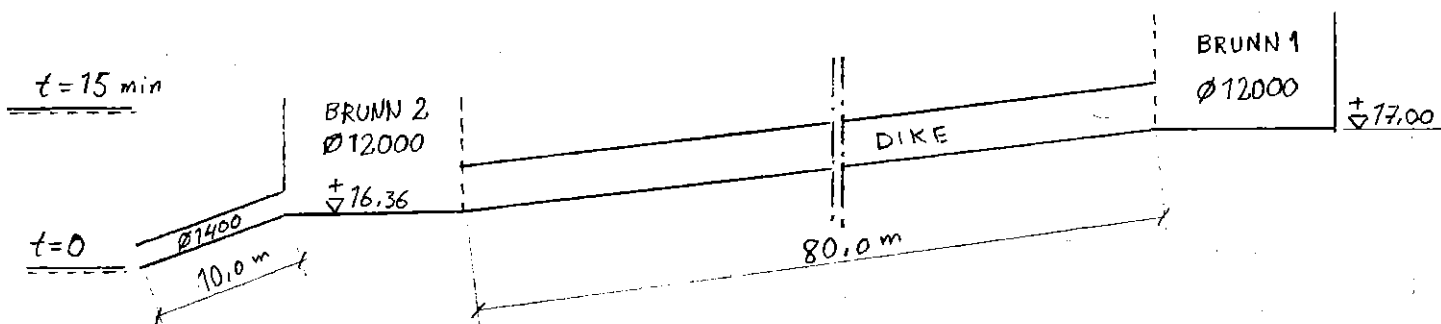
Brann nr.	D_{ut}	D_{in}	ψ	k_e	$\frac{Q_{in}}{Q_{ut}}$	κ_r
49	0,800	0,800	20	0,4	0,582	1,06
50	1,000	0,800	40	0,7	1,000	-0,74
51	1,200	1,000	50	0,8	0,852	0,29
52	1,000	0,600	0	0,2	0,479	-0,57
53	1,200	1,200	90	1,3	0,613	1,92
54	2,000	2,000	0	0,2	0,626	0,81
55	0,600	0,600	20	0,4	0,964	0,47
56	0,600	0,600	0	0,2	1,000	0,2
57	0,800	0,800	20	0,4	0,287	1,32
58	2,000	2,000	0	0,2	0,857	0,46
59	0,450	0,375	70	1,0	0,811	0,64
60	2,000	2,000	0	0,2	0,948	0,3
61	2,000	2,000	0	0,2	1,000	0,2
62	0,525	0,525	0	0,2	1,000	0,2
63	0,750	0,600	80	1,2	0,993	-0,21
64	0,900	0,900	0	0,2	0,761	0,62
65	0,800	0,600	60	0,9	0,992	-1,2
66	0,800	0,800	70	1,0	0,848	1,28

Braun nr.	D_{ut}	D_{in}	φ	k_e	$\frac{Q_{\text{in}}}{Q_{\text{ut}}}$	k_v
67						0,07
68	1,000	1,000	0	0,2	1,000	0,2
69	2,000	2,000	0	0,2	0,968	0,26
70	0,900	0,750	80	1,2	0,511	1,66
71						0,07
72	1,000	0,900	0	0,2	0,390	0,97
73	2,000	2,000	0	0,2	1,000	0,2
74	1,600	2,000	50	0,8	1,000	1,4
75						0,07
76	1,500	1,600	50	0,8	0,959	1,1
77	1,500	1,500	0	0,2	1,000	0,2
78						0,07

Test av DAGVL-DIFFs förmåga att beräkna inströmning i ett dike.

När trycknivån i den brunn, där diket är anslutet, stiger över ett visst värde får vi inströmning i diket. I detta test-exempel har vi därför som nedströms randvillkor för diket en stigande vattenytan, vilket ger inströmning via en anslutningsledning till diket.

