



Institutionen för vattenbyggnad
Chalmers Tekniska Högskola

Department of Hydraulics
Chalmers University of Technology

KVÄVEFÄLLA I VESELÅNGEN

Teknisk utformning

av

Marika Lundborg och Christian Ekstedt



Institutionen för vattenbyggnad
Chalmers tekniska högskola

Department of Hydraulics
Chalmers University of Technology

KVÄVEFÄLLA I VESELÅNGEN

TEKNISK UTFORMNING

av

Marika Lundborg och Christian Ekstedt

Examensarbete

Nr. 1991:6

Göteborg 1991

Adress: Institutionen för Vattenbyggnad
Chalmers Tekniska Högskola
412 96 GÖTEBORG

Telefon: 031-772 10 00

Telefax: 031-772 21 28

FÖRORD

Våtmarker kan utgöra kvävefällor och anläggas i olika vattendrag för att minska kvävetillförseln till havet och på så sätt också minska risken för övergödning. I Marks kommun har diskuterats möjligheterna till att åter skapa en del av den tidigare sänkta sjön Veselången i Viskans huvudfåra. Men ännu har inga beslut tagits. Ytterligare utredningar behöver göras, t ex av hur effektiv en kvävefälla i Veselången kan tänkas bli med tanken på vattenhastighet mm.

Denna rapport beskriver hur eventuella dammanläggningar kan utformas och effekterna av olika dämningar på vattennivåer mm. Författarna är ensamma ansvariga för rapporten och den kan inte åberopas som kommunens ståndspunkt.

Lennart Henrikson
kommunbiolog

FÖRFATTARNAS FÖRORD

Föreliggande rapport är ett examensarbete vid institutionen för vattenbyggnad, sektionen för väg- och vattenbyggnad, CTH. Rapporten är gjord i samarbete med miljökontoret, Marks kommun i Kinna.

Vi vill tacka:

Steffen Häggström, vår handledare på institutionen för vattenbyggnad

Lennart Henriksson, initiativtagare på miljökontoret i Kinna

Sven-Erik Bergström, biolog på miljökontoret i Kinna

Uno Wictorsson, ingenjör på anläggningsavdelningen, NCC Väst

Alla markägare runt Veselången som låtit oss göra mätningar på deras mark och som på andra sätt hjälpt oss, ingen nämnd ingen glömd.

Marika Lundborg

Christian Ekstedt

INNHÅLLSFÖRTECKNING

FÖRTECKNING ÖVER FIGURER OCH TABELLER	1
SAMMANFATTNING	3
INLEDNING	4
FÖRSLAG PÅ PLACERING OCH UTFORMNING AV DAMMEN	6
VATTENFÖRING OCH FLÖDESvariationer	7
KONSEKVENSER PÅ VESELÅNGEN	8
KOSTNADSANALYS AV DAMMFÖRSLAGEN	20
AVSLUTNING	22
REFERENSER	23

Bilaga A - formler, beräkningar och antaganden

Bilaga B - ritningar över dammarnas utformning

FÖRTECKNING ÖVER FIGURER OCH TABELLER

Figur

1. Veselången utmärkt på Viskans avrinningsområde.	5
2. Dammarnas placering nedströms och uppströms sjön Dran.	6
3. Principskiss för dammarnas utformning.	7
4. Månadsmedelvattenföringen för max-, medel- och minår.	8
5. Sjöarean som funktion av vattennivån.	9
6. Sjövolymen som funktion av vattennivån.	10
7. Områden täckta med vatten vid dammförslag II(+8,25) vid olika årsflöden under perioden 1909-1975.	11
8. Vattennivån som funktion av flödet under stationära förhållanden (flödesintervall: 1-20 m ³ /s).	12
9. Vattennivån som funktion av flödet under stationära förhållanden (flödesintervall: 20-280 m ³ /s).	13
10. Medelvattennivån under månaderna ett medelår.	14
11. Vattennivån under lågvattenperiod då icke stationära förhållanden råder.	15
12. Vattennivån under högvattenperiod då icke stationära förhållanden råder.	16
13. Omsättningstiden som funktion av flödet (flödesintervall: 1-10 m ³ /s).	18

14. Omsättningstiden som funktion av flödet
(flödesintervall: 20-280 m³/s). 19

Tabell

1. Max-, medel- och minårsflöden för max-, medel- och minår. 8
2. Flödet som råder under respektive dygn under lågvattenperioden och högvattenperioden. 17

SAMMANFATTNING

Kvävetillskottet till havet via åar utgör ett allvarligt och akut hot för havsmiljön. Olika metoder för att minska detta måste användas. En metod är att skapa en kvävefälla, vilket ger en hög kvävereduktion genom att ett stort område är täckt av grunt vatten under större delen av året. Ett område i Viskan, planerat att användas som kvävefälla, har undersökts. Området kallas Veselången, en tidigare sänkt sjö, och är en del av ån på gränsen mellan Västergötland och Halland. Två dammalternativ med två olika tröskelnivåer har analyserats. Analysen innefattar dämningseffekter och en översiktlig kostnadskalkyl för respektive dammalternativ.

Den genom dämningen uppkomna våtmarksytan varierar mellan cirka 50 och 500 ha beroende på vilket av alternativen man väljer samt vilket flöde man har. Vid medelvattenflöde är arean cirka 260 ha.

Kostnaderna för dammalternativen beräknas till cirka 2,1 respektive 0,8 miljoner kronor. I detta pris ingår enbart bygg- och materialkostnader för dammarna.

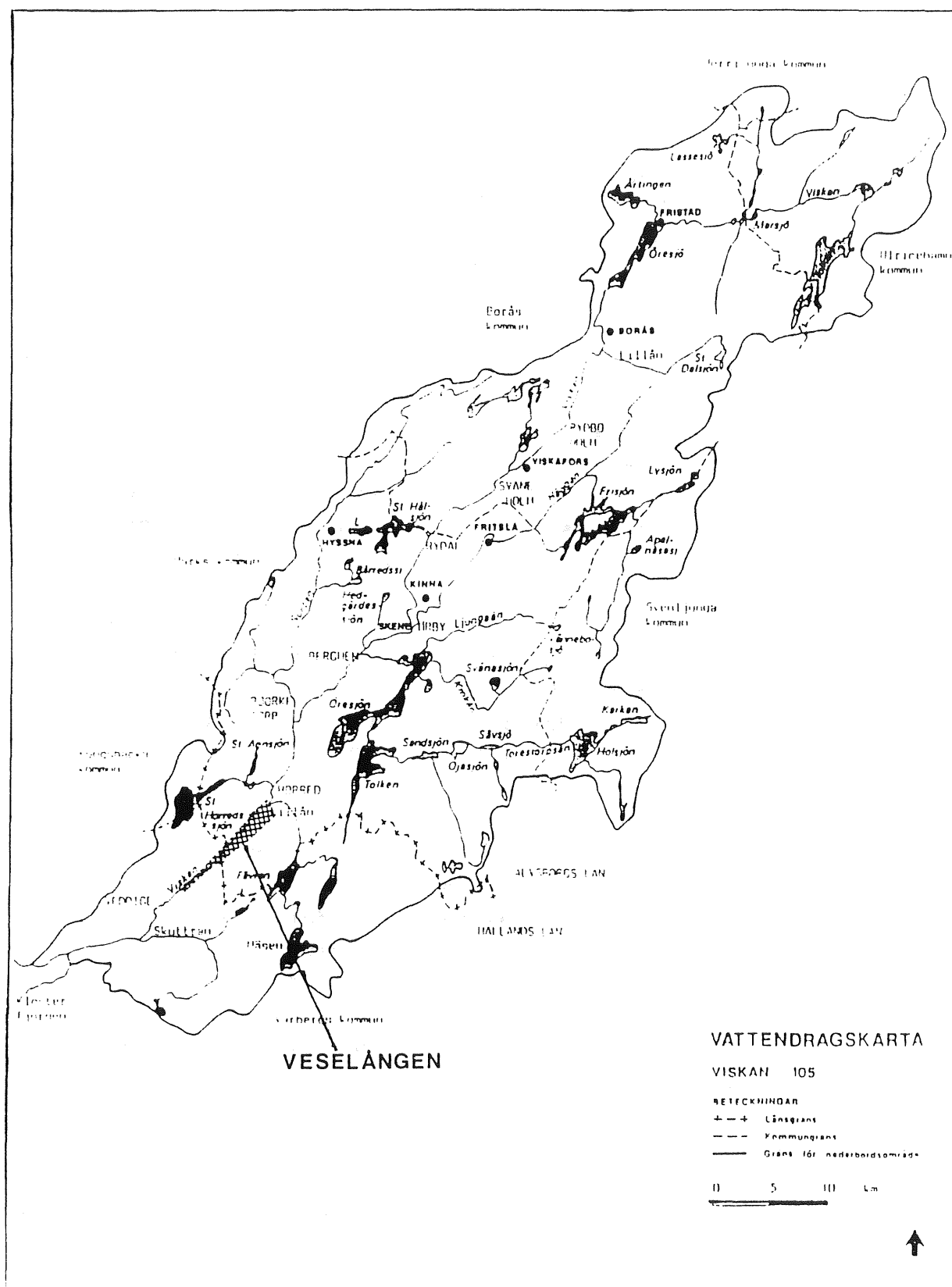
INLEDNING

Problemet med övergödning av våra hav och kustvatten har på senare år blivit alltmer uppmärksammat. Olika metoder för att minska utsläpp och läckage av kväve och fosfor har under åren provats. För att ytterligare minska transporten av näringsämnen från vattendrag ut till havet kan man komplettera dessa metoder med en förbättring av den självrenande förmågan i och utmed vattendragen.

Detta är en teknisk rapport innehållande en förundersökning om möjligheterna att dämma upp en del av ån Viskan för att därigenom återskapa en del av sjön. Det uppdämda området är tänkt att fungera i första hand som kvävefälla, samtidigt som en bra fågelsjö skapas. Området, som ligger mellan Veddige och Horred (se figur 1), kallas Veselången och är en före detta sjö som man tidigare sänkt för att utvinna åkermark.

