Institutionen för vattenbyggnad
Chalmers Tekniska Högskola

Department of Hydraulics
Chalmers University of Technology

ISSN 0348 - 1069

Brukar - anvisning för

RUTE-S

En matematisk modell för beräkning av icke - stationära flöden i floder och kanaler vid strömmande tillstånd.

Anders Sjöberg

Thomas Asp

Report
Series B : 5

Göteborg 1977

Institutionen för Vattenbyggnad

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Brukar-anvisning för

ROUTE-S

En matematisk modell för beräkning av icke-stationära flöden i floder och kanaler vid strömmande tillstånd

av

Anders Sjöberg och Thomas Asp

Report
Series B:5

Göteborg 1977

INNEHÅLLSFÖRTECKNING sid.

1.	INLEDNING	1.1
2.	VAD TILLÅTER OCH KRÄVER DATORPROGRAMMET ROUTE-S	2.1
2.1	Geometriska data	2.1
2.2	Randvillkor och begynnelsevillkor	2.3
3.	VAD KAN ROUTE-S BERÄKNA	3.1
3.1	Beräkning av Mannings tal	3.1
3.2	Beräkning av vattennivåer vid stationär strömning	3.1
3.3	Beräkning av vattennivåer och vattenföringar vid icke-stationära förhållanden	3.1
4.	GRUNDLÄGGANDE SAMBAND UTNYTTJADE I ROUTE-S	4.1
4.1	Kanalströmning	4.1
4.2	Knutpunkter	4.3
4.3	Direkt anknutna magasin	4.3
4.4	Magasin med avbördningskurva	4.4
5.	SYNPUNKTER PÅ VAL AV BERÄKNINGSSTEG I TID OCH RUM	5.1
6.	UTNYTTJANDE AV DISSIPATIV OPERATOR	6.1
7.	ANVÄNDARANVISNING	7.1
7.1	Beskrivning av flodsystemets geometri	7.2
7.2	Beräkning av Mannings tal. Basflödesberäkning	7.6
7.3	Beräkning av icke-stationärt förlopp	7.7
8.	PROGRAMBESKRIVNING	8.1

APPENDIX A

Appendix B

Appendix C

1. INLEDNING

Statens Vattenfallsverk planerar att i sin framtida energiproduktion utnyttja Lule älv för produktion av toppkraft. För detta krävs en effektutbyggnad av redan existerande kraftverk. De skisserade tappningsplanerna kommer att innebära större och snabbare vattenstånds- och vattenföringsvariationer än de som erhålles vid nuvarande tappningsförhållanden. Större krav än tidigare måste därför ställas på utnyttjade beräkningsmodeller. Statens Vattenfallsverk uppdrog därför åt inst.f.vattenbyggnad, Chalmers tekniska högskola, att utveckla en datorbaserad matematisk modell som för givna tappningsförhållanden vid uppströms- och nedströmskraftstationer medger en detaljerad prognos av vattenstånds- och flödesutvecklingen längs vattendraget mellan stationerna.

Vid institutionen för vattenbyggnad, CTH, fanns redan erfarenheter av matematisk modellering av icke-stationära flödesförlopp. Den först nämnde författaren har på uppdrag av Statens Råd för Byggnadsforskning genomfört ett forskningsprojekt med målsättningen att utveckla matematiska modeller för beräkning av flödesförlopp i dagvattenledningar. Den kunskap och de erfarenheter som vunnits inom detta projekt kunde direkt utnyttjas i det nya projektet.

En enkel och i Sverige ofta utnyttjad metod för beräkning av vattenståndsutvecklingen i ett vattendrag vid givet tillflöde är den metod, som bygger på en uppdelning av vattendraget i en serie delmagasin för vilka upprättas dels en magasinskurva, dels en avbördningskurva för delmagasinets utlopp. Om dämningseffekter finns bör en avbördningskurva konstrueras för varje dämningsnivå. Med utgångspunkt från de konstruerade sambanden genomförs en stegvis beräkning i tid och rum av flödesförloppet.

I de fall då flödesvariationerna längs vattendraget är små kan den skisserade metoden ge godtagbara resultat. Vid snabbare flödesvariationer kommer emellertid flödesvågens dämpning att bli starkt beroende av delmagasinens storlek och det valda tidsstegets längd.

Ett stort antal beräkningsmetoder baserade på förenklade flödesekvationer finns redovisade i litteraturen. Gemensamt för de flesta av dessa metoder är emellertid att de ej kan behandla uppströms gående vågor. De kan således ej beskriva den uppströms gående våg som erhålles vid en plötslig tappningsändring vid nedströmskraftverket. Den planerade effektutbyggnaden kan i Sveriges större kraftproducerande älvar komma att innebära tappningsändringar av storleksordningen 1000 m^3/s. på något tiotal minuter. En godtagbar beskrivning av de stora och snabba vattenståndsvariationer som därvid erhålles kan ej uppnås med förenklade beräkningsmetoder. En beräkningsmodell baserad på de fullständiga flödesekvationerna bör därför användas.

Matematiska modeller baserade på de fullständiga flödesekvationerna ger allmänt sett säkrare resultat än de förenklade metoderna. Framför allt är de mera generella och lättare att anpassa till olika typer av problemställningar. Tendensen synes vara den att utvecklingen går mot ett allt större utnyttjande av modeller baserade på numerisk lösning av de fullständiga flödesekvationerna allt eftersom dokumentationen rörande lösningsmetoder och beräkningsresultat växer.

Den utvecklade datamodellen ROUTE-S bygger således på de fullständiga endimensionella flödesekvationerna.

För en diskussion av de grundläggande ekvationerna, olika typer av numeriska lösningsmetoder m.m. hänvisas till Sjöberg (1976) [1]. Vissa avsnitt ur denna referens redovisas i Appendix A och B.

---

1) Sjöberg, A. (1976): Beräkning av icke stationära flödesförlopp i reglerade vattendrag och dagvattensystem - Meddelande nr 87 från inst.f.vattenbyggnad, CTH.

2. VAD TILLÅTER OCH KRÄVER DATORPROGRAMMET ROUTE-S [1)]

2.1 Geometriska data

Datorprogrammet ROUTE-S förutsätter att vattendraget kan beskrivas som ett konvergerande (trädformat) nätverk av flodgrenar och knutpunkter, fig. 2.1.

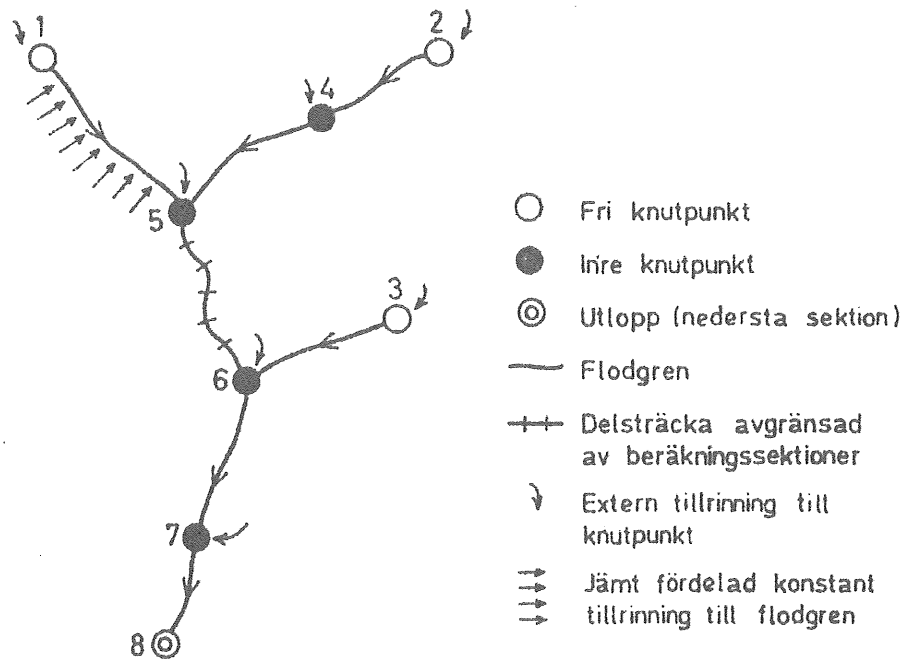


Fig. 2.1 Konvergerande vattendrag.

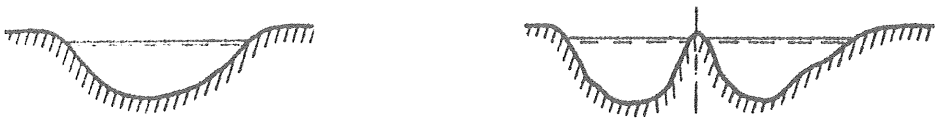
Högst två inkommande flodgrenar är tillåtna till varje inre knutpunkt. Divergerande flöde, dvs två utgående flodgrenar från samma knutpunkt, kan ej behandlas.

Knutpunkterna kan ges godtyckliga areor. De kan utgöras av sjöar eller endast en sammanflödespunkt. En fri knutpunkt kan till exempel beteckna avloppet från ett kraftverk. Punkten utlopp avser sista beräkningssektion, t.ex. tilloppet till ett kraftverk.

För att beräkningarna skall kunna genomföras krävs en geometrisk beskrivning av varje flodgren. Dessa delas därför upp i ett lämpligt antal delsträckor avgränsade av beräkningssektioner. Programmet förutsätter sedan att givna parametrar varierar linjärt mellan sektionerna.

---

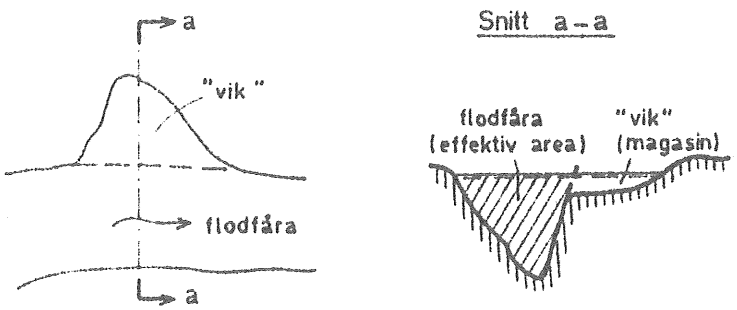
1) En detaljerad beskrivning av erforderliga indata ges i avsnitt 7.



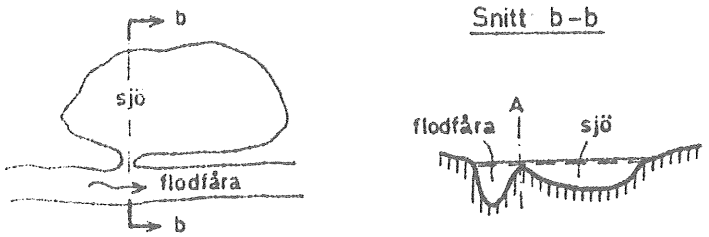
a) enkel sektion b) sammansatt sektion

Fig. 2.2 Tillåtna sektionsformer.

Flodsektionerna kan ha den geometri som skisserats i fig. 2.2. Om flodgrenen delas upp i två delar av en ö betraktas de två flodfårorna som en sammansatt sektion.



a) Ej direkt genomströmmad area (magasin), s.k. vik.



b) Avsnörpt större sjö. Avbördningskurva ges för inloppssektionen.

Fig. 2.3 Olika typer av direkt anknutna magasin.

Vikar, mindre avsnörningar av flodfåran och ej direkt genomströmmade sektionsavsnitt behandlas som rena magasinsvolymer och benämnes "vik", fig. 2.3a. Detta innebär att vattennivån i magasinet alltid förutsättes vara lika med vattennivån i flodfåran utanför denna.

För större magasin kan detta vara ett alltför grovt antagande, i synnerhet vid trånga utlopp. En avbördningskurva, som ger ut- och inflödet till magasinet som funktion av nivådifferensen mellan detta och floden, bör då konstrueras och ges som indata. Ett sådant magasin benämnes "sjö", fig. 2.3b.

2.2 Randvillkor och begynnelsevillkor

För alla fria knutpunkter och för utloppet krävs att tillrinningen eller vattennivån specificeras som funktion av tiden. Varierande tillrinning kan även ges till de inre knutpunkterna. Ett konstant och längs varje flodgren jämnt fördelat lateralt tillflöde är även tillåtet.

Tillrinningen kan ges negativt värde, vilket då motsvarar ett uttag av vatten från den aktuella knutpunkten.

Programmet kan ej behandla flödesförlopp där någon del av den genomströmmade flodfåran torrlägges. Beräkningarna måste starta från ett visst begynnelsetillstånd definierat av konstanta tillflöden (eventuellt lika med noll) och ett givet vattenstånd vid utloppet. Programmet beräknar sedan de s.k. basflödesförhållandena, dvs de initiella flödes- och vattenståndsförhållandena längs flodgrenarna.

3. VAD KAN ROUTE-S BERÄKNA

En mera ingående diskussion och jämförelser mellan beräknade och uppmätta vattenståndsvariationer redovisas i Appendix B.

3.1 Bestämning av Mannings tal

Med utgångspunkt från kända stationära vattenföringar och kända vattennivåer för ett antal s.k. kalibreringssektioner längs den aktuella flodsträckan beräknar programmet ett medelvärde på Mannings tal för varje delsträcka mellan kalibreringssektionerna. Det bör påpekas att det erhållna värdet på Mannings tal ej enbart beaktar de rena friktionsförlusterna utan även inbegriper s.k. tilläggsförluster till följd av krökar, virvelavlösningar m.m. Mannings tal förutsättes kunna variera med vattennivån.

3.2 Beräkning av vattennivåer vid stationär vattenföring

För givna konstanta tillflöden och givna värden på Mannings tal beräknar programmet motsvarande vattennivåer längs flodgrenar och i knutpunkter med utgångspunkt från en given vattennivå vid utloppet. Dessa basflödesförhållanden utnyttjas som begynnelsevillkor vid den icke-stationära beräkningen.

3.3 Beräkning av vattennivåer och vattenföringar vid icke-stationära förhållanden.

Den huvudsakliga målsättningen med datorprogrammet ROUTE-S är att det skall kunna beräkna flödes- och vattenståndsutvecklingen för en i tiden varierande tillrinning (eller vattennivå) vid utloppet och de fria knutpunkterna. Nedan ges ett par exempel på möjliga frågeställningar.

Exempel 1:

Givet: Tappningsschema för viss tidsperiod för dels uppströmskraftverket A, dels nedströmskraftverket B

Sökt: Vattenståndsutvecklingen längs flodsträckan mellan A och B under samma tidsperioder.

Exempel 2:

Givet: Tappningsschema för uppströmskraftverket A. Önskad vattenståndsutveckling vid nedströmskraftverket B.

Sökt: Erforderligt tappningsschema vid kraftverket B för att den önskade vattenståndsutvecklingen skall uppnås.

Exempel 3:

Givet: Önskad vattenståndsutveckling i den uppströms belägna sjön A. Tappningsschema för nedströmskraftverket B.

Sökt: Erforderlig tillrinning till sjön A för att den önskade vattenståndsutvecklingen skall kunna uppnås.

Exempel 4:

Givet: Tillrinning och tappningsschema för en viss älvsträcka. Vattenuttag från en viss punkt på älvsträckan (negativ tillrinning).

Sökt: Vattenståndsutvecklingen längs älvsträckan.