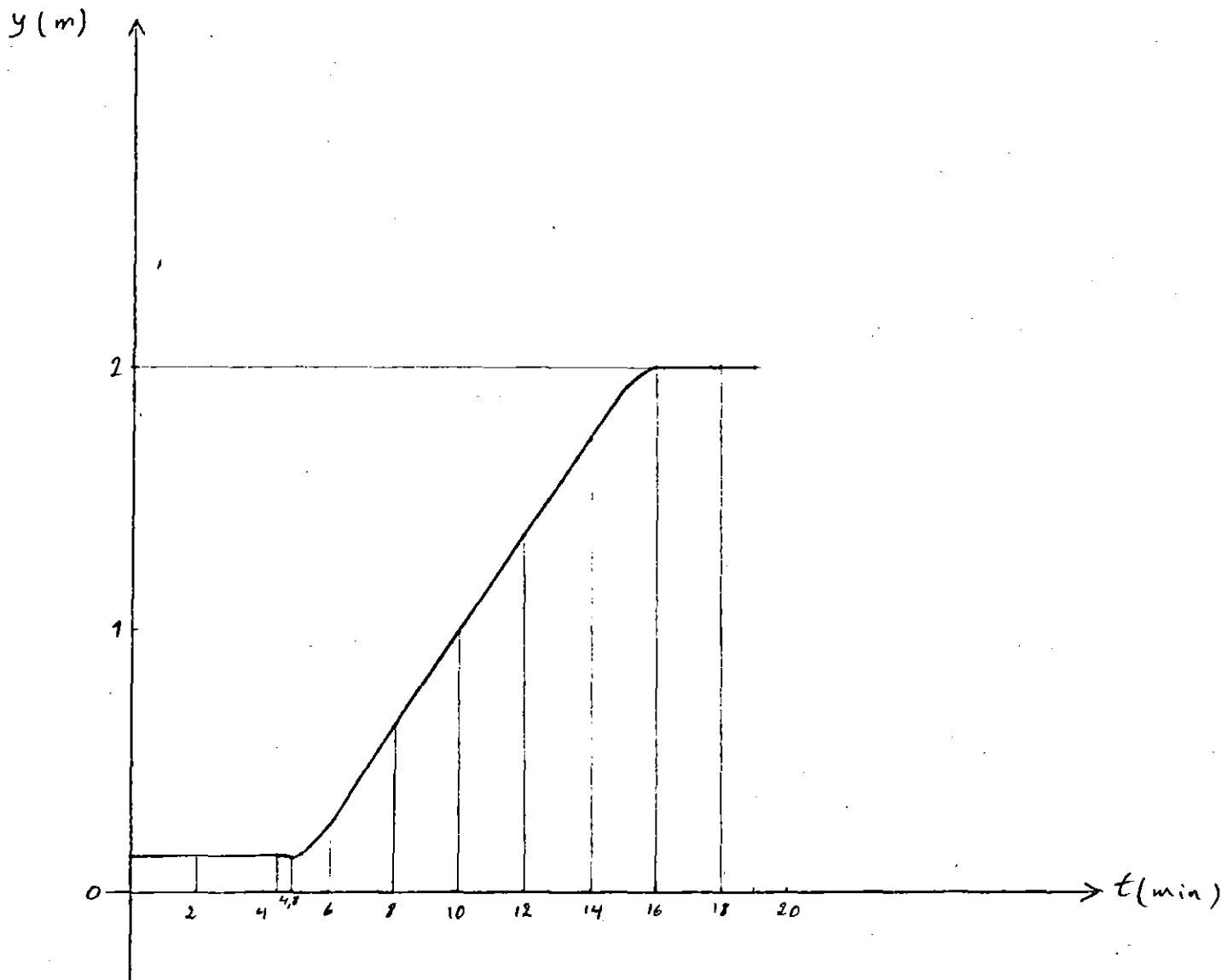
Här testar vi ett enskilt dike med ovannämnda villkor. Vi har antagit att vattenytan i nedströmspunkten stiger under 15 minuter från plushöjden $\nabla 15,58$ m till $\nabla 18,36$ m för att därefter ligga konstant på denna nivå. Det testade diket är dike 1 enligt figur 1.