I rapporten ingår även en enkel kostnadsberäkning av själva dammen. Kostnad för inlösen av mark har ej medtagits. Arbetet är bland annat tänkt att ligga till grund för beräkning av kvävereduktion. En översiktlig beräkning har gjorts av biologen Ulrika Palme (1991).

Observera att underlaget för vår undersökning är relativt bristfälligt. Vi har inte kunnat få tag på tillräckligt noggrant kartmaterial över området och har därför själva fått gå ut och mäta upp aktuella höjdprofiler med avvägningsinstrument. Eftersom området är stort, instrumentet enkelt och fixpunkterna (fasta punkter där höjden tidigare noggrant bestämts) få så reserverar vi oss för noggrannheten i mätningarna. De flesta markägare vi har kommit i kontakt med har varit hjälpsamma och vi har fått göra mätningar på deras mark. Vissa andra blev vi bortkörda av så en del antaganden angående markhöjder på dessa områden har fått göras. Man bör därför betrakta detta examensarbete som en inledande undersökning och sedan, om beslut tas om att arbeta vidare med projektet, göra en mer grundlig undersökning.



FIGUR 1. Veselången utmärkt (skuggad) på Viskans avrinningsområde.

FÖRSLAG PÅ PLACERING OCH UTFORMNING AV DAMMEN

Vi har funnit två platser lämpliga att placera dammen på. Det ena förslaget ligger strax nedströms sjön Dran och det andra cirka 340 meter uppströms Dran, se figur 2. Dessa placeringar anser vi lämpliga på grund av:

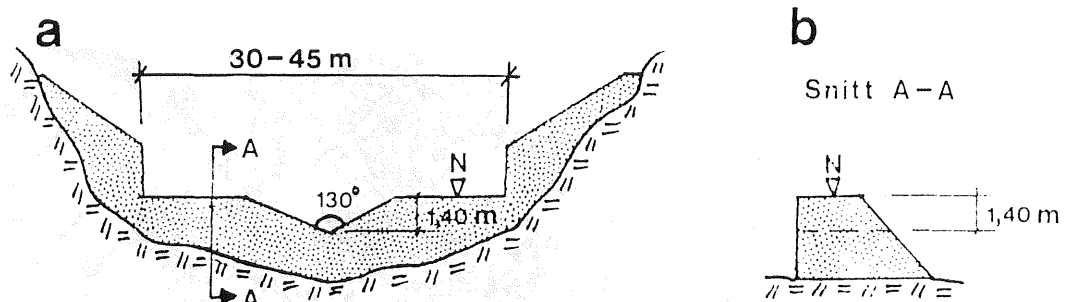
- * Områdenas lättillgänglighet. Det är här förhållandevis lätt att komma intill Viskan med maskiner och utrustning.
- * Profilernas utseende. Vi har här relativt branta och höga älvkanter samt ej alltför brett mellan dessa, se bilaga B.
- * Man utnyttjar så mycket som möjligt av det flacka landskapet för att få en betydande sjöyta med en förhållandevis liten dämning.



FIGUR 2. Dammarnas placering (förslag I och II) nedströms och uppströms sjön Dran.

Vi har valt att undersöka två olika tröskelnivåer för respektive dammplacering. Dessa två nivåer ligger på +8,00 möh och +8,25 möh. Hädanefter benämner vi förslagen nedströms Dran för alternativ I(+8,00) respektive I(+8,25) och förslagen uppströms Dran alternativ II(+8,00) respektive II(+8,25).

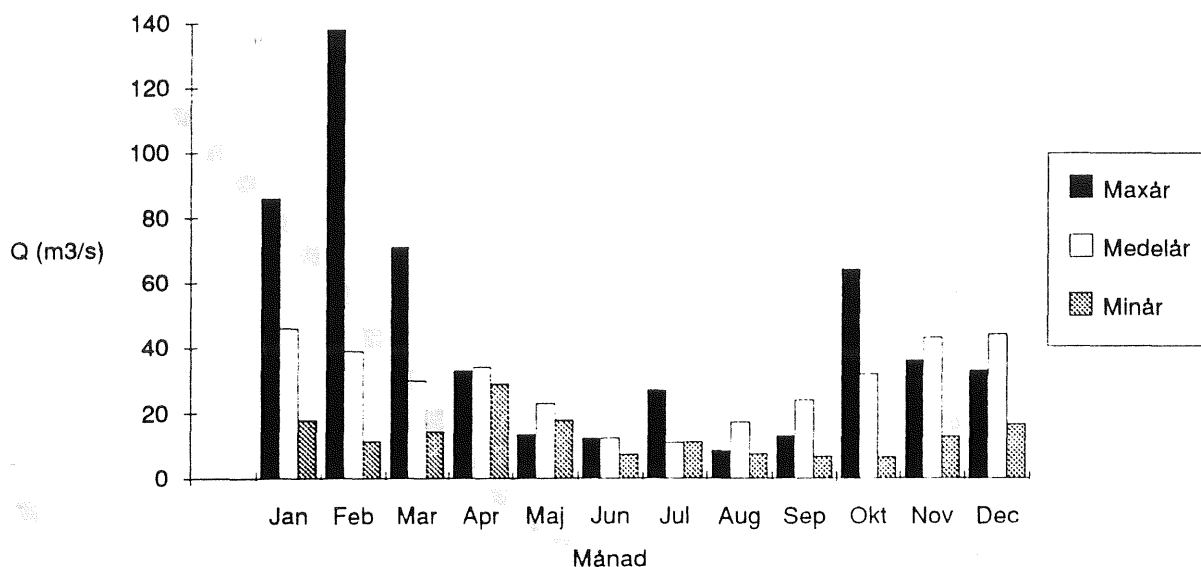
Dammarnas principiella utseende framgår av figur 3. Överfallet är "rundat" rektangulärt samt utformat med ett V-format överfall i mitten av vattendraget. V-överfallet ser till att man även vid låga vattenföringar får ett jämnt utflöde. Detta utformas i alla fyra förslagen med 130° vinkel och 1,40 meters djup och släpper då igenom ett flöde på upp till $7,0 \text{ m}^3/\text{s}$. Vid flöden större än $7,0 \text{ m}^3/\text{s}$ kommer vattnet att rinna över det rektangulära överfallet vilket är dimensionerat för detta.



FIGUR 3. Principskiss för dammarnas utformning sedd framifrån (3a) och från sidan (3b).
(Obs! Figuren är ej skalenlig)

VATTENFÖRING OCH FLÖDESvariationer

Vattenföringen i området kan variera kraftigt under ett år. Figur 4 visar månadsmedelvattenföringen under åren 1909-1975 samt exempel på månadsmedelvattenföring under ett år med extremt högt medelflöde (1990) och ett år med extremt lågt medelflöde (1947). Nedan redovisas i tabell 1 även medel-, max- och minårsflöden under dessa år.



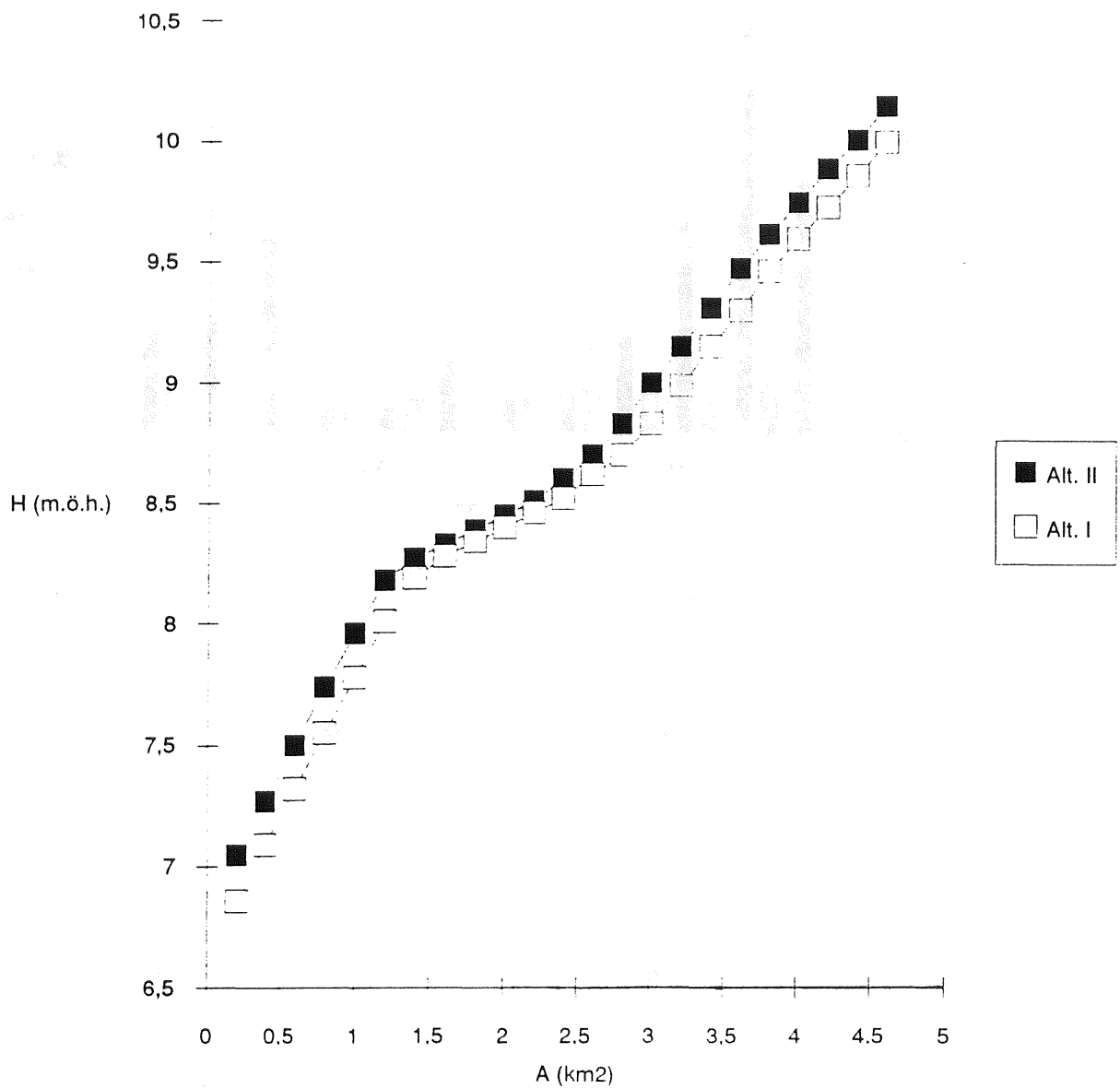
FIGUR 4. Månadsmedelvattenföringen Q (m^3/s) för maxår (1990), medelår (1909-1975) och minår (1947). (Källa: SMHI)