4. GRUNDLÄGGANDE SAMBAND UTNYTTJADE I ROUTE-S.

4.1 Kanalströmning

Flödesförloppet längs en flodgren beskrivs mha de fullständiga endimensionella flödesekvationerna - kontinuitetsekvationen resp. rörelsemängdekvationen.

$$\frac{\partial Q}{\partial x} + B\frac{\partial Z}{\partial t} = q \; ; \tag{4.1}$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{Q^2}{A}\right) + gA\frac{\partial Z}{\partial x} = -\, gAI_f \tag{4.2}$$

där

- Q = vattenföring
- A = tvärsektions area , $A = f_1(x, Z)$
- B = tvärsektionens bredd i vattenlinjen, $B = f_2(x, Z)$
- Z = vattenytans nivå
- q = lateralt tillflöde / längdenhet
- g = jordaccelerationen
- I_f = friktionslutningen beräknad mha Mannings formel ($I_f = \frac{Q/Q/}{M^2A^2R^{4/3}}$)
- M = Mannings tal
- R = hydraulisk radie
- x = längdkoordinat i flödesriktningen
- t = tidskoordinat

Dessa partiella differentialekvationer har ingen allmän analytisk lösning utan numerisk lösning måste tillgripas. I ROUTE-S utnyttjas en s.k. implicit differensmetod.

Den aktuella flodgrenen indelas i ett lämpligt antal delsträckor, fig. 4.1, och flöden (Q) och vattennivån (Z) i de valda sektionerna ansättes som obekanta oberoende variabler.[1] Alla nödvändiga geometriska data för beskrivning av sektionerna ges som indata och är funktioner av nivån Z enbart.

---

1) Den här givna beskrivningen av beräkningsprincipen är tillämplig för alla typer av linjära implicita differensmetoder. I det i ROUTE-S utnyttjade differensschemat, ibland benämnt Abbots schema, ansättes egentligen flödet mitt emellan de givna sektionerna som obekant.

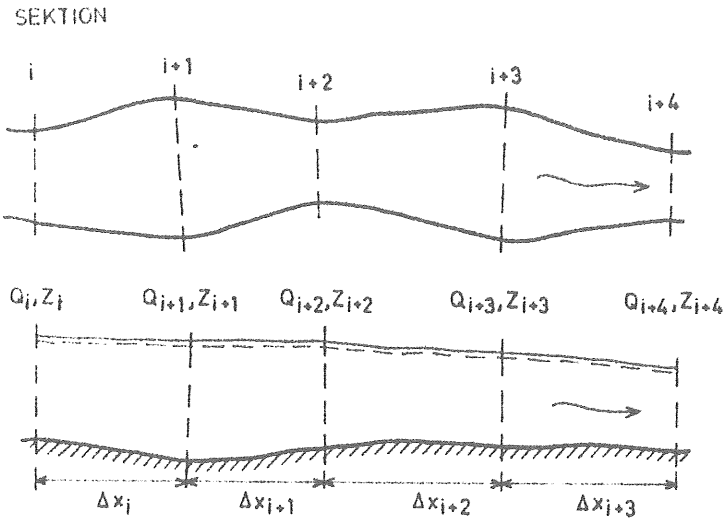


Fig. 4.1 Flodgrenen delas upp i delsträckor.

Om samtliga Q_i och Z_i förutsättes kända vid tidpunkten t_1 kan flödesekvationerna approximeras i varje sektion mha s.k. finita differenser och de kan uttryckas i de obekanta flödena och vattennivåerna vid tidpunkten $t_2 = t_1 + \Delta t$. Härvid erhålles ett linjärt ekvationssystem i Q och Z som tillsammans med givna randvillkor beskriver förhållandena vid tidpunkten t_2. Detta ekvationssystem har diagonal form vilket möjliggör utnyttjandet av en snabb och enkel lösningsrutin, den s.k. dubbel-svepsmetoden. Med utgångspunkt från de så erhållna värdena $Q_i(t_2)$, $Z_i(t_2)$ kan därefter nya värden $Q_i(t_3)$, $Z_i(t_3)$ beräknas, osv.

4.2 Knutpunkter

Förhållandena i knutpunkterna beskrivs dels genom ett kontinuitetssamband, dels genom ett samband mellan vattennivåerna i inkommande och utgående flodgrenar. För en knutpunkt med två inkommande grenar gäller följande samband, se även fig. 4.2.

$$Q_1 + Q_2 + Q_{in} - Q_3 = A_{knut} \cdot \frac{\partial Z_{knut}}{\partial t} \; ; \qquad (4.3)$$

$$Z_1 = Z_2 = Z_3 = Z_{knut} \; ; \qquad (4.4)$$

där Q_{in} är externt tillflöde till själva knutpunkten.

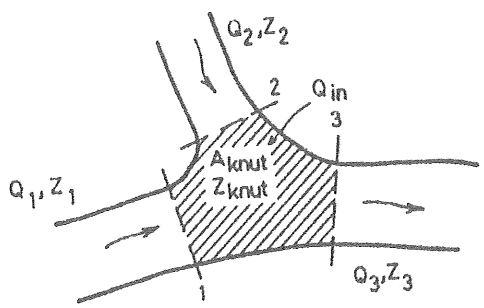


Fig. 4.2 Knutpunkt med två inkommande flodgrenar.

Ekv. (4.4) förutsätter alltså att vattenytan i knutpunkten är horisontell. Eventuella inströmnings- och utströmningsförluster kan beaktas via Mannings tal för angränsande flodsträckor.

4.3 Vikar

Med vikar avses mindre avsnörningar av flodfåran och andra ej direkt genomströmmade sektionsavsnitt. Vattennivån i viken förutsättes vara lika med nivån i flodfåran, vilket ger kontinuitetsekvationens differensform följande utseende, se även fig. 4.3.

$$Q_1 - Q_2 + q \cdot \Delta x = (\Delta x \cdot B_{medel} + A_V) \cdot \frac{\Delta Z}{\Delta t} \qquad (4.5)$$

där B_{medel} är flodsektionens medelbredd i vattenlinjen längs sträckan Δx, A_V är vikens horisontella area och ΔZ är vattennivåns förändring i floden under tidsintervallet Δt.

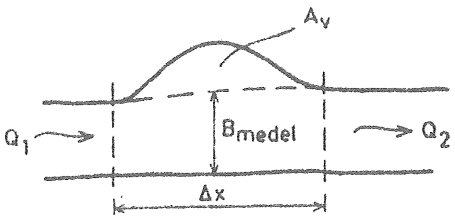


Fig. 4.3 Vik.

4.4 Sjö

Om ett direkt anslutet magasin är stort och har ett trångt utlopp kan en betydande nivådifferens uppstå mellan flodfåran och magasinet (sjön). En avbördningskurva för in- och utflödet till detta bör då konstrueras. Följande samband utnyttjas

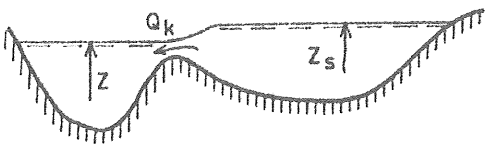


Fig. 4.4 Större magasin med trångt utlopp (sjö).

i programmet, se fig. 4.4.

$$Q_k = f(Z_s - Z) \; ; \quad \text{(avbördningskurva för utloppet)} \tag{4.6}$$

$$\Delta Z_s = - \frac{Q_k \cdot \Delta t}{A_s} \; ; \quad \text{(kontinuitetssamband för sjön)} \tag{4.7}$$

$$Q_1 - Q_2 + Q_k + q \cdot \Delta x = \Delta x \cdot B_{medel} \cdot \frac{\Delta Z}{\Delta t} \; ; \quad \text{(kontinuitetssamband för själva flodfåran)} \tag{4.8}$$

där A_s är sjöns area på den aktuella nivån.

5. SYNPUNKTER PÅ VAL AV BERÄKNINGSSTEG I TID OCH RUM

Det går ej att ange några generella regler för hur beräkningsstegen i tid (Δt) och rum (Δx) skall väljas. Allmänt sett gäller dock att noggrannheten, dvs överensstämmelsen mellan differentialekvationens analytiska lösning och den numeriska lösningen, ökar med minskande Δx och Δt. Vi bortser då från s.k. avrundningsfel, vilka sammanhänger med den numeriska noggrannhet datamaskinen arbetar med.

Den rumsliga indelningen bör ske på ett sådant sätt att en representativ fysikalisk beskrivning av floden erhålles. Ett lämpligt villkor vid val av beräkningssektionernas läge är då att vattendragets bredd skall variera möjligast monotont mellan dessa sektioner, se fig. 4.1. Ofta är det emellertid så att vattendraget uppvisar en starkt varierande bredd och att åtskillnad kan göras mellan direkt genomströmmad area (effektiv area) och ej direkt genomströmmad area (vik), fig. 2.3. Beräkningssektionernas lägen bör då baseras på den effektiva areans geometriska variation, fig. 5.1. Härigenom kan även erforderligt antal sektioner minskas.

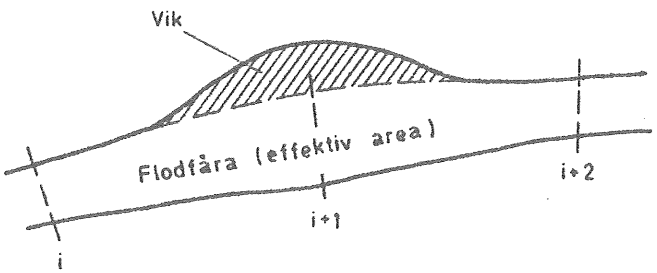


Fig. 5.1 Beräkningssektionernas lägen baseras på den effektiva areans variation.

Eftersom beräkningskostnaderna ökar proportionellt med antalet sektioner tvingas man ibland av kostnadsskäl att göra vissa schematiseringar av flodsträckningen. I vilken grad dessa påverkar beräkningsresultaten kan endast avgöras mha beräkningar utförda med varierande schematiseringsgrad.

En annan grundläggande regel är att man skall välja så många beräkningspunkter i rummet att man erhåller en god återgivning av flödesförloppet. I fig. 5.2 har skisserats en i tiden vågformat fördelad tillrinning till

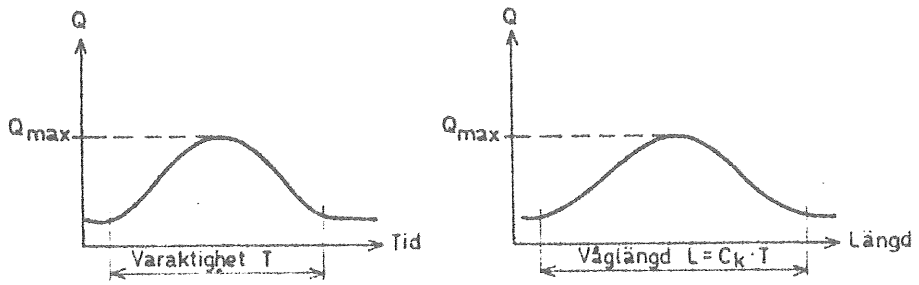


Fig. 5.2 Approximativt samband mellan en flodvågs varaktighet och dess våglängd.

en flodgren. Flodvågen förutsättes ha varaktigheten T och toppflödet Q_{max}. Dess våglängd L (svarande mot varaktigheten T) kan mycket approximativt uppskattas mha sambandet

$$L \approx C_k \cdot T \tag{5.1}$$

där C_k är den med flödet Q_{max} svarande s.k. kinematiska våghastigheten definierad av följande samband (I_o är bottenlutningen)

$$C_k = \left[\frac{1}{B} \frac{dQ}{dZ} \right]_{Q=Q_{max}} \tag{5.2}$$

$$Q = MAR^{2/3} \, I_o^{1/2} \tag{5.3}$$

Om man i exemplet ovan väljer beräkningsstegen så stora att $L/\Delta x \approx 2$ så kan detta leda till en helt felaktig bild av flodvågsförloppet. Väljer man däremot $L/\Delta x >$ säg 20 så måste det betecknas som en tät indelning.

I de fall vattenföringen varierar mycket snabbt, t.ex. vid en plötslig tappningsändring i kraftverket, erhålles en brant flödesfront vars återgivning kräver små beräkningssteg. Ofta är man emellertid ej intresserad av själva fronten utan av de mera långsamt varierande flödesförhållandena bakom fronten. Man kan då tillåta sig att i huvudsak anpassa de rumsliga beräkningsstegen till det mera långsamma förloppet. Det kan dock vara fördelaktigt att utnyttja kortare beräkningssteg Δx närmast utloppet. Flodvågens branthet dämpas nämligen ofta relativt snabbt.

Vid utnyttjande av beräkningsmetoder baserade på implicita differensschema kan beräkningssteget i tiden (Δt) väljas oberoende av beräkningssteget i rummet (Δx). Valet av Δt kan därför baseras enbart på överväganden rörande önskad beräkningsnoggrannhet. Vid snabbt varierande förlopp bör Δt väljas litet medan det vid långsamma flödesvariationer kan ges ett stort värde.

Värdet på Δt kan varieras under beräkningens gång, vilket är beräkningsekonomiskt fördelaktigt. Sektionsindelningen måste dock vara densamma.

Det utnyttjade värdet på Δt jämföres ofta med den tid det tar för en liten störning att fortplanta sig sträckan Δx. Kvoten mellan dessa tidsrymder benämnes Courants tal och definieras

$$Cr = \frac{\Delta t \cdot (V + \sqrt{gA/B})}{\Delta x} \qquad (5.4)$$

där V är flödets medelhastighet Q/A. För s.k. explicita differensmetoder måste detta tal vara $\leqslant 1$ om stabila beräkningar skall kunna garanteras. Implicita metoder erfordrar inget sådant villkor. Allmänt sett gäller att man kan utnyttja större värden på Cr vid stora värden på $L/\Delta x$ än vid små.

Som tidigare påpekats är det ej möjligt att ange några regler för hur Δx och Δt skall väljas. En glesare indelning ger lägre beräkningskostnader men ökar risken för ett dåligt beräkningsresultat. Underlag för bedömning av för den aktuella tillämpningen glesast möjliga indelningen erhålles säkrast genom jämförelser mellan uppmätta och beräknade flödesförlopp eller, om mätningar ej finns tillgängliga, mha testberäkningar för olika indelningsnivåer.

Vikten av att modellen kalibreras mot uppmätta förlopp kan ej nog understrykas. Se vidare Appendix B.

6. UTNYTTJANDE AV DISSIPATIV OPERATOR

Implicita beräkningsmetoder är i allmänhet ovillkorligt stabila, dvs att beräkningsstegen Δt och Δx i tid resp rum kan väljas oberoende av varandra. Valet av dessa storheter kan därför baseras enbart på överväganden om önskad beräkningsnoggrannhet.

Vid beräkningar av branta och höga flodvågors fortplantning kan det emellertid genereras en parasitisk vågbildning som växer långt över fysikaliskt rimliga nivåer och eventuellt medför instabilitet i beräkningarna.

Denna oönskade vågbildning kan dämpas mha s.k. dissipativa operatorer. Exempel på beräkningar genomförda med sådana operatorer redovisas i Appendix A.

Parasitisk vågbildning kan eventuellt uppträda även under andra förhållanden. Således har växande parasitiska vågor erhållits i ett snabbt avsmalnande älvavsnitt vid kvasistationära strömningsförhållanden. Också dessa svängningar dämpas effektivt och utan men för beräkningsresultat mha ett i tid och rum begränsat utnyttjande av en dissipativ operator.