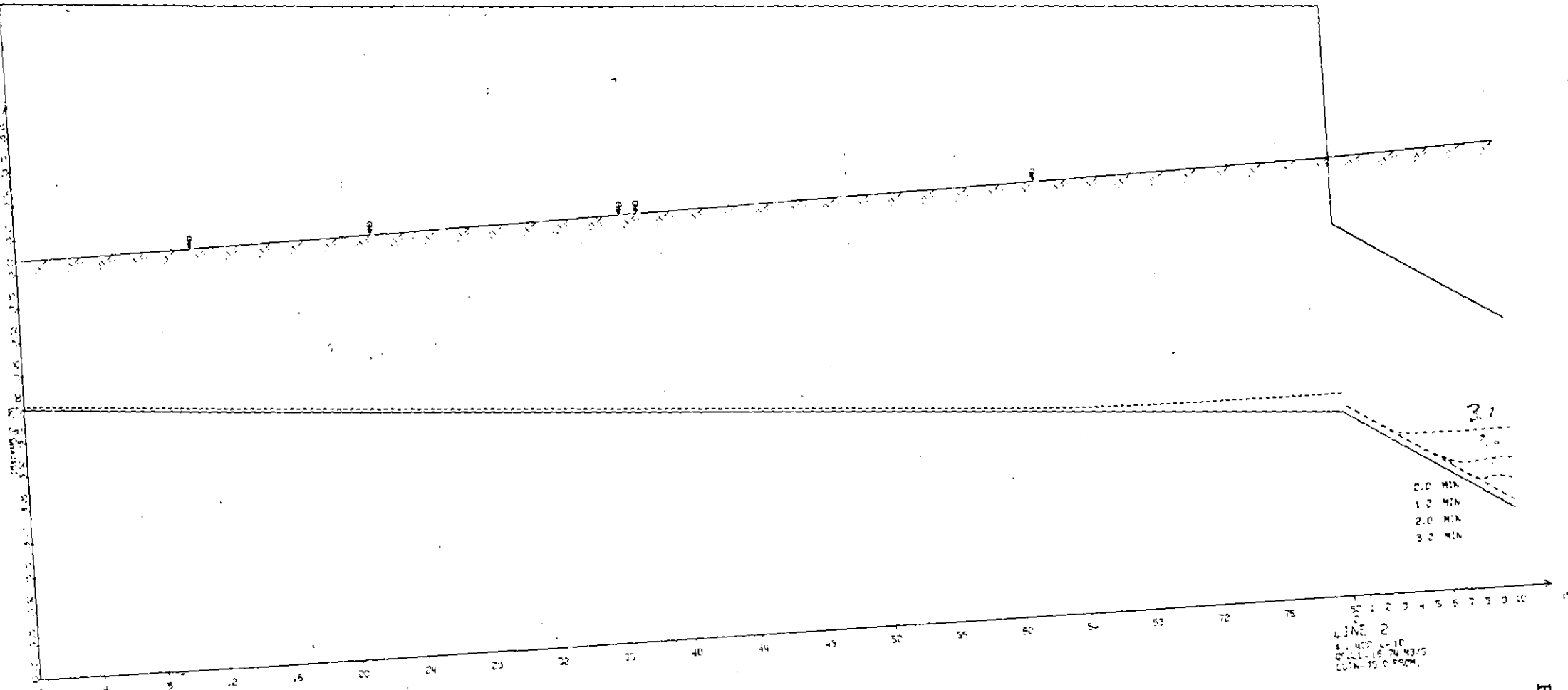
Figur 1 Antagen modell för testberäkning

Resultat av testen visar hur vattennivån stiger som funktion av tiden i diket, se fig. 2,3,4 och 5. Nivåskillnaden mellan brunnen och diket representerar tryckförlusten vid inströmningen i diket.