TABELL 1. Max-, medel- och minårsflöden Q (m^3/s) för åren 1909-1975 samt åren 1947 och 1990. (Källa: SMHI)

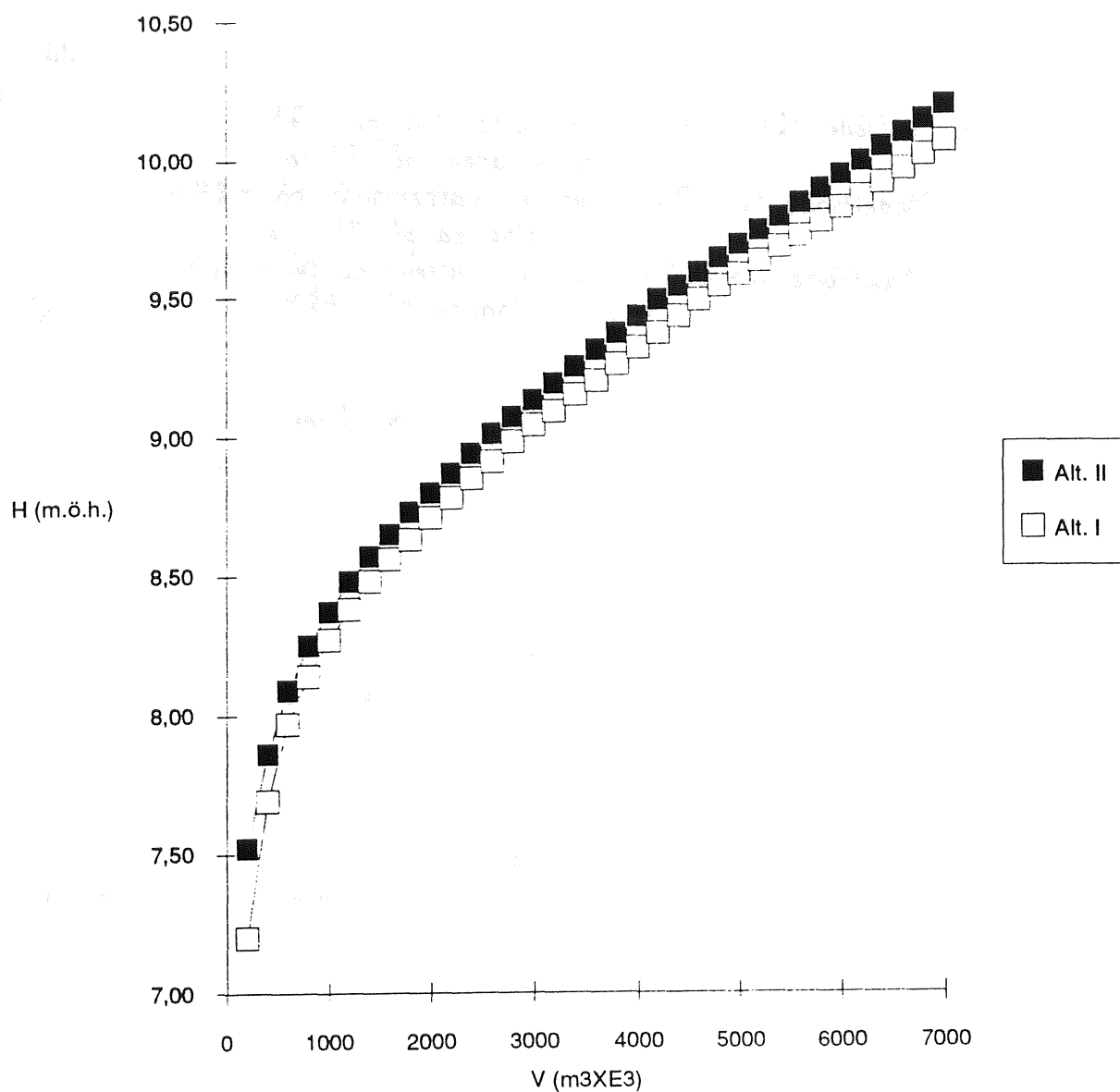
	1909-1975	1947	1990
Maxflöde	271	68	216
Medelflöde	30	13,3	44
Minflöde	0,90	2,3	2,4

KONSEKVENSER PÅ VESELÅNGEN

Sjöarean respektive sjövolymen är något större i förhållande till vattenytans nivå för alternativ I än för alternativ II, se figur 5 och 6. Denna skillnad beror huvudsakligen på att sjön Dran ingår i alternativ I.



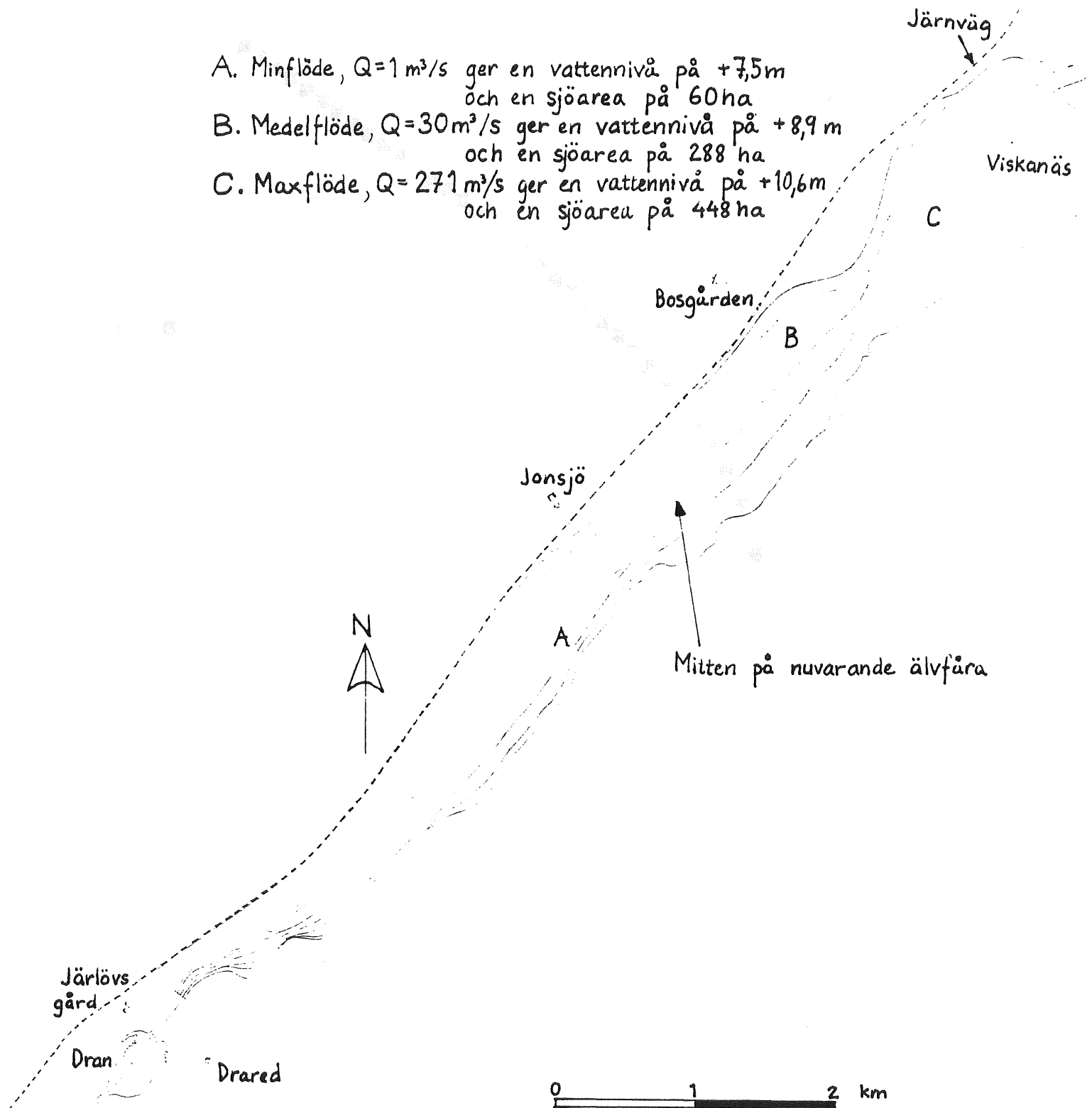
FIGUR 5. Samband mellan sjöarean A (km^2) och vattennivån H (möh).



FIGUR 6. Samband mellan sjövolymen V ($\text{m}^3 \cdot 10^3$) och vattennivån H (möh).