7. ANVÄNDARANVISNING

Detta kapitel avser att tillsammans med Appendix C klargöra bruket och innebörden av de olika indata. I Appendix C ges direkta anvisningar för indatasättning med angivande av format och positioner samt en kortfattad beskrivning av resp. indata-variablers innebörd. Nedan ges utförligare förklaringar och kommentarer till vissa indata.

Användandet av programmet ROUTE-S kan med avseende på indata indelas i tre delar

1. Beskrivning av systemets geometri
2. Beräkning av Mannings tal. Basflödesberäkning
3. Beräkning av icke-stationärt förlopp

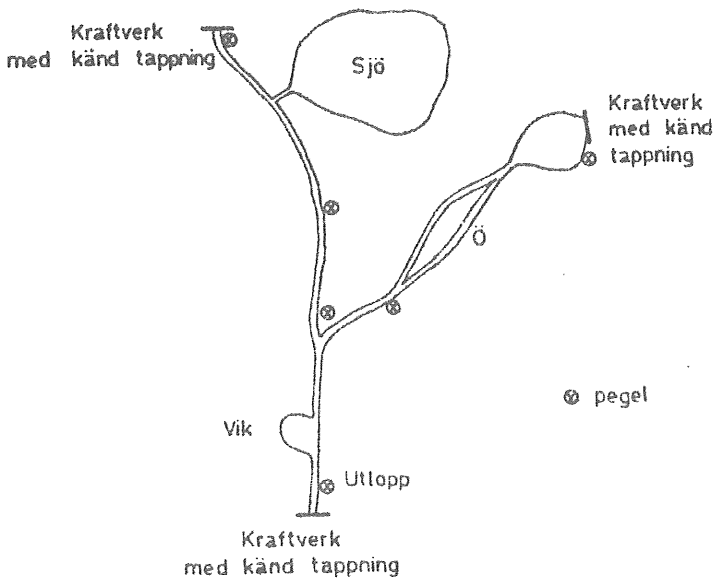


Fig. 7.1 Flodsystem med i programmet ROUTE-S tillåtna egenskaper.

7.1 Beskrivning av flodsystemets geometri

När programmet skall användas på ett flodsystem så måste detta uppfylla vissa villkor:

1. Systemet måste vara konvergerande (trädformat)
2. Randpunkter ("fria" knutpunkter och utlopp enligt fig. 2.1) med kända flödes(nivå-)värden måste kunna kunna definieras
3. Antalet "fria" knutpunkter får ej vara fler än 5 x/
4. Totala antalet flodgrenar får ej vara fler än 10 x/
5. Knutpunkterna får ej ha fler än 2 inkommande flodgrenar och 1 utgående
6. Anslutna sjöar och vikar måste hänföras till en viss beräkningssektion. Sjöarna får ej mynna i de sektioner som ligger närmast en knutpunkt eller utloppet och kan ej ha externt tillflöde. Antalet vikar och sjöar får ej överskrida 20 resp. 10 st x/

De "fria" knutpunkterna numreras först. Därefter numreras de inre knutpunkterna successivt i flödesriktningen. Flodgrenen ges samma nummer som ovanförliggande knutpunkt.

För varje flodgren kan ett separat koordinatsystem användas för längdangivelserna.

På korttyp 3 ges totala antalet knutpunkter (inkl. utloppet) och antalet "fria" knutpunkter och sjöar.

På korttyp 4 ges den logiska sammankopplingen samt en allmän strukturell beskrivning av systemet. I beskrivningen innefattas start- och slutkoordinat för resp. flodgren samt knutpunktsarea vid tre olika nivåer.

---

x/ Dessa begränsningar beror endast av i ROUTE-S definierade storlekar på datafälten och kan relativt enkelt ändras om det uppstår behov av att analysera ett mera rikt förgrenat flodsystem.

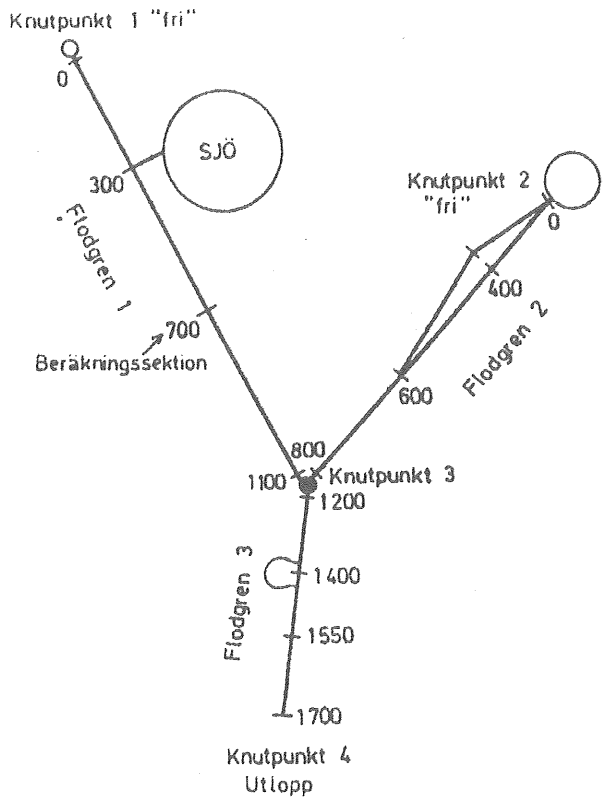


Fig. 7.2 Schematisk beskrivning av flodsystemet i fig. 7.1.

Tvärsektionernas geometri

För beskrivningen av tvärsektionens variation längs flodgrenarna krävs en uppdelning i delsträckor begränsade av beräkningssektioner. Denna uppdelning bör ske på sådant sätt att fåran återges på bästa sätt. Programmet förutsätter linjära variationer mellan sektionerna.

En beräkningssektion kan vara sammansatt av en huvudsektion och en sidosektion, se fig. 7.3. Deras geometri beskrivs mha en nivåaxel genom sektionens djupaste del. För varje brytpunkt i tvärsektionen tabelleras sektionsbredderna BH och BV enl. fig. 7.3 så att arean och hydrauliska radien kan beräknas för varje vattennivå (programmet interpol. linjärt mellan de givna värdena).

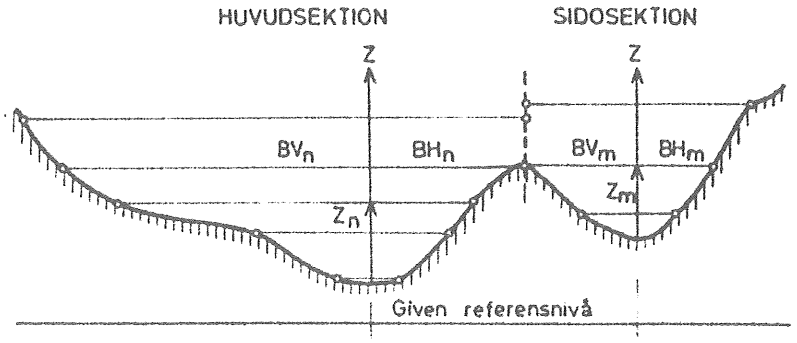


Fig 7.3 Geometrisk representation av tvärsektionen. Brytpunkternas nivåer relateras till aktuellt höjdsystem.

Till varje sektion kan kopplas en vik och en sjö.
Sjö är dock ej tillåten för flodgrenars ändsektioner.

Om floden delas upp i två delar av en ö betraktas den ena fåran som huvudsektion och den andra fåran som sidosektion, fig. 7.4. Sektioner lägges lämpligen vid öns över- resp. nederända. Övriga för beskrivningen erforderliga sektioner placeras på samma längdangivelse som huvudsektionerna.

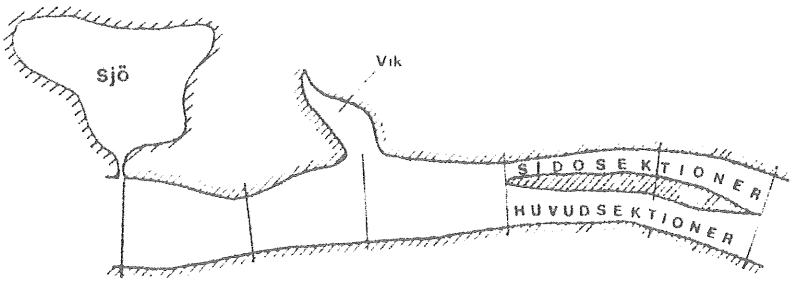


Fig. 7.4 Placering av beräkningssektioner längs en flodgren.

De för sektionerna angivna bredderna och nivåerna införes på <u>korttyp 18A</u> tillsammans med längdangivelse och information om ev. sidosektion, vik och sjö.

Vikar och sjöar (se även sid 2.2)

Med "vik" avses de partier av flodfåran där vattnet ej direkt deltager i strömningen men vars nivå kan antas variera på samma sätt som i huvudfåran. Med hjälp av vikar kan alltså en "effektiv strömningsarea" införas. För vikarna ges horisontella areor vid olika nivåer. Dessa ges på korttyp 18C.

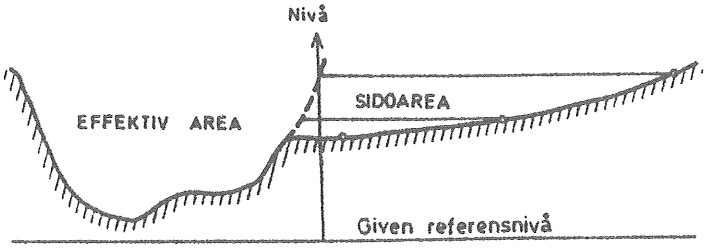


Fig. 7.5 Flodfåra med direkt ansluten vik.

Vikar som torrlägges under en viss nivå skall behandlas så att arean vid denna nivå är lika med noll.

För sjöar anges horisontella areor vid olika nivåer. För dessa nivåer anges även förbindelsekanalens (öppningens) bredd och tvärsnittsarea. Dessa uppgifter införes på korttyp 18D. Lägsta givna nivå tolkas som förbindelsekanalens bottennivå. In- och utflödet Q ur sjön styrs via en avbördningsfunktion av formen

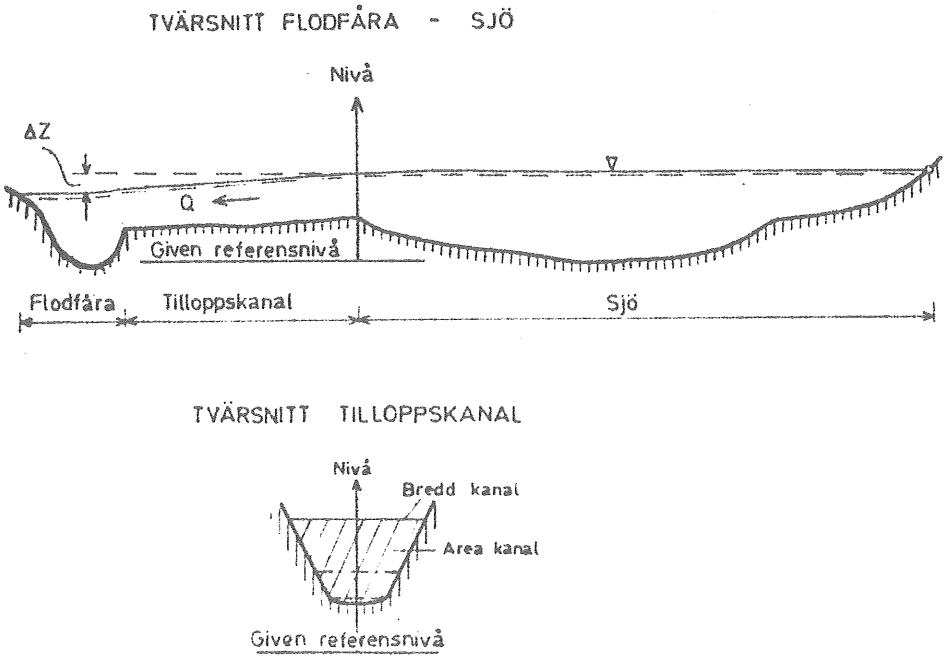


Fig. 7.6 Direkt ansluten sjö. Med sjö avses magasin vars nivåvariationer uppvisar en viss fasförskjutning relativt huvudfårans.

$Q = A \cdot f$ (ΔZ = nivådifferensen mellan sjön och flodfåran)

där A är förbindelsekanalens area. Den antagna eller uppmätta avbördningsfunktionen $f(\Delta Z)$ approximeras med ett antal räta linjer vilkas riktningskoefficienter och skärningar med ordinatan användes som indata på korttyp 16, fig. 7.7.

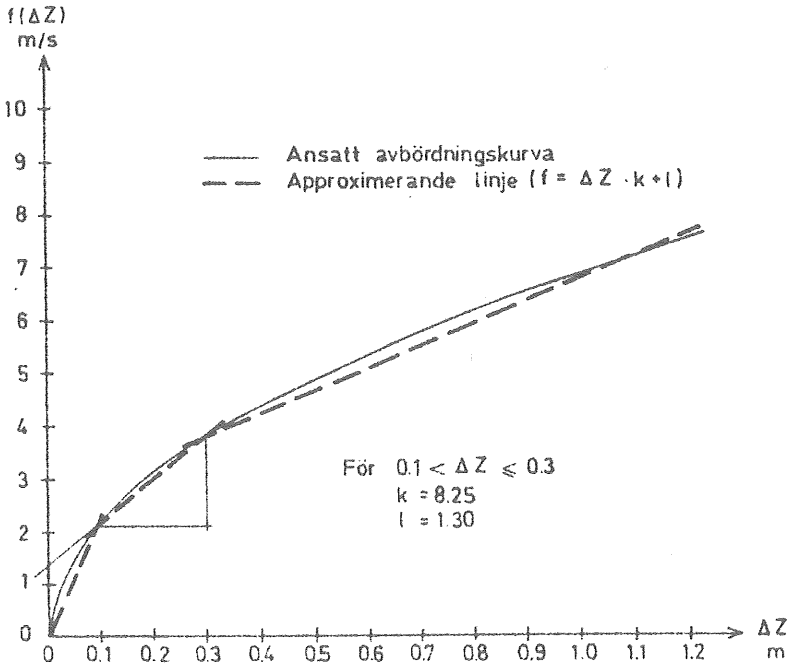


Fig. 7.7 Approximering av avbördningskurva.

7.2 Beräkning av Mannings tal. Basflödesberäkning.

Mannings tal för olika delsträckor bör om möjligt bestämmas genom kalibrering mot uppmätta flöden och vattenstånd. För kända stationära flöden och vattenstånd kan programmet således beräkna Mannings tal. Beräkningen förutsätter att alla in- och utflöden är kända och att vattenstånd kan tilldelas åtminstone i översta och nedersta sektion på resp. flodgren. Till varje flodgren måste minst dessa två värden finnas. Antalet mätplatser på varje flodgren, mätplatsens längdkoordinat och vattenståndsvärdet föres in på korttyperna 6 och 8. De beräknade värdena på Mannings tal gäller fram t.o.m. den angivna mätsektionen.

Beräkningen av Mannings tal bör upprepas för olika stationära tillstånd. Det bör påpekas att de tal som beräknats innefattar alla förluster mellan mätpunkterna.