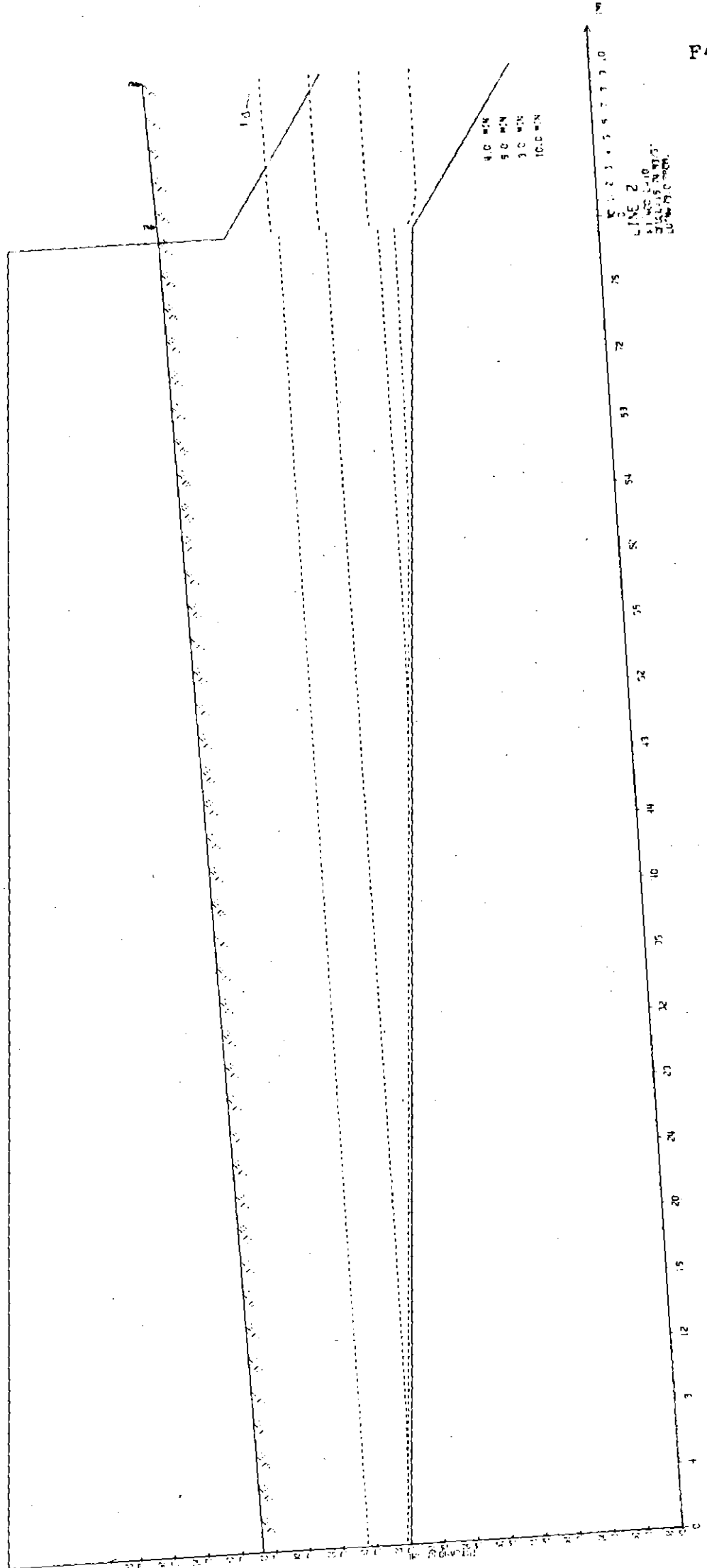
Flödet som funktion av tiden visas i figur 6. Som framgår av figuren rinner ett konstant flöde ut från diket under de första minuterna. Detta är basflödet, som i verkligheten inte existerar. (DAGVL-DIFF klarar inte helt torr ledning). Därefter börjar flödet att strömma in i diket med ökande intensitet och får sitt toppvärde ungefär vid den tidpunkt då vattenståndet når sitt högsta värde i nedströmsbrunnen. Sedan sänks inströmningsintensiteten kraftigt under väldigt kort tid och därefter får vi åter en utströmning lika med basflödet.