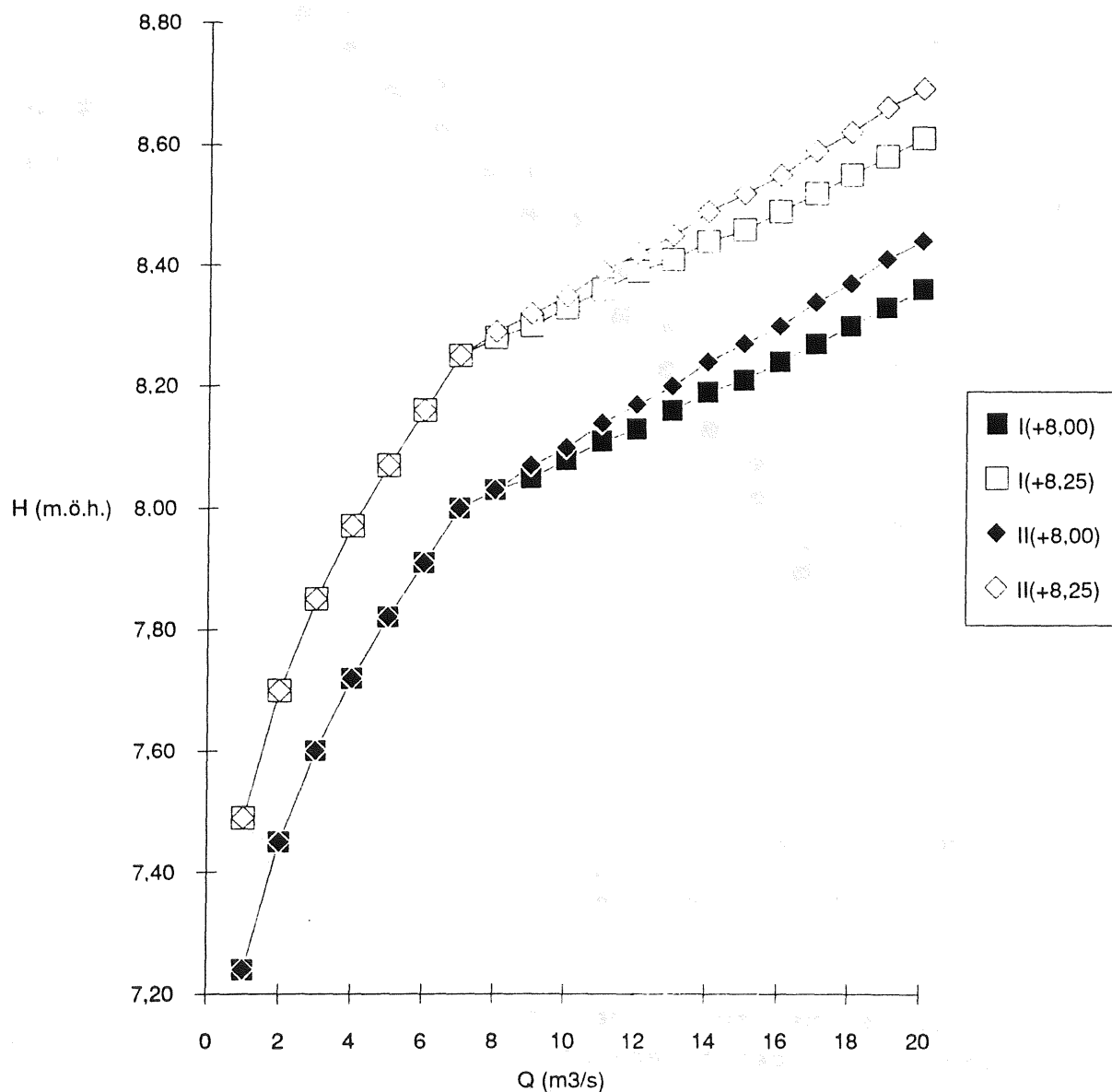
I figur 7 redovisas även sjöytans ungefärliga utbredning vid min-, medel-, och maxårsflöde under åren 1909-1975 (enligt tabell 1 ovan) för förslag II(+8,25).

- A. Minflöde, $Q=1\text{ m}^3/\text{s}$ ger en vattennivå på $+7,5\text{ m}$
och en sjöarea på 60 ha
B. Medelflöde, $Q=30\text{ m}^3/\text{s}$ ger en vattennivå på $+8,9\text{ m}$
och en sjöarea på 288 ha
C. Maxflöde, $Q=271\text{ m}^3/\text{s}$ ger en vattennivå på $+10,6\text{ m}$
och en sjöarea på 448 ha

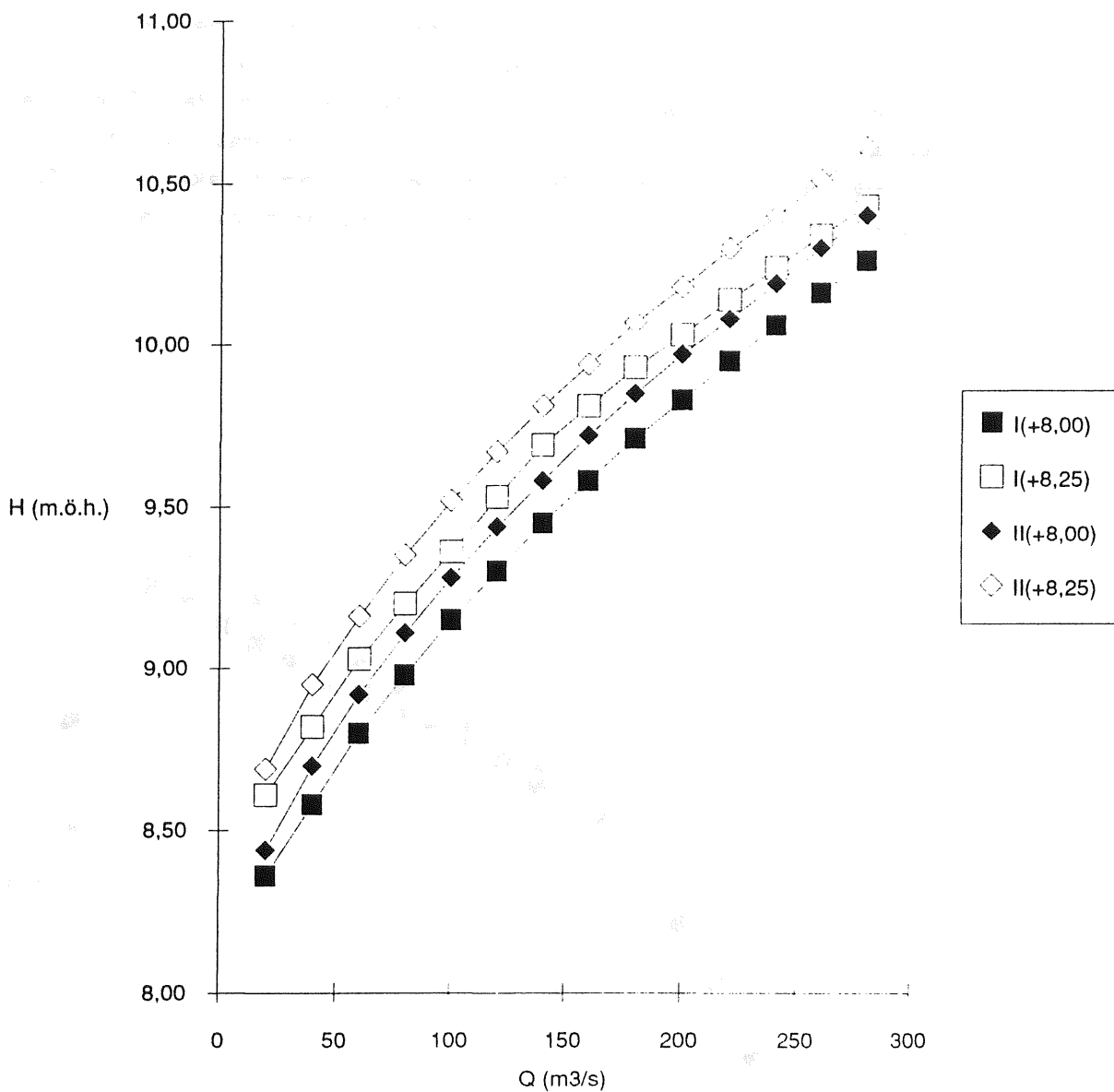


FIGUR 7. Områden täckta med vatten vid dammförslag II(+8,25) vid olika årsflöden under perioden 1909-1975.

Figur 8 och 9 visar hur vattennivån varierar med flödet under stationära (ej tidsberoende) förhållanden. Upp till ett flöde på $7,0 \text{ m}^3/\text{s}$ verkar V-överfallet och därefter tar det rektangulära överfallet över. Mellan nivåerna $+8,25$ och $+8,75$ förändrar sig sjöarean som mest dramatiskt. Därefter ökar inte sjöarean lika mycket relativt vattennivån.