Basflödesberäkningen, dvs beräkning av vattennivåer längs floden för givna stationära tillflöden, förutsätter att Mannings tal beräknats eller givits direkt som indata. Om Mannings tal beräknats stoppar programmet efter basflödesberäkningen. Mannings tal måste alltså ges som indata för att en icke-stationär beräkning skall kunna genomföras. Programmet tillåter att Mannings tal varierar med vattennivån. De beräknade eller gissade värdena på Mannings tal införes på korttyp 6 och 7.

Vid beräkning av Mannings tal eller vid enbart basflödesberäkning utelämnas indata fr o m korttyp 9 t o m korttyp 17.

7.3 Beräkning av icke-stationärt förlopp

För beskrivning av värden (flöden, vattenstånd) som varierar i tiden brukas korttyperna 11A - 11D. Inga förändringar får vara momentana, dvs till varje tidpunkt får endast ett värde finnas.

Tidssteget DT (Δt) i den tidsberoende beräkningen kan varieras i tiden, korttyp 12. (Vad avser beräkningsnoggrannhetens beroende av DT se kap. 5). Man måste dock kontrollera att de valda tidsstegen ger beräkningspunkter som sammanfaller med alla på korttyp 11 angivna brytpunkter i hydrografer eller vattennivåvariationer. I annat fall kan programmet misstolka variationerna.

7.4 Val av utskrifter.

Inlästa sektionsdata skrives endast ut om så begäres, korttyp 2.

Vid icke-stationär beräkning finns möjlighet att välja tidsintervall mellan de beräkningstidpunkter då utskrift önskas, korttyp 13 och 14. Man kan dessutom ange att utskrift endast skall ske i vissa på korttyp 15 definierade sektioner.

7.5 Utnyttjande av dissipativ operator

Om kraftiga svängningar eventuellt skulle uppstå under beräkningarna så kan dessa dämpas med hjälp av dissipativa operatorer, se kap. 6. Bruket av dessa förutsätter att man sökt genomföra beräkningarna och känner till svängningarnas utbredning i tid och rum. Eventuellt utnyttjande av dissipativ operator anges på korttyp 17A och och värdet på den dissipativa operatorn införes på korttyp 17B.

8. PROGRAMBESKRIVNING

Beteckning: ROUTE-S

Programmeringsspråk. Samtliga programdelar som ingår i programpaketet är skrivna i FORTRAN IV.

Utrymmesbehov. Programmet är i aktuell utformning avsett att helt rymmas inom kärnminnet, erforderligt utrymme för objektform ca 50 Kb och för lagring av datafält ca 83 Kb med dator typ IBM 360/65.

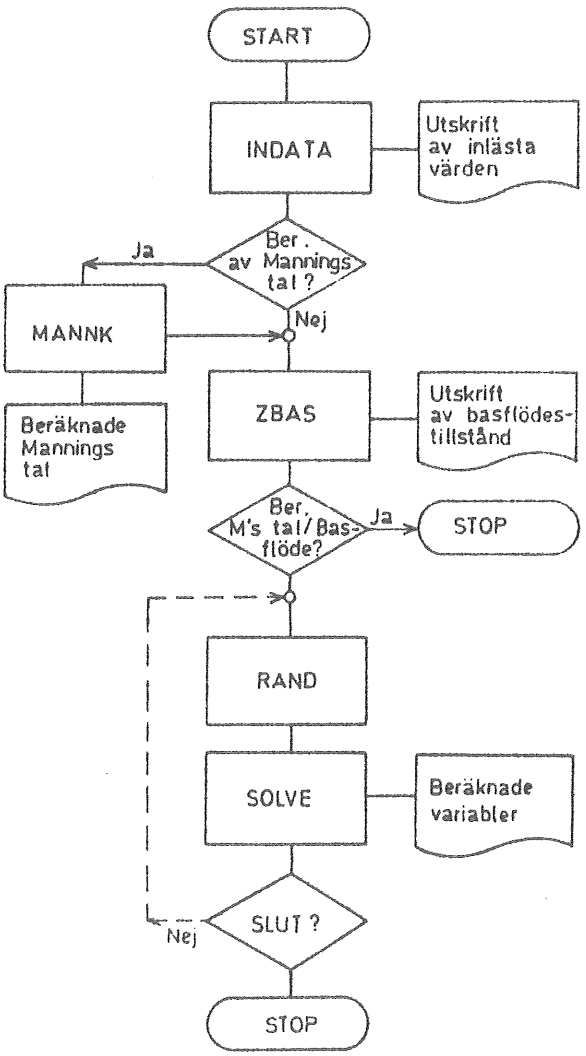
Kärnminnesbehovet kan relativt enkelt minskas, dels genom en minskning av datafälten, dels genom en segmentering (overlystruktur) av delmodulerna.

Begränsningar: Programmet tillåter i föreliggande form högst 250 beräkningssektioner (inkl. sidosektioner). Till varje sektion kan maximalt 16 grupper av värden (Z, BV och BH) ges. Antalet knutpunkter resp antalet sjöar får ej överskrida 10, medan 50 sidoareor kan brukas.

Erforderliga filer: Som infil förutsätts fil nr 5, organiserad i kortbildsform. Utfil är nr 6 organiserad med 132 tecken/rad. Dessutom kan, om så önskas, fil nr 11 användas för lagring av beräknade resultat, denna är organiserad med 20 st variabler/post; oformatterade poster.

Användning: ROUTE-S är ett datorprogram avsett för beräkning av flöden och vattenstånd, i ett trädformat flodsystem, vid icke-stationärt strömmande tillstånd.
I de fall vattenståndsmätningar finns vid kända stationära flöden kan Mannings tal bestämmas för de flodsträckor som ligger mellan mätpunkterna.

Programflödesplan
ROUTE - S



Figur 8.1 Programflödesplan ROUTE-S

Sammanfattning av programinnehåll

MAIN	Huvudprogram, administrerar hela programgenomloppet genom inkallande av underrutiner.
RAND	Interpolerar höjd och flödesvärden mellan de givna brytpunkterna. Tidstegar samt kontrollerar byte av randvillkoren.
INDATA:	Läser in alla erforderliga data. Ger kontrollutskrifter av dessa. Placerar indata i erforderliga fält.
TIDMIN: (servicerutin)	Omvandlar klocktid till löpminuter utifrån given starttidpunkt.
TIT: (servicerutin)	Omvandlar från löpminuter till klocktid, allt från ovan angivna starttidpunkt.
MANNK:	Användes då man vill kalibrera in modellen mot pegelmätningar. Beräknar Mannings tal med utgångspunkt från kända stationära vattenföringar och kända vattennivåer i s.k. kalibreringssektioner.
ZBAS	Beräknar vattenstånd vid stationär strömning. Dessa basflödesförhållanden utnyttjas som begynnelsevillkor för den tidsberoende beräkningen.
COMP (servicerutin)	Beräknar för givet vattenstånd sektionens area, bredd och hydraulisk radie samt direkt anknuten magasinsarea.
SOLVE	Beräknar vattennivåer och flöden för i tiden varierande tillrinningar eller vattennivåer. Vid varje tidssteg uppställes och löses ett linjärt, diagonalt ekvationssystem som beskriver de aktuella flödesförhållandena i samtliga beräkningssektioner.
COMPS (servicerutin)	Beräknar horisontella areor på sjöar och tvärsnittsareor i tilloppskanaler utifrån känt vattendjup.
AKN: (servicerutin)	Beräknar utifrån ett känt vattenstånd knutpunkts area.

APPENDIX A

(Utdrag ur: Sjöberg, A. (1976): Beräkning av icke stationära flödesförlopp i reglerade vattendrag och dagvattensystem. Meddelande nr 87 från inst.f.vattenbyggnad, CTH).

7.6 Beräkning av snabbt varierande flödesförlopp med hjälp av dissipativ operator och viktningskoefficient θ

Med hjälp av dissipativa (diffusiva) differensschema genomförda beräkningar avseende branta flödesfronter har tidigare redovisats i fig 6-5 och fig 6-7. Vi skall emellertid här närmare beskriva utnyttjandet och effekten av dissipativa operatorer.

Den dissipativa operatorn utnyttjas vid implicita beräkningsmetoder som ett mellanled i beräkningsgången. När man sålunda för tidsnivån t_m har beräknat alla Q_j^m, Y_j^m $(j = 1, N)$ appliceras den centrerade operatorn enligt

$$Q_j^* = Q_j^m + \gamma (Q_{j+1}^m - 2 \cdot Q_j^m + Q_{j-1}^m) \; ; \qquad (7.31)$$

$$(0 \leqslant \gamma \leqslant \tfrac{1}{2})$$

$$Y_j^* = Y_j^m + \gamma (Y_{j+1}^m - 2 \cdot Y_j^m + Y_{j-1}^m) \; ;$$

för alla j inom det område av kanalen där operatorn behöver utnyttjas.[1] De så erhållna nya värdena Q_j^* och Y_j^* användes sedan i differensekvationerna för beräkning av Q_j^{m+1}, Y_j^{m+1}. Genom att öka värdet på den dissipativa faktorn γ kan man i de flesta fall undertrycka icke önskvärd parasitisk vågbildning i erforderlig utsträckning. Vid uppströms och nedströms rand användes i exemplet nedan en operator av formen

1) Områden där icke önskvärd parasitisk vågbildning uppträder.

$$Y_j^* = (1 - \gamma)\, Y_j^m + \gamma\, Y_{j+1}^m \quad ; \quad (0 \leqslant \gamma \leqslant 1) \qquad (7.32)$$

på den variabel som ej är given som randvillkor.

Låt oss betrakta den i fig 7-3 skisserade problemställningen. Flödet i tilloppskanalen till kraftstationens tubintag förutsättes vid tiden $t = 0$ vara 1000 m^3/s varefter man på 15 sekunder minskar tappningen genom stationen till 100 m^3/s. Därefter hålls tappningen kvar på denna nivå. Vattenståndet i reservoaren antages vara konstant + 114.00 och oberoende av tappningen. Vilket vattenstånd kommer vi då att ha i kanalen 60 resp 120 sekunder efter tappningsändringens början. Kanalen förutsättes vara rektangulär och ha horisontell botten. Vidare försummas friktionskrafterna.

I fig 7-3 redovisas med hjälp av den numeriska modellen baserad på det modifierade Abbot-schemat beräknade frontprofiler för några olika värden på Δt, Δx och dissipativa faktorn γ. Bakom fronten erhålles parasitisk vågbildning medan flödet framför fronten är helt fritt från störningar. Det för utsläckningen av den parasitiska vågbildningen erforderliga γ-värdet växer med värdet på Courants tal Cr.

Medelnivån bakom fronten synes vara i huvudsak oberoende av värdet på γ och Cr. Vattendjupet bakom fronten (Y_2) överensstämmer med det värde som för en plötslig tappningsändring $Q_2 - Q_1$ kan beräknas ur följande samband, vilket förutom ovan angivna förutsättningar bygger på antagandet att vågfrontens form ej ändras se kap 5.5,

$$c_f = V_1 \pm \sqrt{\frac{g(A_2 \bar{y}_2 - A_1 \bar{y}_1)}{A_1\,(1 - A_1/A_2)}} \qquad (7.33)$$

$$Q_2 - Q_1 = c_f\,(A_2 - A_1)$$

där index 1 betecknar de initiella förhållandena och c_f är frontens hastighet. $\bar{y}_1$ och $\bar{y}_2$ är areornas A_1 resp A_2 tyngdpunktsavstånd räknat från vattenytan. Minustecknet hänför sig till det fall att $Q_2 < Q_1$. Vid rektangulär sektion, $\bar{y}_1 = Y_1/2$, $\bar{y}_2 = Y_2/2$, $A = Y \cdot B$, reduceras ekv (7.33) till ekv (6.20). Med insatta aktuella värden (Y_1 = 14.00 m, Q_1 = 1000 m^3/s, Q_2 = 100 m^3/s, B = 60 m) erhålles $c_f = -11.4$ m/s ; Y_2 = 15.33 m.

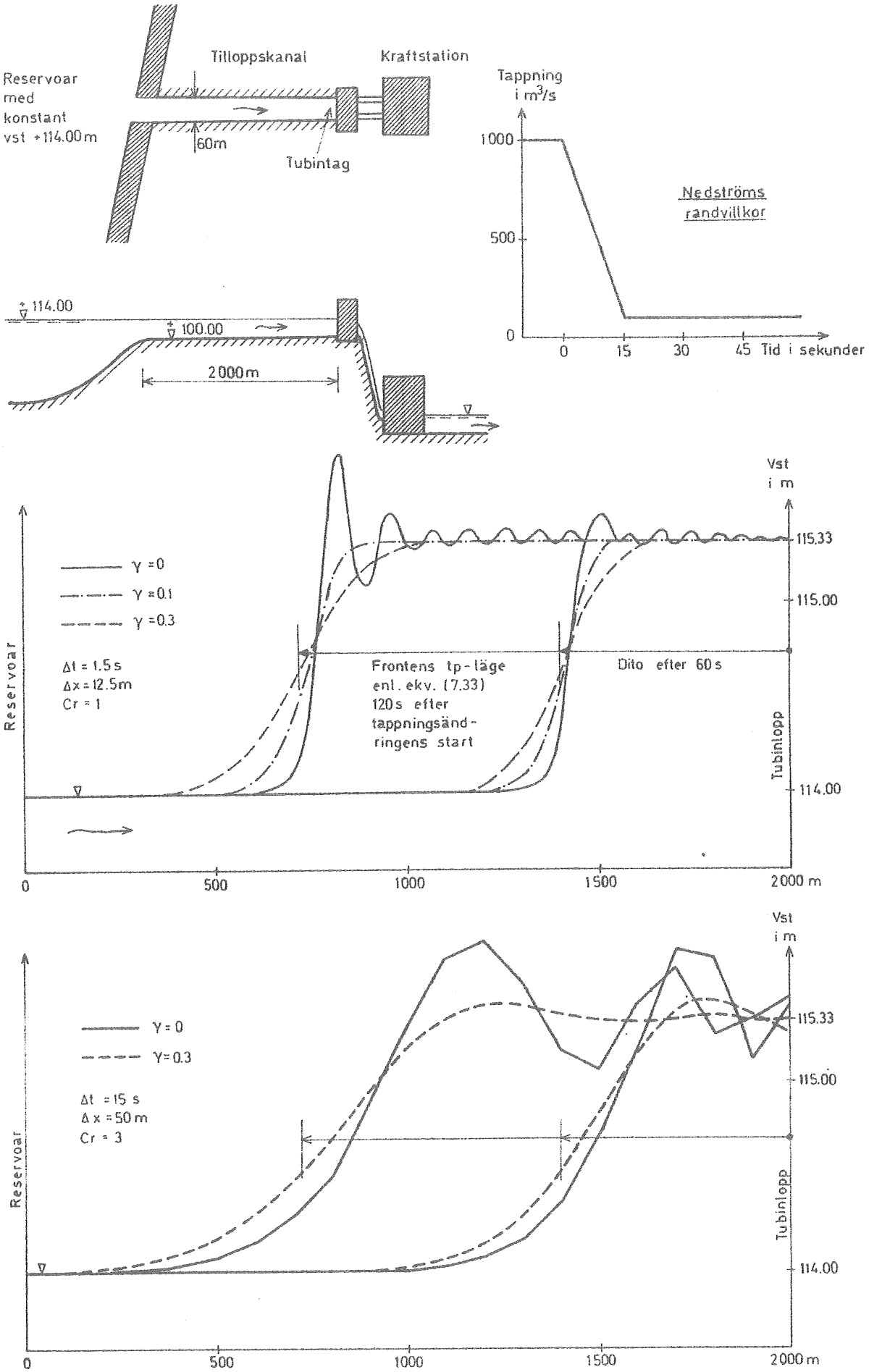


Fig 7-3 Beräkning av vattenståndsvariationer i tilloppskanal till kraftstation vid tappningsreducering.