Figur 2 Vattennivån i utloppet av dike 1



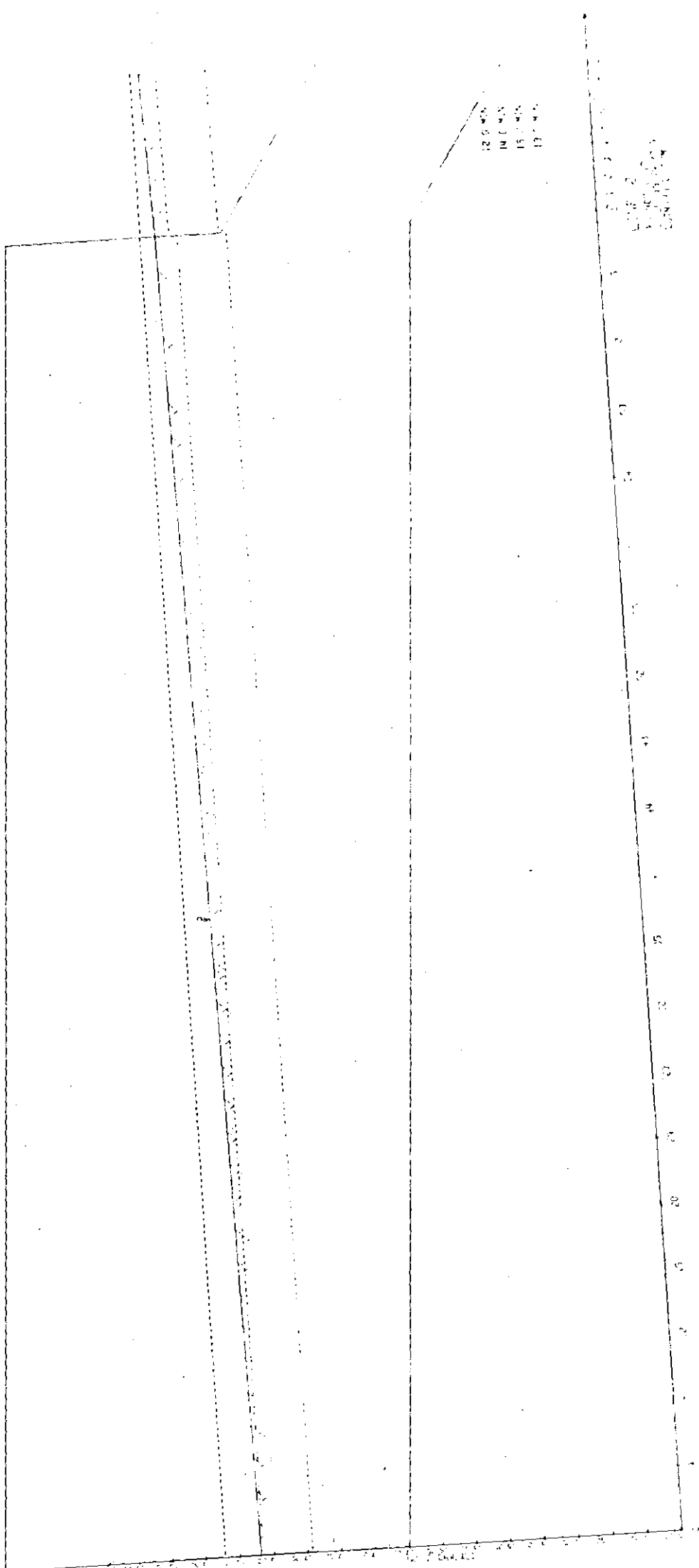
Figur 3 Vattennivåutvecklingen under tiden 0,0 till 3,2 min.



Figur 4 Vattennivåutvecklingen under tiden 4,0 - 10,0 min.