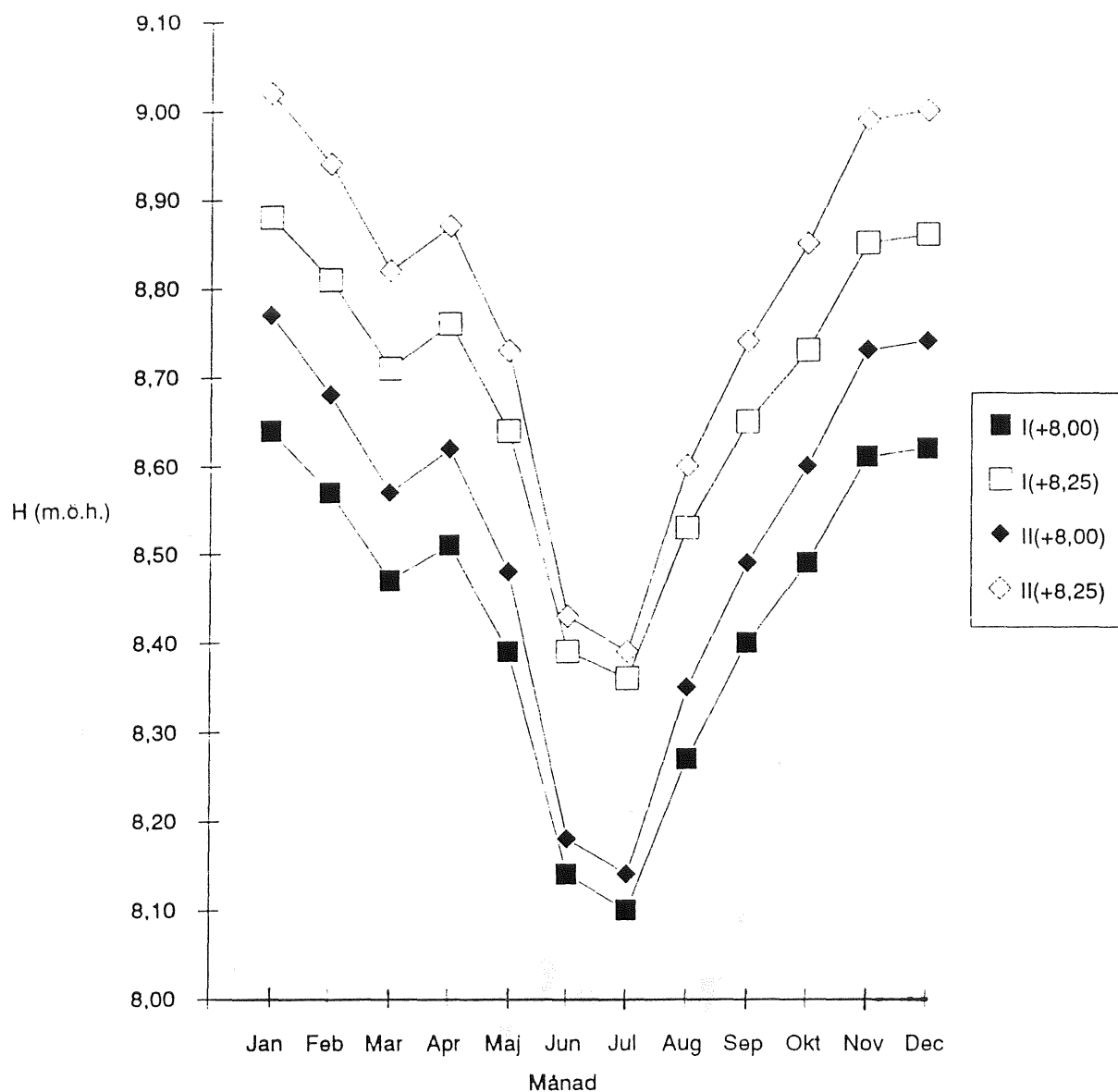


FIGUR 8. Vattennivån H (m.ö.h.) som funktion av flödet Q (m^3/s) under stationära förhållanden.
OBS! Flödesintervall: $1\text{--}20 \text{ m}^3/\text{s}$.



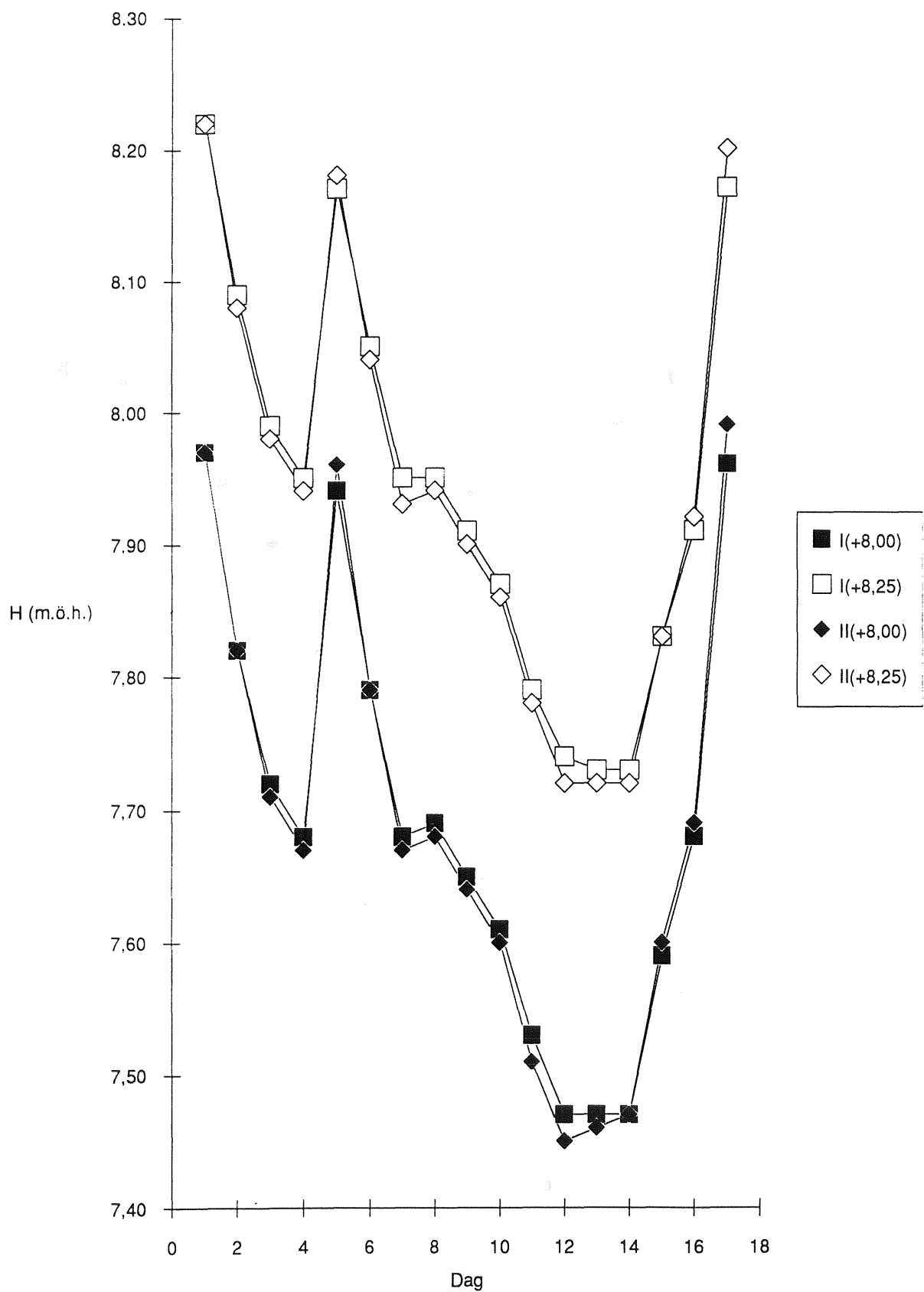
FIGUR 9. Vattennivån H (m.ö.h.) som funktion av flödet Q (m^3/s) under stationära förhållanden.
OBS! Flödesintervall: 20–280 m^3/s .

I detta sammanhang är det intressant att se hur vattennivån lägger sig under månaderna ett typiskt medelår. Detta redovisas i figur 10. Vi kan här se, om vi betraktar medelvattennivån under månaderna, att den pendlar mellan nivåerna +8,10 och +9,02. För förslagen I(+8,25) och II(+8,25) slipper man de värsta djupdykningarna under juni och juli. Observera dock att flödena som ger dessa medelvattennivåer ofta både över- och underskrids under långa perioder.

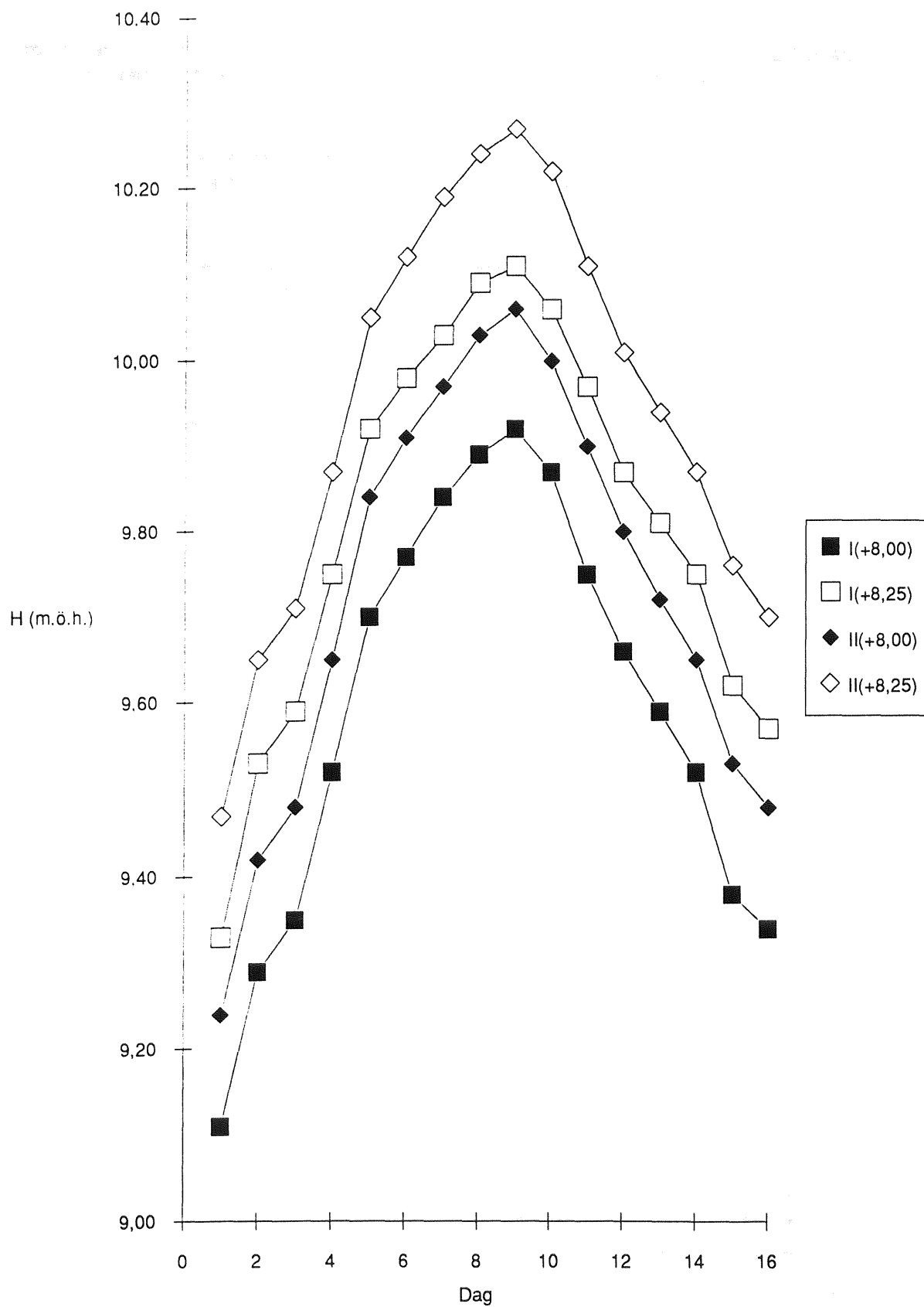


FIGUR 10. Medelvattennivån H (möh) under månaderna ett medelår.