Det bör i detta sammanhang påpekas att man vid en snabb vattenföringsändring kan erhålla två typer av fronter, antingen en brytande front eller en vågformad front (undular mobile jump), se fig 7-4.

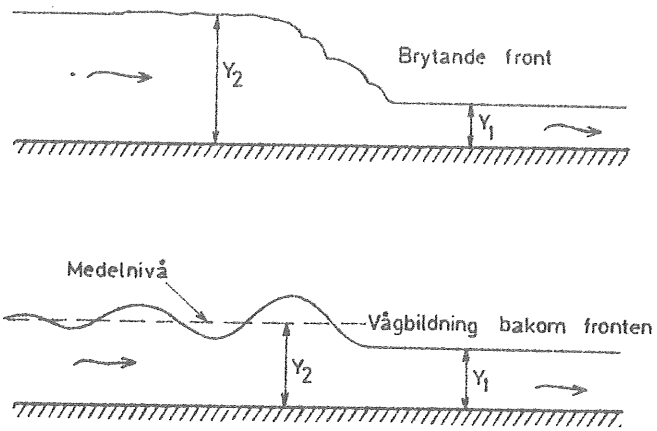


Fig 7-4 Möjliga typer av frontprofiler vid snabb vattenföringsändring.

En brytande front erhålles om frontens energi är så stor att dess dissipation kräver att fronten bryts. I annat fall sker energidissipationen via utbildandet av vågor bakom fronten, s k Favre-vågor. Uppskattningar av dessa vågors utbildande kräver utnyttjande av "högre-ordningens" teori, dvs hänsyn måste tas till strömlinjernas krökning, se t ex Hansen (1966), Abbot och Rhodenius (1972).

Den med utgångspunkt från de endimensionella rörelseekvationerna erhållna vågbildningen får ej ses som en simulering av dessa s k Favre-vågor. Den kan endast ses som en spegling av den energidissipation som i verkligheten skulle skett i vågfronten men som varken differentialekvationerna eller differensekvationerna är konstruerade för att simulera. Vi omnämner därför även i det följande de av differensschemat genererade sekundära vågorna som parasitiska. De endimensionella rörelseekvationerna kan endast utnyttjas för bedömning av medelnivån Y_2 i fig 7-4.

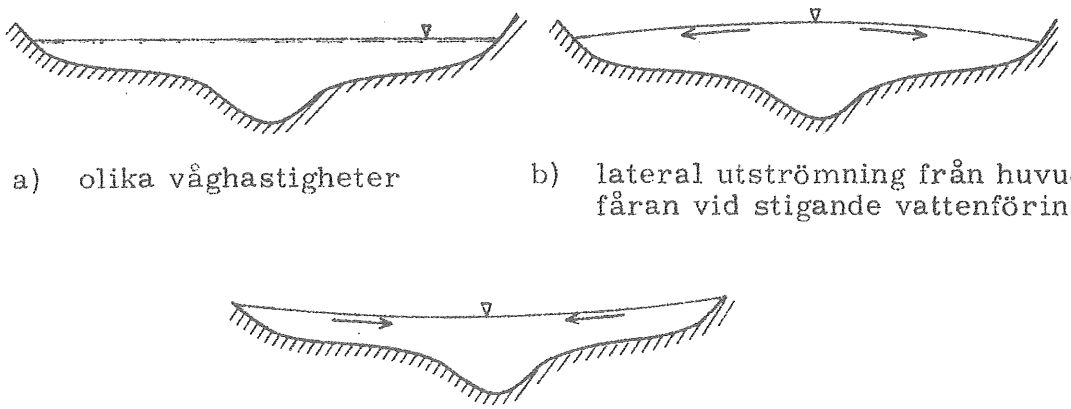
(Utdrag ur: Sjöberg, A. (1976): Beräkning av icke stationära flödesförlopp i reglerade vattendrag och dagvattensystem. Meddelande nr 87 från inst.f.vattenbyggnad, CTH).

8. BERÄKNING AV ICKE STATIONÄRA FLÖDESFÖRLOPP I REGLERADE VATTENDRAG

8.1 Inledning

En flödesvågs fortplantning i ett naturligt vattendrag med varierande geometri är givetvis mycket mera komplicerad än i en rektangulär kanal. Vattendragets tvärsektion har t ex ofta den form som skisserats i fig 8-1a, varför den dynamiska våghastigheten $c = V + \sqrt{gY}$ avtar mot stränderna. En störnings fortplantningshastighet är således störst i sektionens mitt vilket vid stigande vattenföring medför ett högre centrumvattenstånd och en lateral utströmning mot de grundare områdena (fig 8-1b). Vid avtagande flöde erhålles det motsatta förhållandet (fig 8-1c).

De ovan skisserade flödesbilderna strider mot de antaganden på vilka vi grundat härledningen av rörelseekvationerna (se kap 2.1). Andra faktorer, som vid såväl stationär som icke stationär strömning medför avvikelser från förutsättningen att flödet är endimensionellt, är centrifugaleffekter då vattendraget kröker och virvelavlösningar vid plötsliga variationer i tvärsektionens area. Eftersom den endimensionella matematiska modellen försummar inver-



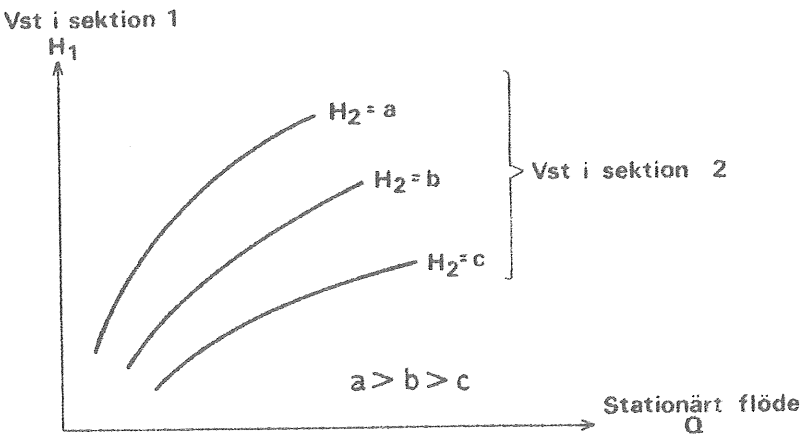
a) olika våghastigheter

b) lateral utströmning från huvudfåran vid stigande vattenföring

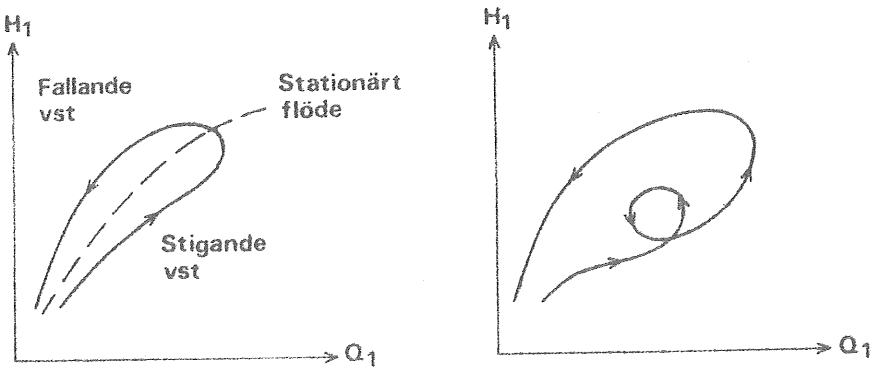
c) lateral inströmning mot huvudfåran vid sjunkande vattenföring

Fig 8-1 Laterala (tvådimensionella) flödesförhållanden vid icke stationär strömning.

kan av dessa faktorer och på grund av att vi ej kan förutsäga vilka felaktigheter dessa medför, bör modellen testas mot observerade flödesförlopp. Vi måste undersöka om det med hjälp av lämpligt valda råhetskoefficienter eller genom införandet av extra energiförlusttermer är möjligt att simulera de verkliga flödes- och vattenståndsförhållandena.



a) Stationärt flöde. Avbördningskurvor svarande mot olika dämningsförhållanden. Sektion 2 är nedströmssektion.



b) Samband vattenstånd-flöde av loop-typ vid icke stationärt flöde.

Fig 8-2 Samband vattenstånd-flöde vid stationärt och icke stationärt flöde

Vid stationär strömning utan dämningseffekter är det möjligt att för varje sektion i vattendraget uppställa ett entydigt samband mellan flöde och vattendjup. Om dämningseffekter finns måste vi konstruera en avbördningskurva för varje dämningsnivå, vilket kan ske på det sätt som skisserats i fig 8-2a. Vi får alltså ett samband av typen $Q = f(H_1, H_2)$ där H_1 och H_2 är vattenstånden i två skilda sektioner.

Om flödet varierar kan vi ej konstruera någon unik avbördningskurva. För det fall att flödesvariationerna är långsamma kan vi eventuellt anta att avbördningskurvan fortfarande är av typen $Q = f(H_1, H_2)$, se t ex Rundgren (1969). Vid snabbare variationer måste vi dock ta hänsyn till att flödet Q_1 i sektion 1 är skilt från flödet Q_2 i sektion 2, vilket ger oss samband av formen $Q_1 = f(H_1, H_2, Q_2)$ vilka blir praktiskt omöjliga att konstruera emedan de blir beroende av flödets variation i tiden. Vid icke stationärt flöde blir sambandet $Q_1 = f(H_1)$ av loop-typ, ofta med komplex form, se fig 8-2.

Under årens lopp har ett mycket stort antal beräkningsmetoder baserade på förenklade rörelseekvationer utvecklats (t ex genom försummande av en eller flera accelerationstermer, linearisering eller försummande av friktionstermen), se Miller och Cunge (1975). Den mest kända är den på kontinuitetsekvationen baserade Muskingum-metoden, se även Chow (1959) och Cunge (1969).

Allmänt sett ger användandet av de fullständiga rörelseekvationerna säkrare resultat än de förenklade metoderna. Framför allt är matematiska modeller baserade på de fullständiga ekvationerna mera generella och lättare att anpassa till olika typer av problemställningar. Förenklade metoder kan dock i många fall fortfarande vara att föredraga vid t ex långsamt varierande flöden på grund av lägre beräkningskostnader. Tendensen synes dock vara den att utvecklingen går mot ett allt större utnyttjande av de fullständiga ekvationerna allt eftersom dokumentationen rörande lösningsmetoder och beräkningsresultat växer. En stor andel i denna utveckling har den ökade tillgången på snabba datorer med stor minneskapacitet.

8.2 Målsättning med den utvecklade matematiska modellen.

Målsättningen med den matematiska modellen, applicerad på reglerade vattendrag vid subkritisk strömning, är att för givna tappningsförhållanden vid uppströms och nedströms kraftstation kunna beräkna vattenstånds- och flödesvariationer längs vattendraget mellan de två stationerna.

Enligt denna målsättning är alltså randvillkoren $Q_{upp} = Q_{upp}(t)$; $Q_{ned} = Q_{ned}(t)$. Även andra randvillkor kan dock hanteras t ex $Q_{upp} = Q_{upp}(t)$ och $H_{ned} = H_{ned}(t)$ för att vid given tappning i uppströms kraftstation kunna beräkna erforderlig tappning vid nedströms station för att där hålla konstant vattenstånd. Byte av nedströms randvillkor kan ske under beräkningens gång. Vidare tillåtes lateralt tillflöde mellan stationerna. Modellen kan i sin nuvarande utformning ej behandla älvsträckor med "shuntledning" (loop), se fig 8-3a. Dubbelsveps-algoritmen kan dock anpassas även till detta beräkningsfall. Svårigheter har emellertid tillstött vad avser den numeriska precisionen varför den framtagna algoritmen ännu ej är praktiskt användbar (kräver beräkning med s k dubbel precision innebärande hög beräkningskostnad och stort minnesbehov).

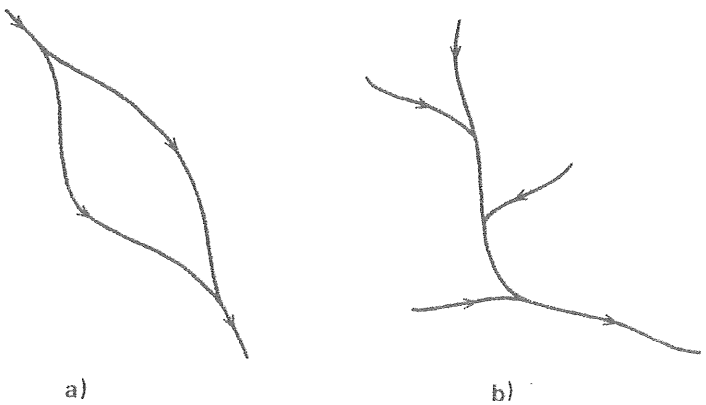


Fig 8-3 a) Älvsträckning med "loop"
b) Konvergerande flodsystem

En anpassning av modellen för beräkning av ett trädformat (konvergerande) älv- eller kanalsystem, fig 8-3b, erbjuder inga principiella svårigheter.[1] Den härför erforderliga tekniken utnyttjas vid beräkning av flödesförlopp i ledningssystem, se kap 9.

---

1) Nu genomförd i ROUTE-S.

8.3 Geometriska indata

Den finita differenstekniken kräver att vattendraget indelas i segment genom val av beräkningspunkter. Det här utnyttjade differensschemat förutsätter en indelning i H-punkter och Q-punkter där H-punkterna bör väljas så att sektionen varierar möjligast likformigt mellan dessa punkter, se fig 8-4. Q-punkterna placeras därefter automatiskt mitt emellan H-punkterna.

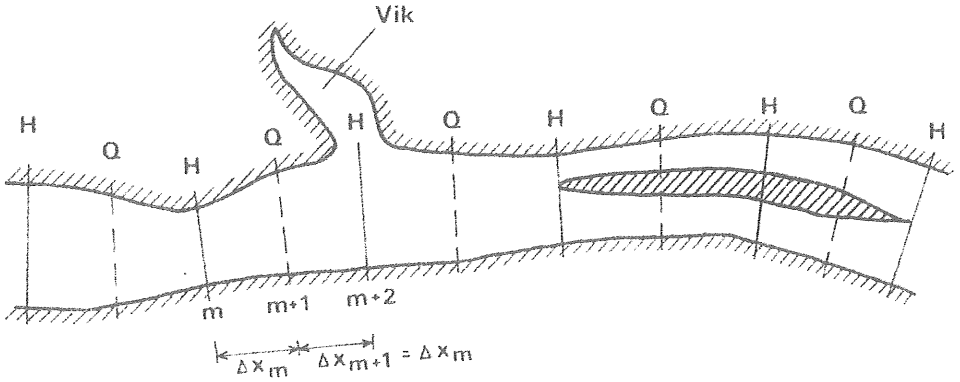


Fig 8-4 Val av beräkningspunkter. Sektionsdata ges endast i H-punkterna.