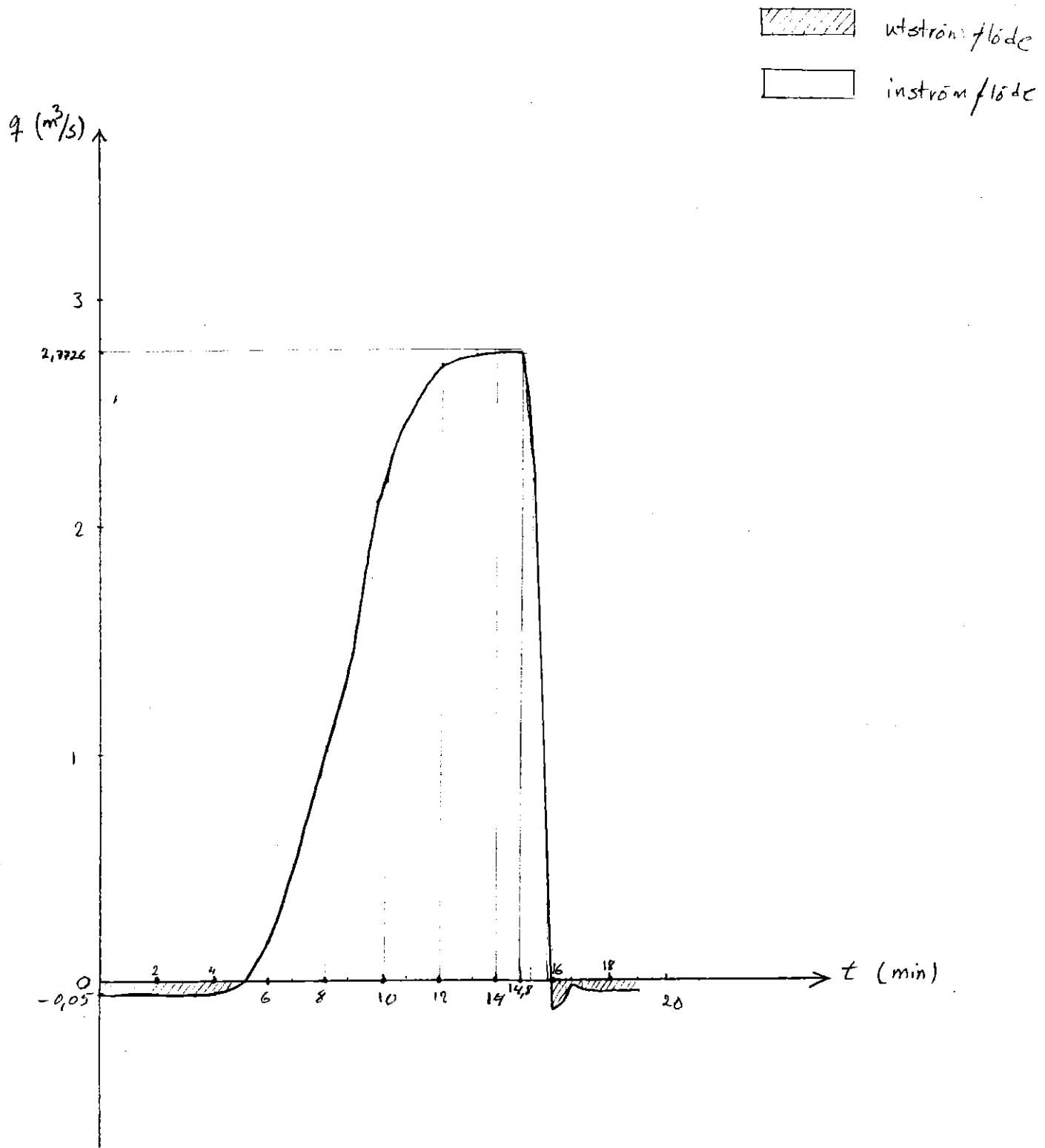
LINE 1
4,0 MIN
5,0 MIN
3,0 MIN
10,0 MIN

LINE 2
4,0 MIN
5,0 MIN
3,0 MIN
10,0 MIN



Figur 5 Vattennivåutvecklingen under tiden 12,0 - 18,0 min.

LINE 1
LINE 2
LINE 3
LINE 4



Figur 6 Flöde i utloppet av dike 1

REFERENSER

- A. Sjöberg (1976): Beräkning av icke stationära flödesförlopp i reglerade vattendrag och dagvattensystem. Meddelande nr 87, Institutionen för vattenbyggnad, Chalmers tekniska högskola. Göteborg 1976.
- A. Sjöberg (1981): The sewer network models DAGVL-A and DAGVL-DIFF. Rapport Serie B:28, Institutionen för vattenbyggnad, Chalmers tekniska högskola, Göteborg 1981.
- S. Lyngfelt (1981): Dimensionering av dagvattensystem. Rationella metoden. Meddelande nr 56, Geohydrologiska forskningsgruppen, Chalmers tekniska högskola, Göteborg 1981.
- S. Lyngfelt (1981): Beräkning av koncentrationstid och dimensionerande regnintensitet i rationella metoden med räknedosa. Report Series C:14, Institutionen för vattenbyggnad, Chalmers tekniska högskola, Göteborg 1981.
- H. Strandner (1983): ILL-DIFF. Ett datorprogram för sammankoppling av dagvattenmodellerna ILLUDAS och DAGVL-DIFF. Koncept. Chalmers tekniska högskola. Göteborg 1983.
- VAV (1976): Svenska vatten- och avloppsverksföreningen: Anvisningar för Beräkning av allmänna avloppsledningar.
- K. Cederwall och P. Larsen (1976): Hydraulik för väg- och vattenbyggare. Liber Läromedel.