En period med extremt hög respektive låg vattenföring vid icke stationära förhållanden redovisas nedan i figur 11 och 12 med bifogade flöden i tabell 2. Med stationärt flöde menas att flödet inte varierar med tiden, vilket innebär att inflöde=utflöde. Jämför man dessa kurvor med vattennivåerna som bildas vid likadana flöden, men under stationära förhållanden (figur 8 och 9), kan man få en uppfattning om hur vattennivån i verkligheten varierar. Vid högvattenflöde lägger sig vattennivån snabbare på den nivå som motsvarar dess stationära nivå än vid lågvattenflöde.



FIGUR 11. Vattennivån H (möh) under lågvattenperioden 890626-890712 då icke stationära förhållanden råder.

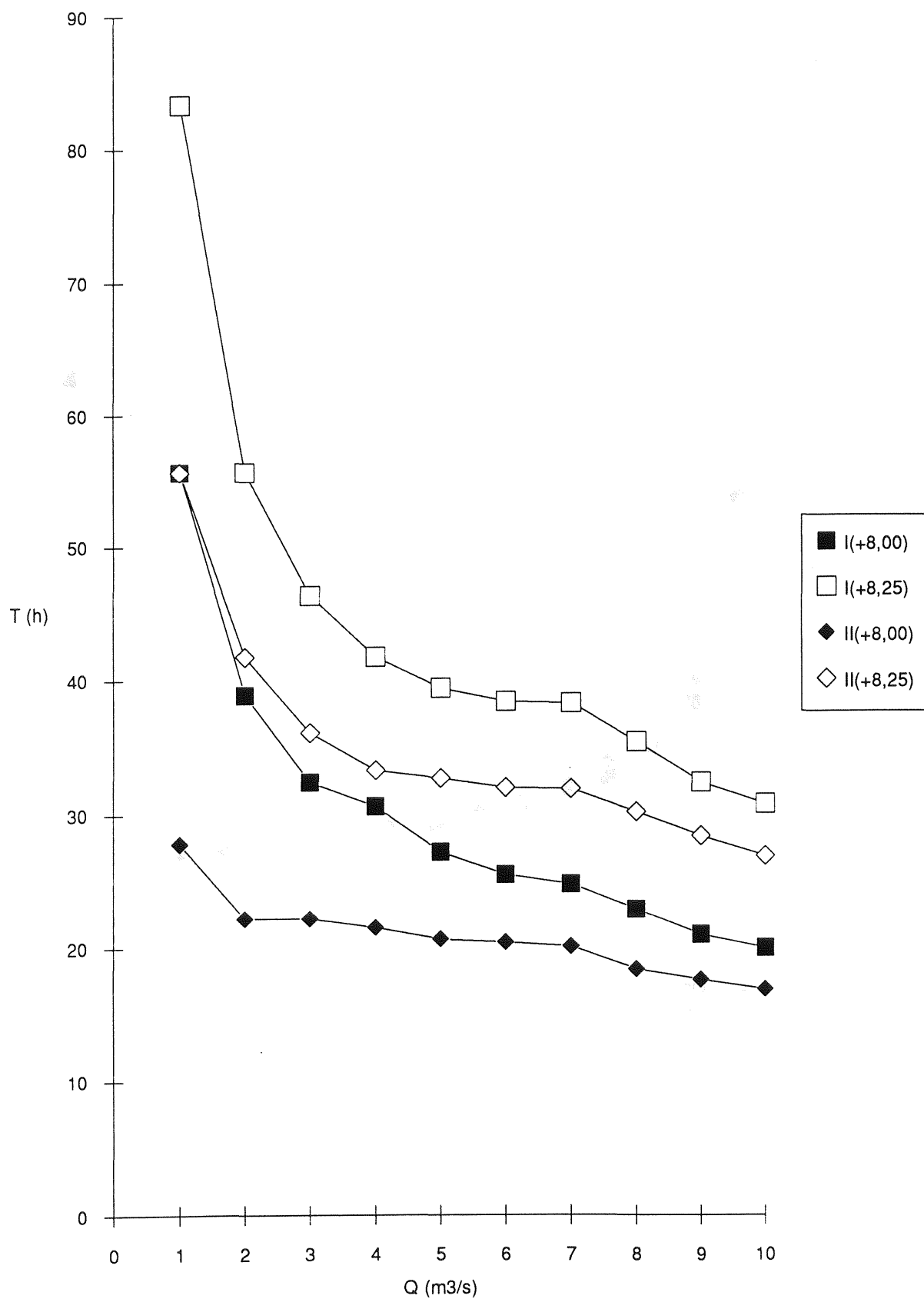


FIGUR 12. Vattennivån H (möh) under högvattenperioden 900123-900207 då icke stationära förhållanden råder.

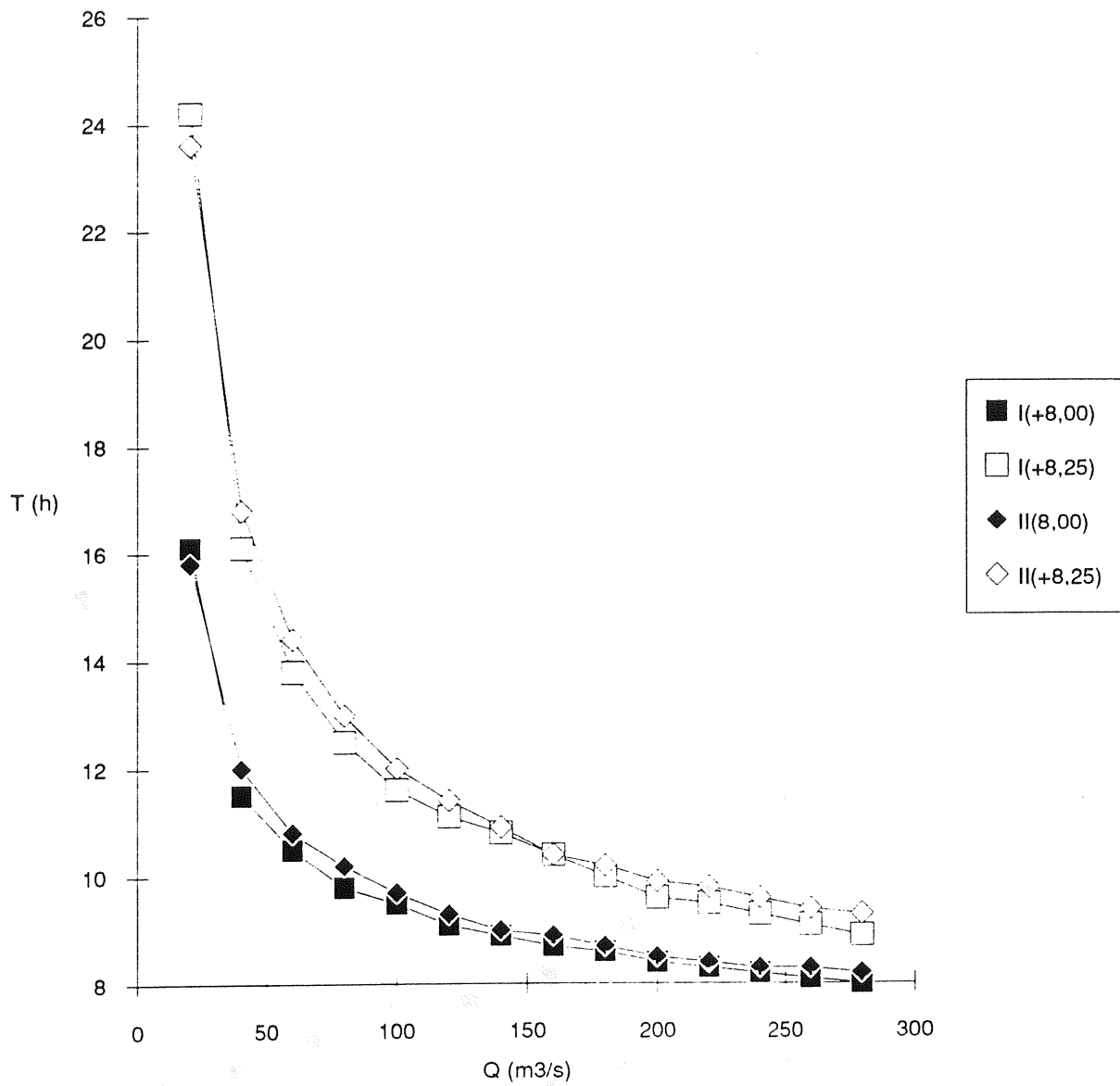
TABELL 2. Flödet Q (m^3/s) som råder under respektive dygn under lågvattenperioden och högvattenperioden.
(Källa: SMHI)

LÅGVATTENFLÖDE		HÖGVATTENFLÖDE	
Dag	Flöde	Dag	Flöde
1	6,3	1	99
2	3,1	2	124
3	2,8	3	128
4	3,3	4	155
5	9,0	5	184
6	2,8	6	192
7	2,4	7	203
8	3,8	8	212
9	3,0	9	216
10	2,7	10	204
11	1,7	11	184
12	1,6	12	168
13	2,1	13	158
14	2,2	14	147
15	3,9	15	128
16	4,5	16	123
17	9,5		

I figur 13 och 14 nedan visas hur omsättningstiden, uttryckt i timmar, beror av vattenföringen. Vid låga flöden är omsättningstiden hög och sjunker sedan till cirka 8 respektive 9 timmar vid riktigt höga flöden.