I H-punkterna tabelleras för varje brytpunkt sektionsbredderna b_1 och b_2 enligt fig 8-5, så att arean A och hydrauliska radien R kan beräknas för varje vattennivå under det aktuella flödesförloppet. Ur beräkningskostnadssynpunkt kunde det möjligen vara gynnsammare att även tabellera A och R och ta fram mellanliggande värden genom interpolering.

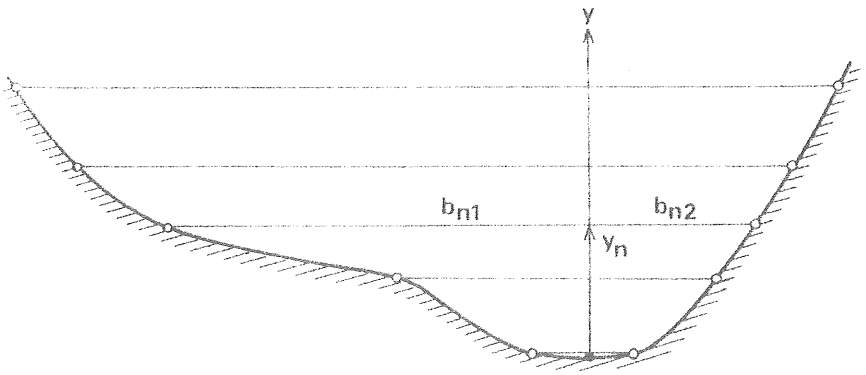


Fig 8-5 Geometrisk representation av tvärsektionen. Brytpunkternas nivåer relateras till aktuellt höjdsystem.

Vikar, avsnörda sjöar m m betraktas som enbart magasinsvolymer och hänföres till närmast liggande H-punkt. Om vattendraget delas upp i en huvudfåra och en sidofåra av en mindre bank eller ö, behandlas dessa som en sammansatt sektion, se ekv (8.6).

8.4 Beräkning av friktionstermen I_f

Vattendragets hydrauliska kapacitet beskrivs av friktionslutningen I_f, vilken allmänt formulerad kan skrivas

$$I_f = Q\,|Q|\,/K^2 \qquad (8.1)$$

där K är den aktuella sektionens transportfaktor (eng. conveyance factor). Om vi utnyttjar Mannings formel

$$Q = MAR^{2/3}\,|I_f|^{1/2} \cdot I_f / \,|I_f| \qquad (8.2)$$

där M är Mannings tal (eller Stricklers koefficient) erhålles transportfaktorn till

$$K = MAR^{2/3} \;; \qquad (8.3)$$

Under förutsättning av en bred rektangulär kanal med likformigt fördelad skärspänning längs bottnen kan Mannings tal vid turbulent strömning visas vara en funktion av bottnens ekvivalenta sandråhet k enligt, se t ex Engelund (1964),

$$M = 25.4/k^{1/6} \;; \quad \left[m^{1/3}/s\right] \qquad (8.4)$$

om

$5 < R/k < 340.$

I ett naturligt vattendrag är förutsättningen om likformigt fördelad skärspänning aldrig uppfylld varför Mannings tal, definierat av ekv (8.2), ej blir en entydig funktion av bottnens råhet. Genom att förutsätta att hastighetsfördelningen i varje vertikal följer en logaritmisk lag har emellertid Engelund (1964) visat att man genom att byta den hydrauliska radien R mot en motståndsradie R_*

$$\sqrt{R_*} = \frac{1}{A} \int_0^B y^{3/2}\, dz \; ; \qquad (8.5)$$

kan återföra Mannings tal till att vara en funktion av enbart bottnens råhet. I ekv (8.5) är y det lokala vattendjupet i tvärsektionen på avståndet z från ena stranden.

Man kan diskutera om det är motiverat att för ett naturligt vattendrag komplicera beräkningarna genom att införa R_*.[1] Förutsättningarna för att vi skall kunna bestämma Mannings tal med utgångspunkt från en definierad sandråhet k är mycket små. De totala förlusterna längs ett vattendrag utgöres dels av s k rena friktionsförluster (Mannings förluster), dels av tilläggsförluster på grund av variationer i sektionsarean längs vattendraget, krökar m m. Det är givetvis önskvärt att man om möjligt separerar dessa olika typer av förluster. Den aktuella modellen medger emellertid ej ett sådant förfarande. Modellens uppbyggnad förutsätter alltså i sin nuvarande utformning att man, med utgångspunkt från observerade flödesförhållanden, kan bestämma ett värde på Mannings tal, som tar hänsyn till dels normala friktionsförluster, dels tilläggsförluster av vad slag de vara månde. En sådan bestämning bör ju vara möjlig för ett reglerat vattendrag, där vattenstånden oftast uppvisar en relativt blygsam variation och således både friktionsförluster och tilläggsförluster i huvudsak är proportionella mot kvadraten på strömningshastigheten.

I de fall då vattendraget delas upp i en huvudfåra och sidofåra åtskilda av en mindre bank eller ö, behandlas dessa som en sammansatt tvärsektion, dvs transportfaktorn erhålles som summa av huvudfårans och sidofårans K-värden,

$$K_{total} = K_{huvudfåra} + K_{sidofåra} \qquad (8.6)$$

Som framgått av diskussionen finns många möjligheter till utveckling och eventuellt också förenkling av modellen vad avser beräkningen av transportfaktorn K. Den största nackdelen med den nuvarande utformningen är att man har svårt att förutsäga effekten av t ex en vidgning av en trång sektion. För att en tillförlitlig prognos skall kunna göras krävs en separering av friktions- och tilläggsförluster.

---

1) Ökad beräkningskostnad.

8.5 Beräkning av initiella vattenstånd

För att beräkningen skall kunna startas krävs som begynnelsevillkor att vattenstånd och vattenföring är givna i varje beräkningssektion. I modellen beräknas vattenstånden utifrån förutsättningen att flödet är stationärt och att vattenståndet vid nedströms rand är givet (modellen avser ju enbart subkritiska förhållanden). Beräkningen sker stegvis i uppströms riktning sektion för sektion på gängse sätt genom iterering baserad på rörelseekvationerna för stationär, gradvis varierande strömning ($\beta = 1$)

$$\frac{\partial Q}{\partial x} = q;$$

$$\frac{\partial}{\partial x}\left(\frac{Q^2}{A}\right) + gA\frac{\partial H}{\partial x} = -gAI_f; \qquad (8.7)$$

Som kommer att framgå av kap 8.6 dör effekten av initiella data snabbt ut om som uppströms randvillkor utnyttjas $Q=Q_{upp}(t)$ och som nedströms randvillkor $H = H_{ned}(t)$. Det är således ej nödvändigt att genom mätningar skaffa sig initiella data längs älven för ett tidsberoende förlopp. De beräknade värdena kommer efter viss beräkningstid att anpassa sig till det verkliga förloppet oberoende av vilka initiella data som givits.

8.6 Kalibrering och test av den matematiska modellen

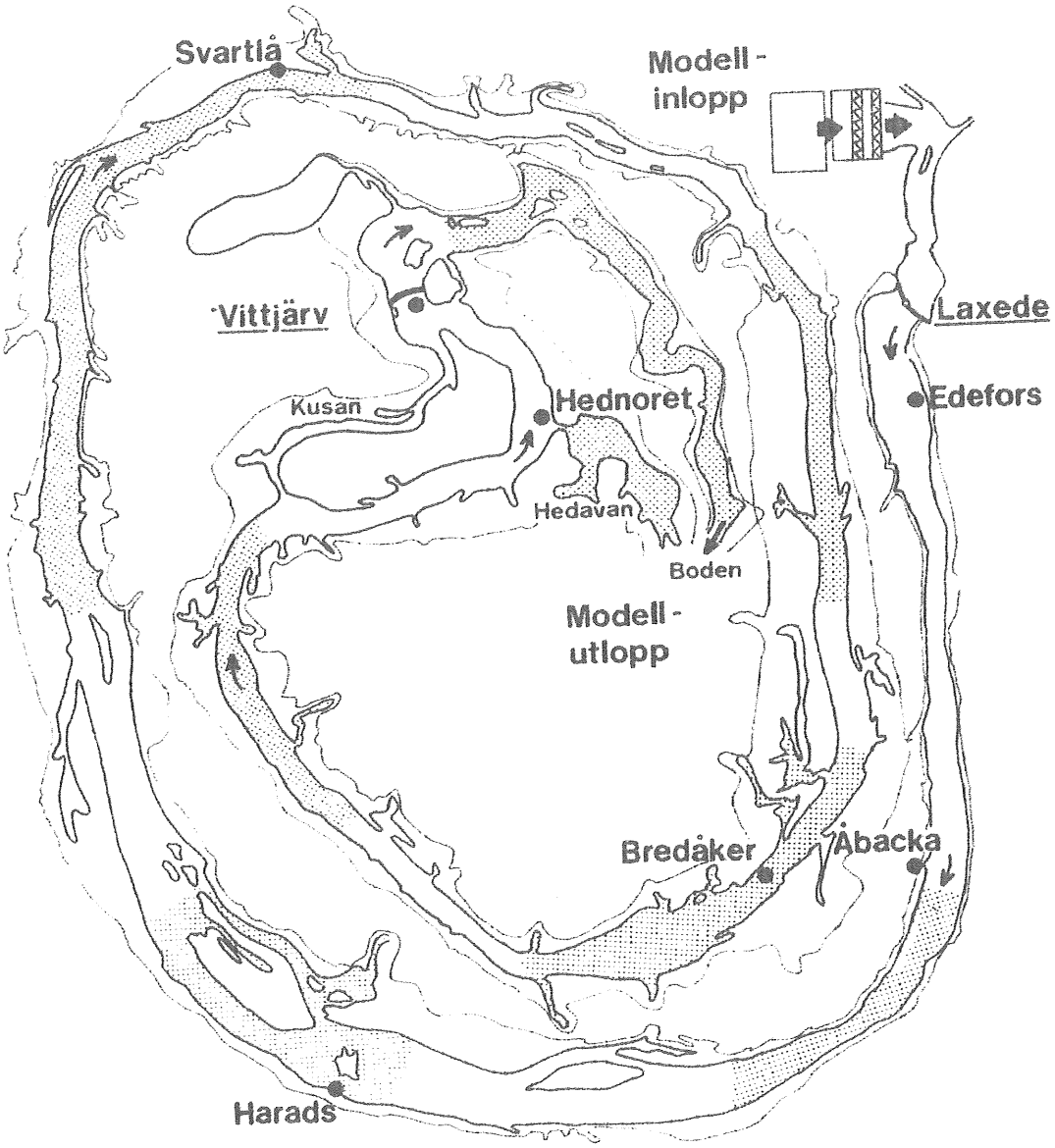
Vid Statens Vattenfallsverks vattenbyggnadslaboratorium i Älvkarleby har byggts en fysikalisk modell av den 61 km långa älvsträckan i Lule älven mellan kraftstationerna Laxede och Vittjärv, fig 8-6. Av utrymmesskäl har modellen utformats som en spiral. De prickade avsnitten i figuren utgörs av älvsträckor vilka i modellen har en annan krökning än i prototypen. Som framgår av de angivna modellskalorna är modellen förställd. Med hjälp av speciella råhetselement har modellen kalibrerats så att i prototypen uppmätta vattenstånd kunnat reproduceras vid stationära vattenföringar, se tabell 8-1.

Mätpunkt	Avst. från Laxede i km	Vattenstånd i m ö h vid angiven konstant vattenföring										
		450 m^3/s			595 m^3/s			680 m^3/s			1000 m^3/s	
		A	B	C	A	B	C	A	B	C	B	C
Edefors	1.2	19.97	19.99	19.97	20.25	20.22	20.25	20.39	20.42	20.41	20.98	20.98
Åbacka	7.0	19.94	19.93	19.94	20.20	20.18	20.20	20.34	20.36	20.35	20.90	20.90
Harads	15.6	19.82	19.82	19.82	20.03	20.02	20.05	20.15	20.20	20.18	20.70	20.70
Svartlå	30.3	19.65	19.67	19.65	19.79	19.80	19.81	19.88	19.91	19.91	20.33	20.33
Bredåker	45.0	19.61	19.59	19.61	19.73	19.70	19.73	19.80	19.80	19.81	20.14	20.14
Hednoret	58.6	19.52	19.52	19.52	19.60	19.60	19.60	19.66	19.66	19.66	19.93	19.93
Vittjärv	61.2	19.40	19.40	19.40	19.40	19.40	19.40	19.40	19.40	19.40	19.45	19.45

Tabell 8-1 Sträckan Laxede - Vittjärv i Lule älv. Vattenstånd vid konstant vattenföring i prototyp (A), laboratoriemodell (B) och matematisk modell (C). Några prototypsdata för vattenföringen 1000 m^3/s finns ej. Den matematiska modellen har kalibrerats mot dels prototypsförhållanden vid 450 m^3/s, dels i modellen uppmätta vattenstånd vid 1000 m^3/s.

I den matematiska modellen utnyttjas 194 stycken H-punkter ($\Delta x \approx 150$ m) för vilka erforderliga sektionsparametrar tabellerats utifrån de geometriska data som använts vid konstruktionen av laboratoriemodellen. Som framgår av fig 8-6 kompliceras älvens geoemtri av öar, vikar och avsnörda sjöar, vilka i modellen beaktats på det sätt som skisserats i kap 8.2. Även Kusån, strax uppströms Vittjärv, har sålunda behandlats som en sidosektion till huvudfåran. För Kusån anges ett flöde av ca 30 m^3/s vid en tappning av 450 m^3/s, varför dess effekt på flödesförloppet torde vara relativt ringa. Någon möjlighet att beakta in- och utströmningsförhållandena till sjön Hedavan finns tyvärr ej. Även denna sjö har approximerats som ett till älven direkt knutet magasin med samma vattenstånd som älven. Ej heller i laboratoriemodellen har en inkalibrering kunnat ske av Kusån eller ut- och inströmningen till Hedavan.

Kalibreringen av den matematiska modellen tillgår så att man som första approximation antar att vattenståndet varierar linjärt mellan kalibreringspunkterna varvid ett Mannings tal kan lösas för varje sådan delsträcka. Denna procedur genomföres för varje kalibreringsvattenföring. De funna värdena på Mannings tal kopplas till



Skalförhållanden

Längd 1:400, Djup 1:80, Hastighet 1:9, Tid 1:44,7
Volym 1:286 000

Beteckningar

Modelldel med artificiell krökning

● Mätpunkt

Fig 8-6 Statens Vattenfallsverks vattenbyggnadslaboratorium. Fysikalisk modell av den 61 km långa älvsträckan mellan kraftstationerna Laxede och Vittjärv i Lule älv.

vattenytans medelnivå för resp delsträcka och vattenföring så att ett stegvis linjärt samband erhålles mellan Mannings tal och vattenståndet. De uppställda sambanden testas därefter med hjälp av en stegvis beräkning av vattenstånden från nedre till övre randen. I allmänhet erhålles då en liten differens mellan de beräknade och uppmätta kalibreringspunkterna på grund av att det tidigare gjorda antagandet om linjär variation av vattenståndet ej var uppfyllt. Viss mindre justering av de antagna värdena på Mannings tal kan därför bli erforderlig.

I det aktuella fallet har den matematiska modellen inkalibrerats mot dels de i prototypen uppmätta vattenstånden för vattenföringen 450 m^3/s, dels de i laboratoriemodellen för 1000 m^3/s. Härvid erhölls för de sex delsträckorna de värden på Mannings tal som redovisas i tabell 8-2.

Delsträcka	Q = 450 m^3/s		Q = 1000 m^3/s	
	Vattenytans medelnivå m ö h	M-värde	Vattenytans medelnivå m ö h	M-värde
Laxede-Åbacka	19.96	46	20.94	49
Åbacka-Harads	19.88	35	20.80	39
Harads-Svartlå	19.74	29	20.51	31
Svartlå-Bredåker	19.63	27	20.23	27
Bredåker-Hednoret	19.55	21	20.03	27
Hednoret-Vittjärv	19.46	14	19.69	14

Tabell 8-2 Vid kalibrering mot i prototyp (450 m^3/s) och fysisk modell (1000 m^3/s) uppmätta vattenstånd erhållna värden på Mannings tal M.

(Med hänsyn till de stora variationerna i värdena bör det kanske ännu en gång påpekas att M-värdet är en funktion av dels bottnens råhet, dels tilläggsförluster på grund av olikformig geometri). Utifrån de så erhållna värdena och under antagande av en rätlinjig variation i M-värdet med vattendjupet beräknades därefter vatten-

stånden vid flödena 595 resp 680 m^3/s, tabell 8-1. Överensstämmelsen med i prototypen och laboratoriemodellen uppmätta värden visade sig då vara så god att någon direkt kalibrering ej ansågs nödvändig för dessa flöden. Det kan tilläggas att fortvarighetstillstånd troligen ej erhållits i prototypen vid vattenföringen 680 m^3/s. De angivna vattenstånden bedömes motsvara ett något lägre flöde.

Det är givetvis önskvärt att den mot stationära (eller kvasistationära) förhållanden m a p Mannings tal inkalibrerade modellen testas mot ett uppmätt icke stationärt förlopp i och för kontroll av att modellens dynamiska egenskaper överensstämmer med prototypens. Resultatet av en sådan test redovisas i fig 8-7. Tappningen i Laxede följde då den i figuren angivna kurvan medan nedströms randvillkor utgjordes av konstant vattenstånd (+ 19.40 m) i Vittjärv. Överensstämmelsen mellan de i prototypen uppmätta och de beräknade vattenstånden är som framgår mycket god. Den största avvikelsen har erhållits i punkten Svartlå, vilket är förklarligt med hänsyn till att Svartlå är den enda kalibreringspunkten på det 30 km långa avsnittet Harads-Bredåker. Kalibreringen blir givetvis bättre ju fler kalibreringspunkter det finns att tillgå. Dessa bör dessutom vara så utplacerade att avsnitt med stora friktionsförluster kan separeras från sådana med små förluster, varigenom en mera nyanserad bild erhålles av friktionsförhållandena.

De i laboratoriemodellen erhållna vattenstånden uppvisar något större avvikelse än de beräknade. Överensstämmelsen måste dock även i detta fall betecknas som mycket god med hänsyn till de rent mättekniska svårigheter som är förknippade med arbetet i en sådan liten geometrisk skala och tidsskala. Med höjdskalan 1:80 motsvarar ju 10 cm vattenståndsdifferens i prototypen endast 1.25 mm i modellen. Om hänsyn tas till inverkan av den menisk som måste erhållas kring en i vattnet stående nivågivare (för låg nivå vid stigande vattenstånd, för hög nivå vid fallande vattenstånd) blir överensstämmelsen i huvudsak som för den matematiska modellen.

Den redovisade beräkningen har genomförts med varierande tidssteg, 2 min under 20 min efter större tappningsändring, 10 till 20 min under resten av förloppet, innebärande Courant-tal (medelvärde för delsträckorna) av storleksordningen $6 < Cr < 50$.

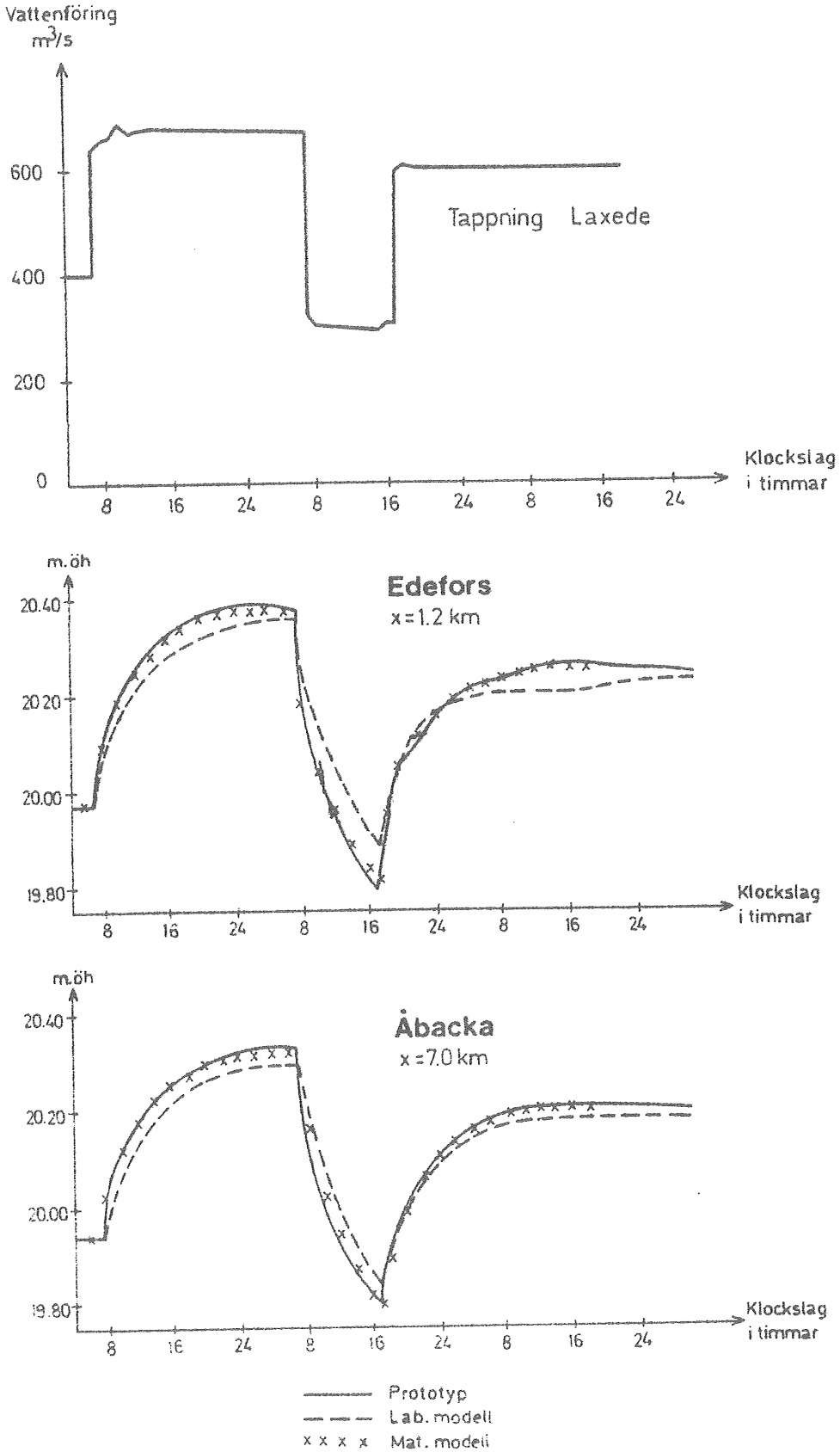


Fig 8-7 Älvsträckan Laxede - Vittjärv (61, 2 km) i Luleälv: Beräknade och uppmätta vattenstånd för angiven tappning i Laxede och konstant vattenstånd +19.40 m vid Vittjärv.

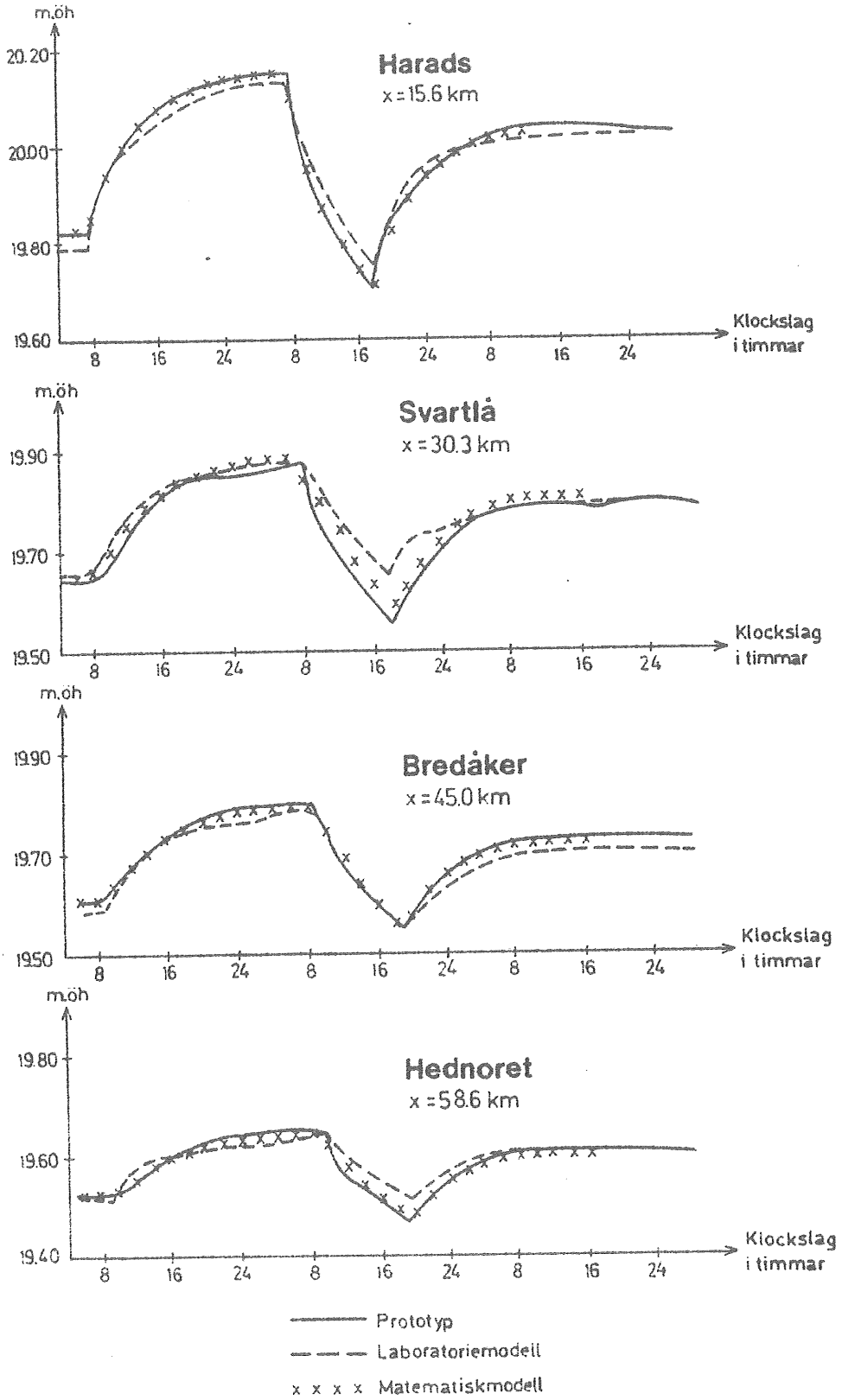
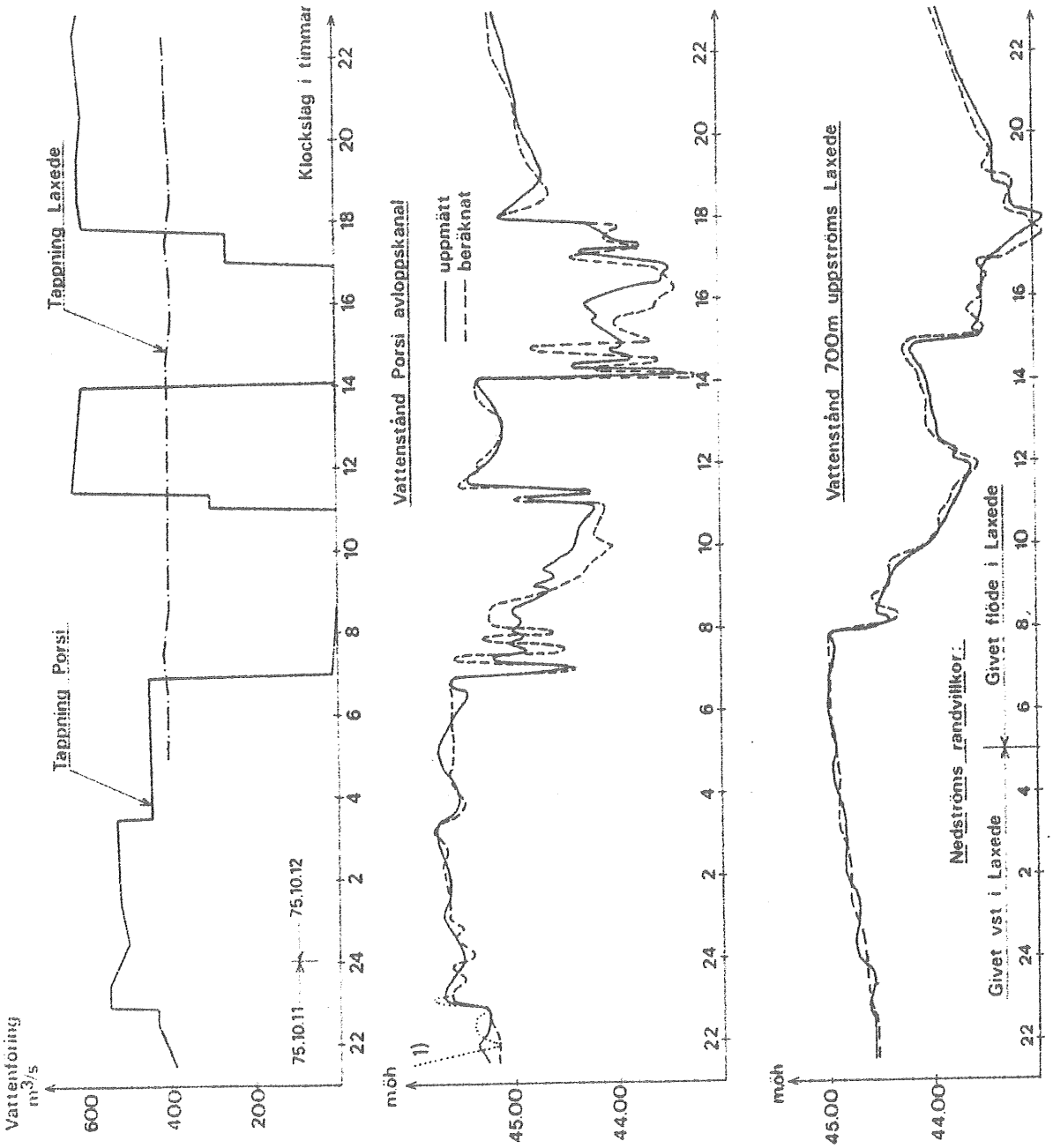


Fig 8-7 forts. Älvsträckan Laxede - Vittjärv (61,2 km) i Lule älv: Beräknade och uppmätta vattenstånd för angiven tappning i Laxede och konstant vattenstånd + 19.40 m vid Vittjärv:

Flödeshastigheterna (medelhastigheterna Q/A) var för Q = 600 m^3/s mindre än 0.5 m/s. Strömningsförhållandena är utpräglat subkritiska med värden på Froudes tal < 0.1.