FIGUR 13. Omsättningstiden T (h) som funktion av flödet Q (m^3/s). OBS! Flödesintervall: 1-10 m^3/s .



FIGUR 14. Omsättningstiden T (h) som funktion av flödet Q (m^3/s). OBS! Flödesintervall: 20–280 m^3/s .

KOSTNADSANALYS AV DAMMFÖRSLAGEN

Denna kostnadsanalys är grundad på beräkningar av ingenjör Uno Wictorsson, anläggningsavdelningen, NCC Väst. Kostnadsberäkningen är mycket översiktlig och grundar sig på nedanstående förutsättningar.

GENERELLT FÖR DAMM I OCH II

- * Undergrunden förutsättes vara så fast att grundförstärkning ej krävs.
- * I båda alternativen har inräknats en 3 meter djup kvarsittande stålspont under dammen, vilket ger en tätning och förlängning av läckväg. Förutsättningen är att marken är spontningsbar, dvs relativt fri från block.
- * Markmaterialet förutsättes vara så tätt att några spontingsåtgärder ej erfordras utöver ovan nämnda spont.
- * I båda dammalternativen förutsättes att byggnation kan ske vid lågvatten. Kostnad för eventuell omledning av vattnet ingår ej, vilket framför allt i etapp två, då halva dammen är byggd, kan ge problem med högt vattenstånd.
- * Kostnader för grundundersökningar eller konstruktion ingår ej. Dessa kostnader bedöms vara i storleksordningen 150.000-200.000 kr.

DAMM I

- * Dammen bygges i två etapper inom en fångdamm av spont. Budgetpris 2.100.000 kr.

DAMM II

- * Dammen bygges i två etapper inom en fångdamm av jordmassor. Här förutsättes att lämpliga massor kan erhållas inom 5 km avstånd. Budgetpris 800.000 kr.

Skillnaden i pris mellan de två alternativen beror främst på det större vattendjupet i förslag I. Detta medför dels att betongåtgången blir större men också att spont måste användas för fångdammen på grund av det högre vatten-trycket. För damm II räcker det med jordmassor för detta ändamål, vilket blir ett betydligt billigare alternativ.

AVSLUTNING

Den egentliga skillnaden mellan förslag I och förslag II är i princip att sjön Dran ingår i regleringsområdet för förslag I.

Det optimala fallet är att få en så stor sjöyta som möjligt utan att riskera översvämningar. Samtidigt får vattennivån ej sjunka så lågt att uttorkning sker. Under torra perioder föreligger ingen risk för uttorkning nedströms dammen på grund av den uppdämda volymens utjämnande effekt.

Mellan nivåerna +8,25 och +8,75 förändrar sig sjöarean som mest dramatiskt. Detta innebär att man får stor sjöarea i förhållande till flödet runt nivån +8,75.

Under sommarmånaderna, då medelvattenföringen är som lägst, ger förslag II(+8,25) och därefter förslag I(+8,25) det bästa utnyttjandet av förhållandet flöde-sjöarea. Förslag I(+8,00) och förslag II(+8,00) ger något sämre värden ur detta hänseende.

Observera dock att alternativen som under lågvattenperioderna ger bästa förhållande mellan flöde och sjöarea även medför större risk för översvämning vid extremt högvattenflöde. Vattennivån bör helst inte överstiga nivån +10,00 möh.

Jämför man sedan kostnaden för de olika dammalternativen finner man att alternativ I blir betydligt dyrare än alternativ II (jämför 2,1 miljoner med 0,8 miljoner). Kostnadsskillnaden beror främst på det större vattendjupet i förslag I.

Sannolikt är förslag II(+8,25) att föredra på grund av att områdets topografi utnyttjas väl för att åstadkomma en optimal våtyta. Dessutom blir ju kostnaden för själva dammen lägre.

Slutligen bör nämnas att denna rapport måste betraktas som en förundersökning. Tas beslut om att genomföra projektet krävs en geoteknisk och geologisk undersökning av dammlägena samt en mer grundlig undersökning av topografin inom regleringsområdet. Utgående från detta görs nya reglerings- och kostnadsberäkningar.

REFERENSER

Chow, V.T., Open-Channel Hydraulics. McGraw-Hill Book Company, Inc., 1959.

Hansson, K., Landet Kring Weselången. Horreds Hembygdsförening, 1978.

Häggström, S., Hydraulik för V-teknologer. Institutionen för Vattenbyggnad, CTH, 1988.

Mandrup Andersen, V. och Engelund, F.A., Kulturteknik og Dæmninger. Den Private Ingeniørfond, Danmarks Tekniske Høgskole, 1971.

Palme, U., Våtmarker som kvävefällor i Marks kommun - bakgrund och åtgärdsförslag. -Miljö i Mark 1991:4, Marks kommun, 1991.

SMHI, Vattenföringen i Sverige. 1979.

SMHI-SVAR, Vattenföringen vid station Åsbro 3, 1959, 1989, 1990, 1991.

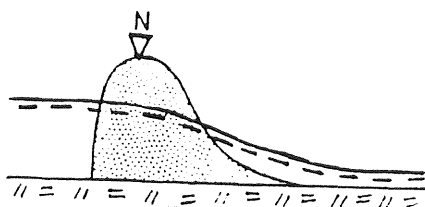
FORMLER, BERÄKNINGAR OCH ANTAGANDEN

Avbördning över utskov under stationära förhållanden

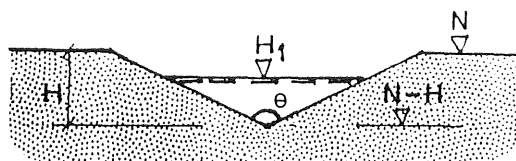
Stationära förhållanden råder, vilket innebär att:
utflödet=inflödet.

V-överfallet

Från sidan:



Framifrån:



där $N=8,00$ respektive $8,25$ möh

$H=1,40$ m

$\theta=130^\circ$

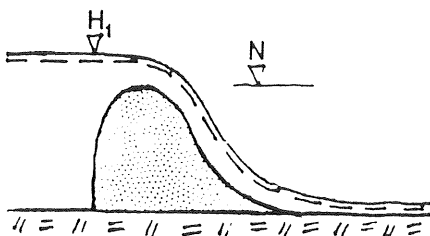
Avbördningen: $Q=C*8/15*(2*g)^{1/2}*(H_1-N+H)^{5/2}*\tan(\theta/2)$ (1)

där g är tyngdaccelerationen $=9,81$ m/s² och C är
avbördningskoefficienten som antages ha värdet $=0,60$.

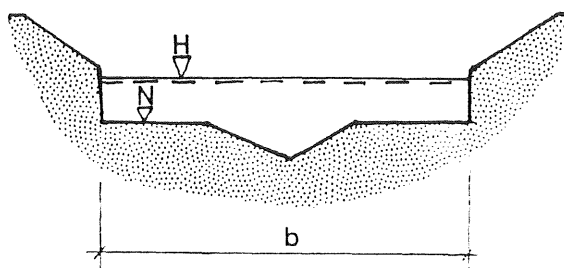
Ur avbördningsformeln löses H_1 ut!

Rektangulära överfallet

Från sidan:



Framifrån:



$$\text{Avbördningen: } Q = C \cdot 2/3 \cdot (2 \cdot g)^{1/2} \cdot b \cdot (H_1 - N)^{3/2} \quad (2)$$

där C antages $= 0,75$

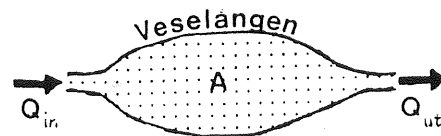
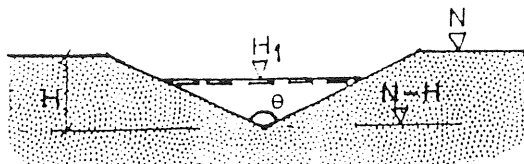
b = överfallets bredd

Ur avbördningsformeln löses H_1 ut!

Avbördningen över utskov under icke-stationära förhållanden

Icke-stationära förhållanden råder, vilket innebär att: utflödet $\neq$ inflödet.

V-överfallet



$$(dH_1/dt) \cdot A = Q_{in} - Q_{ut} \quad (3)$$

$$dH_1 = (H_1 - H_0) \quad (4)$$

Sätt in formel (1) och (4) i (3) så får vi:

$$(H_1 - H_0) \cdot A = (Q_{in} - C \cdot 8/15 \cdot (2 \cdot g)^{1/2} \cdot (H_1 - N + H)^{5/2} \cdot \tan(\theta/2)) \cdot dt \quad (5)$$

där A = sjöarean vid aktuell vattennivå

$C = 0,60$ (antaget)

$g = 9,81 \text{ m/s}^2$

$\theta = 130^\circ$

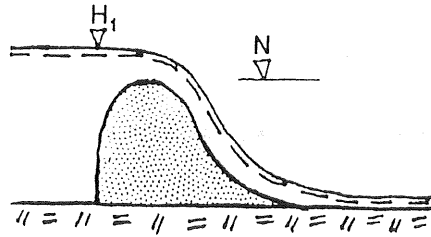
H_1 = aktuell vattennivå över havet (sökta)

H_0 = ursprunglig vattennivå över havet

$dt = 1 \text{ dygn} = 86400 \text{ sekunder}$.

Ur formel (5) itereras sedan H_1 fram!

Rektangulära överfallet



$$(dH_1/dt) * A = Q_{in} - Q_{ut} \quad (6)$$

Sätt in formel (2) och (4) i (6) så får vi:

$$(H_1 - H_0) * A = (Q_{in} - C * 2/3 * (2 * g)^{1/2} * b * (H_1 - N)^{3/2}) * dt \quad (7)$$

där $C = 0,75$ (antaget)

b = överfallets bredd.

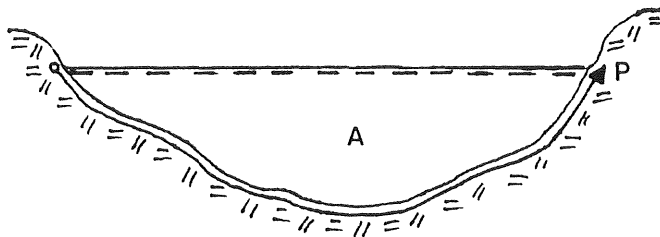
Ur formel (7) itereras sedan H_1 fram!

Friktionsförluster

För förslag I påverkas vattennivån i Veselången relativt kraftigt av friktionsförluster under sträckan mellan sjön Drans inlopp och 320 meter uppströms Dran. Detta har tagits hänsyn till och beräknas med hjälp av Mannings formel:

$$\text{Friktionsförlusten: } h_f = (Q^2 * L) / (A^2 * M^2 * R^{4/3}) \quad (8)$$

Tvärsnitt av den aktuella sträckan:



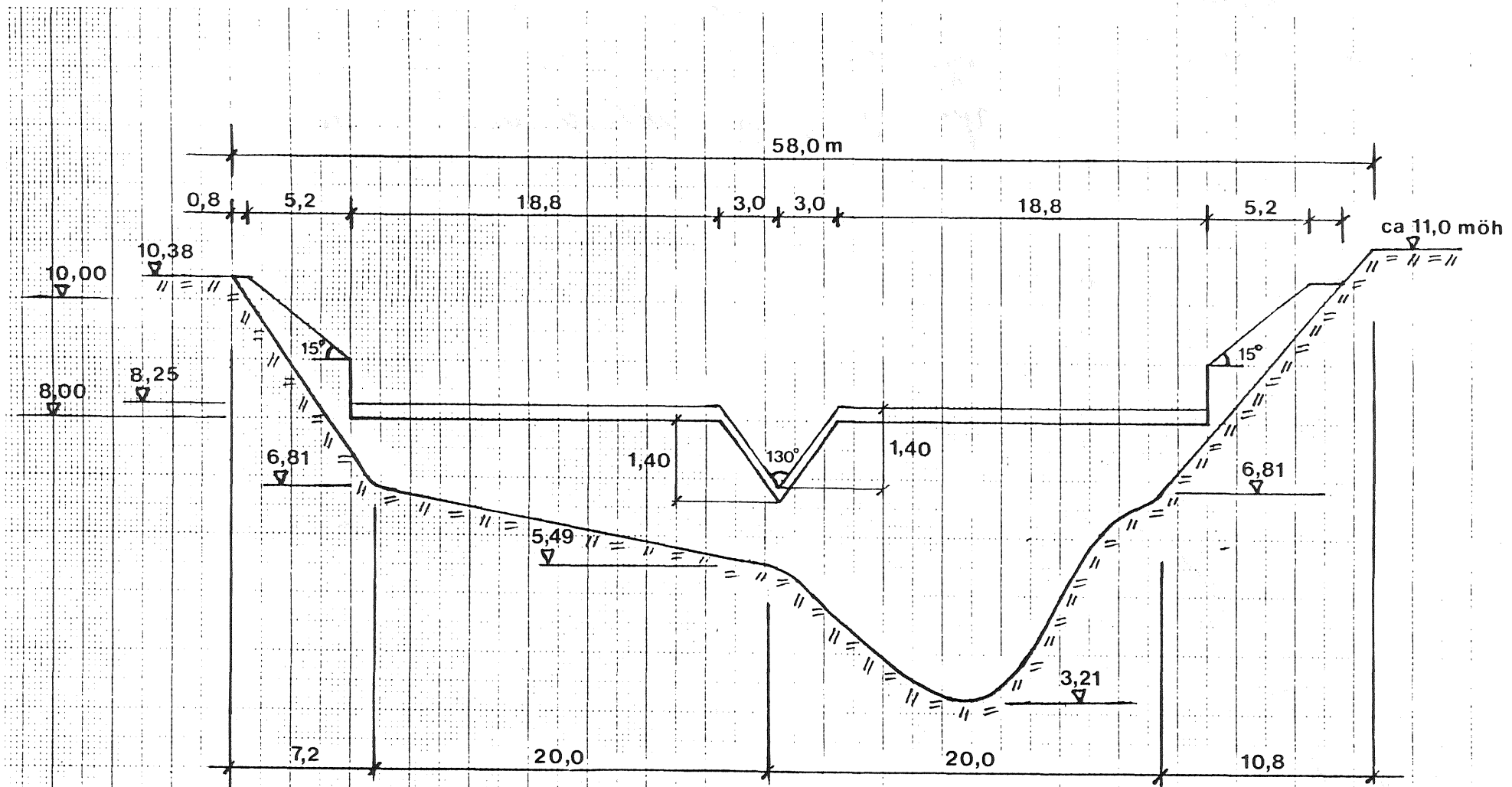
där $R=A/P$ =hydrauliska radien
 A =tvärsnittsarean
 P =våta perimetern
 Q =vattenföringen
 L =längden
 M =Mannings tal (materialkonstant) beräknat till 39.

Omsättningsstid

Vid stationärt flöde gäller:

Omsättningsstiden: $T=V/Q$ (9)

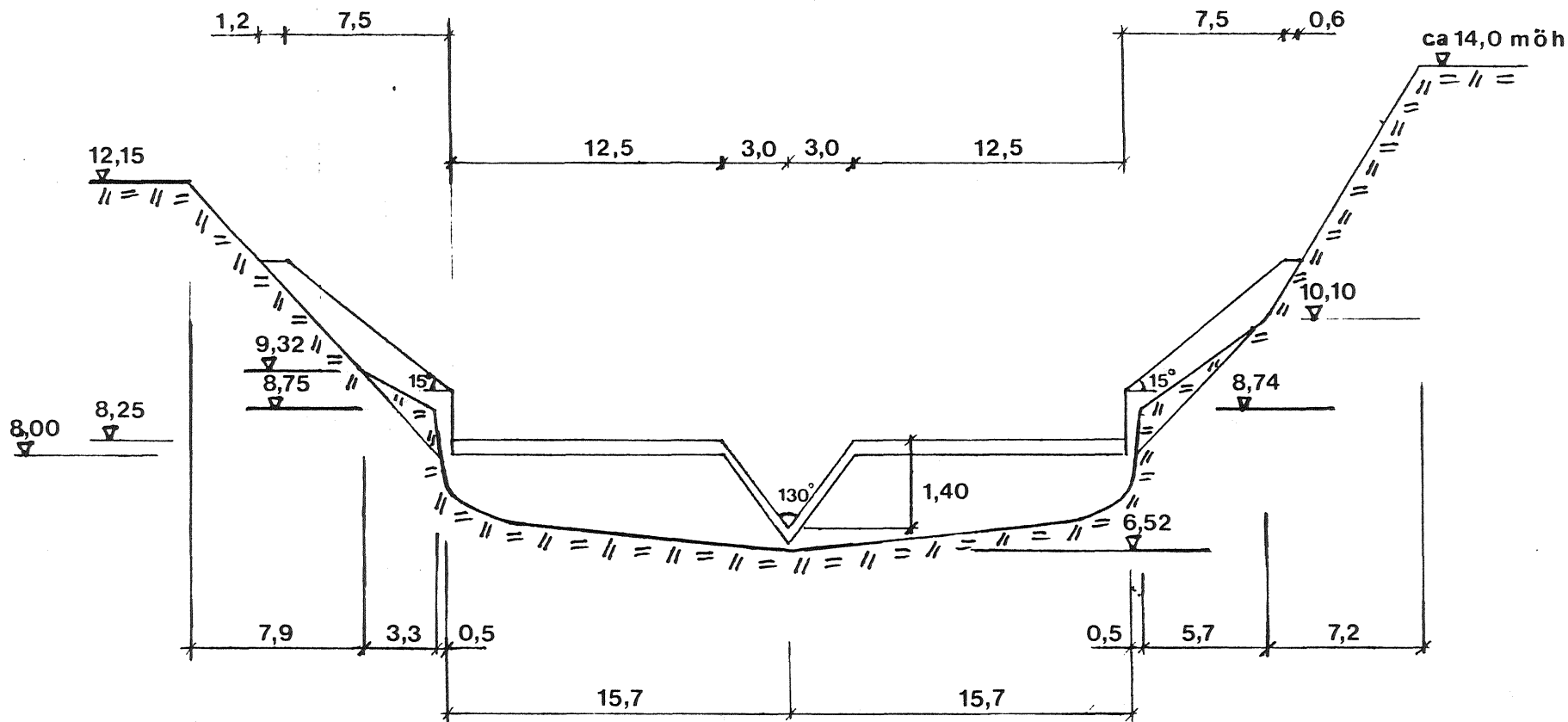
där V =sjövolymen vid vattenföringen Q .



Profil I med damm I(+8,00) och
damm I(+8,25) sett från
nedströmsidan.

Höjdskala 1:100

Längdskala 1:300



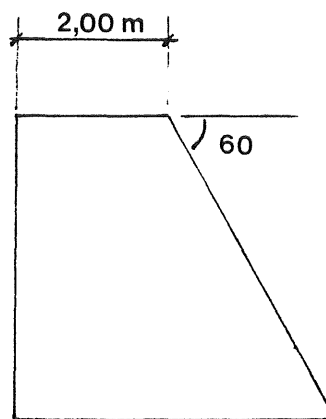
Profil II med damm II(+8,00) och damm II(+8,25) sett från nedströmssidan.

Höjdskala 1:100

Längdskala 1:300

Dammarnas utformning sett från sidan:

Damm I(+8,00) och I(+8,25)



Damm II(+8,00) och II(8,25)