I avsikt att söka minska beräkningskostnaderna har även konstruerats en modell där rörelseekvationerna approximeras utifrån dubblerade längdsteg. Dock approximeras vattenlinjearean i kontinuitetsekvationen med utgångspunkt från alla givna H-punkter, för att uppskattningen av magasinerad vattenvolym, vilket är mycket väsentligt vid regleringsberäkningar, ej skulle bli behäftad med alltför stora fel. De med denna modell genomförda beräkningarna (beräkningskostnaderna reducerades med 40 % vid bibehållna tidsteg), gav vattenstånd som endast marginellt (< 1 cm) avvek från de tidigare erhållna. (Denna modell benämnes ROUTE-SD och utgör ett separat programpaket). Det för sträckan Laxede-Vittjärv erhållna magasineringsfelet motsvarade en tillrinning (eller utflöde) ≈ 1 m^3/s. Vid de beräkningar som för Statens Vattenfalls räkning utförts på andra älvsträckor har därför denna modellversion utnyttjats.

I fig 8-8 redovisas resultatet från en testberäkning avseende älvsträckan mellan kraftstationerna Porsi och Laxede (26 km) utförd med den förenklade modellversionen med ett beräkningssteg av i medeltal 300 m. Modellen har först inkalibrerats mot ett vid ett annat tillfälle uppmätt flödesförlopp varefter de därvid erhållna värdena på Mannings tal utnyttjats för den redovisade beräkningen. Vid beräkningens start 75-10-11, kl. 21.30, var förhållandena kvasistationära med en vattenföring på ca 400 m^3/s. Som begynnelsevillkor valdes därför en stationär vattenföring av 406 m^3/s. För att flöden och vattenstånd längs älven skulle få möjlighet att ställa in sig på korrekta värden utnyttjades fram till 75-10-12, kl. 05.00, det vid Laxede uppmätta vattenståndet som nedströms randvillkor medan övre randvillkoret under hela förloppet var den i Porsi angivna tappningen. Att vattenstånden efter en viss beräkningstid verkligen anpassar sig till de uppmätta, oavsett de antagna utgångsvärdena, framgår av den prickade linjen för Porsi avloppskanal erhållen vid en beräkning som utgått från en initiell vattenföring om 600 m^3/s. Det är således ej nödvändigt att för en kalibrering av modellen utnyttja stationära förhållanden, även om detta givet-



1) Vattenståndsutveckling vid beräkning utgående från en initiell vattenföring om 600 m^3/s.

Fig 8-8 Älvsträckan Porsi - Laxede (26 km) i Lule älv: Jämförelse mellan beräknade och uppmätta vattenstånd 1975-10-12.

vis förenklar bestämningen av Mannings tal. Effekten av de initiella värdena dör således snabbt ut.

Som framgår av fig 8-8 har en mycket god överensstämmelse erhållits mellan uppmätta och beräknade vattenstånd efter kl 05.00, 75-10-12, då nedströms randvillkor ändrades till given tappning i Laxede. Det är intressant att notera hur väl modellen återger den respons som en tappningsändring i Porsi ger 1 timme senare i Laxede. Till bilden hör att älven ca 2 km uppströms Laxede gör en mycket skarp krök innebärande att kalibreringen för dessa 2 km gav ett Mannings tal om endast M = 13 medan det för övriga delar av älven är M = 25-30.

För Porsi avloppskanal har beräkningen vid tappningsminskningar givet svängningsförlopp med större amplitud än de som uppmätts, medan överensstämmelsen vid tappningsökningar är mycket god. Det kan noteras att tillgängliga tappningsprotokoll och körorder i vissa fall endast tillåter en relativt schematisk rekonstruktion av tappningsförloppen utifrån angivna timmedelvärden.

Beräkningarna i fig 8-8 har genomförts med varierande tidsteg ($5 \text{ min} \leq \Delta t \leq 20 \text{ min}$) innebärande Couranttal av storleksordningen $5 < Cr < 30$.

8.7 Prognos av vattenståndsvariationer

I Lule älv planeras en effektutbyggnad vid de redan existerande kraftverken vilken, om den genomföres, kommer att innebära större och snabbare vattenstånds- och vattenföringsvariationer än de som erhålles vid nuvarande tappningsförhållanden. Tyvärr medger ej av vattendomstolen fastställda föreskrifter att provtappningar enligt planerade tappningsschema genomföres. Prognoser måste därför utarbetas med hjälp av matematiska eller fysikaliska modeller.

Målsättningen med den tidigare beskrivna laboratoriemodellen var att med utgångspunkt från givna dämnings- och sänkningsnivåer vid Vittjärv, DG = + 19.50 m, SG = + 19.00 m, undersöka möjligheten att genomföra olika planerade tappningsalternativ vid Laxede. Ett av dessa studerade alternativ redovisas i fig 8-9.

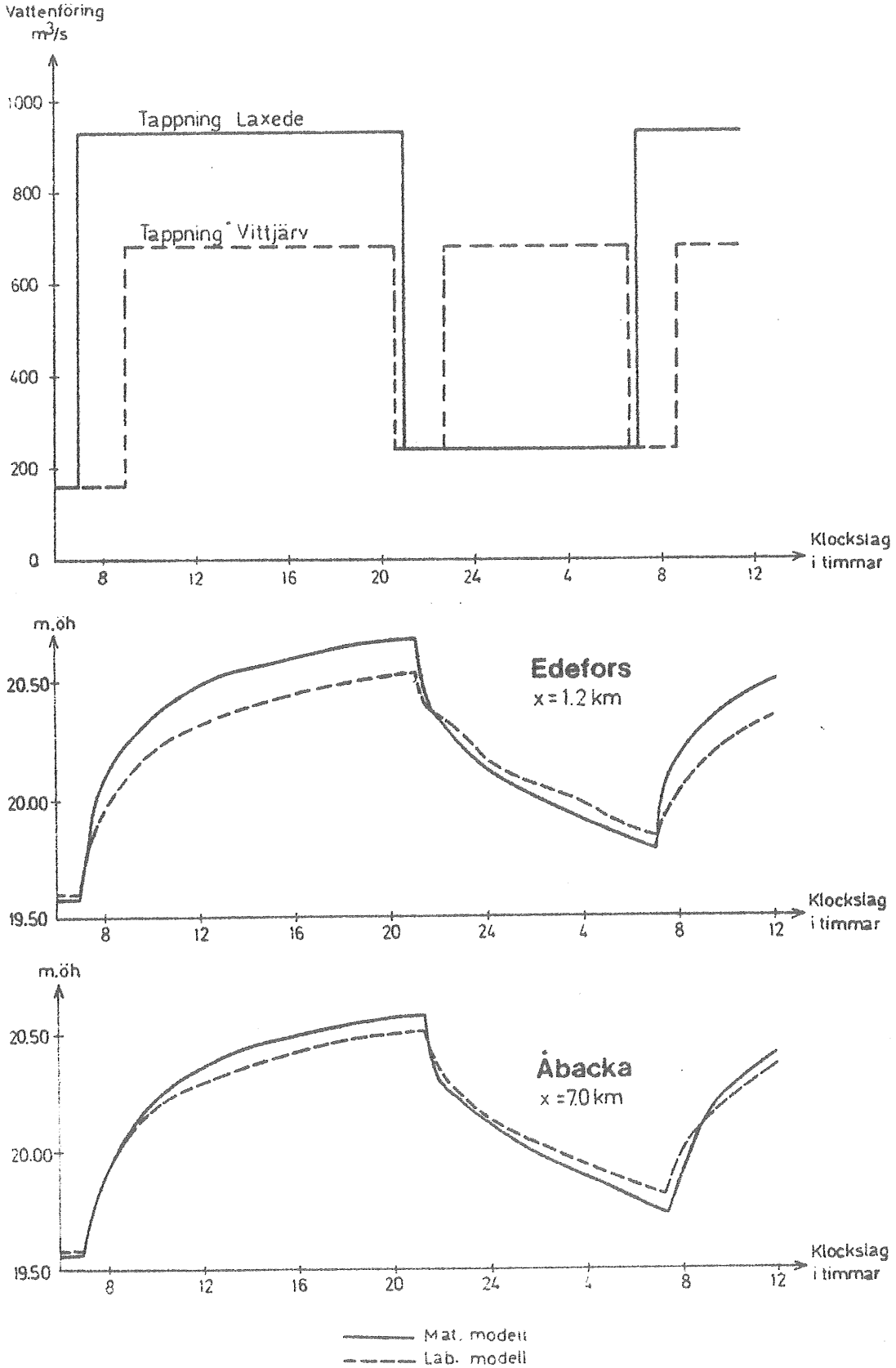


Fig 8-9 Älvsträckan Laxede - Vittjärv (61.2 km) i Lule älv: Beräknade och i laboratoriemodell uppmätta vattenstånd för angivna tappningar i Laxede och Vittjärv.

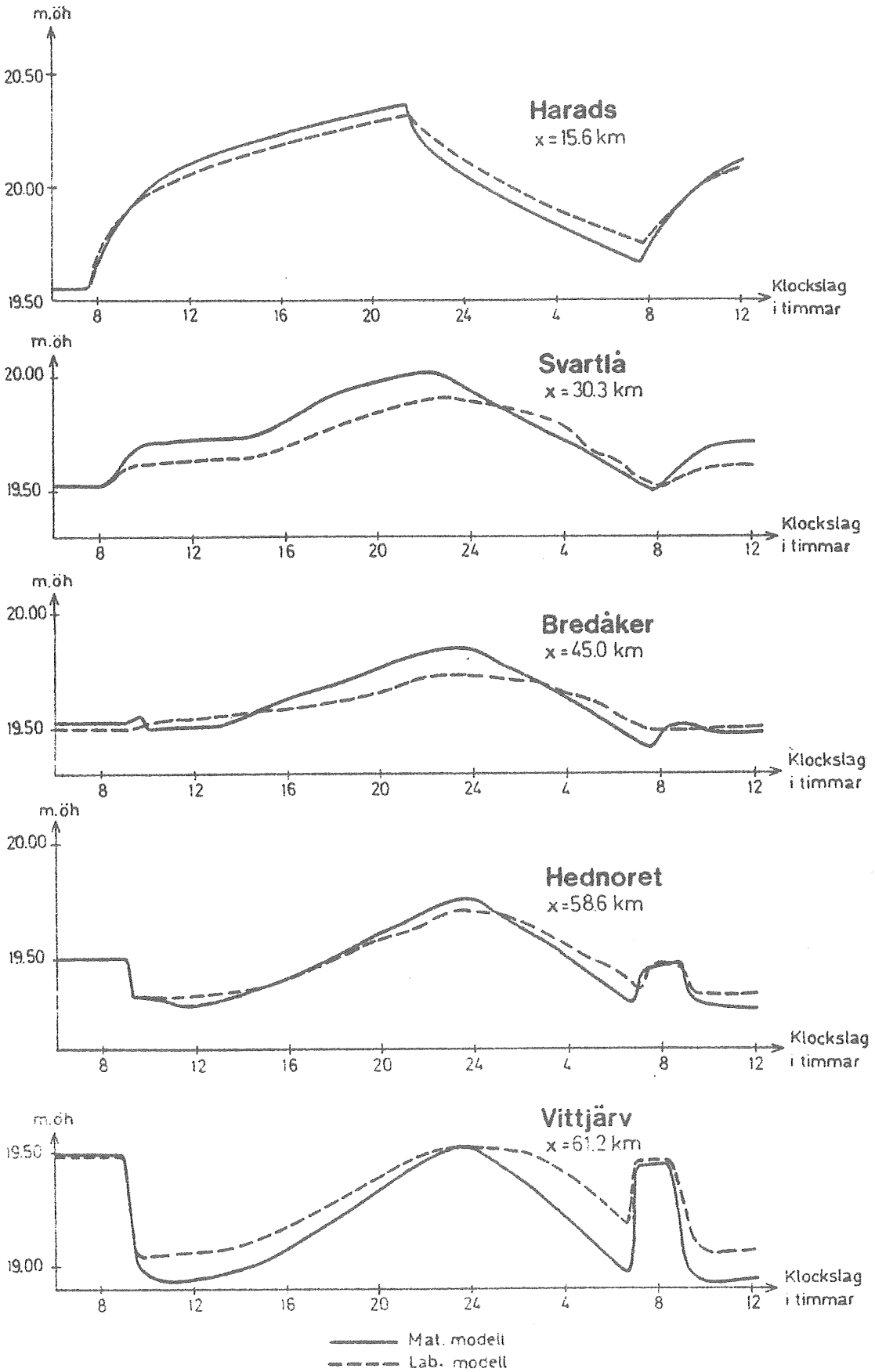


Fig 8-9 forts Älvsträckan Laxede - Vittjärv (61.2 km) i Lule älv: Beräknade och i laboratoriemodell uppmätta vattenstånd för angivna tappningar i Laxede och Vittjärv.

Som framgår av figurerna är vattenståndet vid Vittjärv mycket känsligt för tappningsändringar. Vidare fann man att en fasförskjutning erfordras mellan tappningsändringarna i Laxede och i Vittjärv för att vattenståndet vid Vittjärv ej skall över- eller underskrida de angivna gränserna. Till förutsättningarna hör dessutom att utbyggnadsvattenföringen 680 m^3/s vid Vittjärv ej bör överskridas.

Den matematiska modellen ger för de angivna tappningarna något större vattenståndsvariationer än laboratoriemodellen, fig 8-9. Överensstämmelsen måste dock sägas vara god med hänsyn till dels de mättekniska svårigheterna, dels svårigheten att helt korrekt kalibrera den matematiska modellen. Det studerade älvavsnittet har ju en mycket komplicerad geometri. Vidare har en kalibrering ej kunnat ske vid vattenstånd lägre än + 19.40 m vid Vittjärv. En viss osäkerhet kommer alltid att vidlåda beräkningsresultat avseende förlopp som går utanför de vattenförings- och vattenståndsintervall inom vilket modellen kunnat kalibreras.

8.8 Sammanfattning

Den konstruerade matematiska modellen har visat sig väl kunna simulera uppmätta flödesförlopp, även för geometriskt sett komplicerade älvfåror. För att modellen skall kunna ge en god prognos av vattenståndsutvecklingen för ett planerat tappningsförfarande krävs att modellen kalibreras (bestämning av Mannings tal för olika delsträckor) mot uppmätta vattenståndsvariationer.

APPENDIX C

Detaljerad beskrivning av indata.

Korttyp 1 : Textkort

TEXT

20A4

EFFEKTTAPPNING: MESSAURE-PORSI 1937 VECKA 38

TEXT : Datafält för lagring av textinformation (t. ex. projektidentifikation)
Skrivs ut i huvudrubriken till programutskriften.
Texten placeras helt valfritt i de 80 positionerna.

Korttyp 2 : Val av beräkningsslag , m.m

BASFL	MKALK	INKOLL	PLOTTA	
1 2 3 4 5	6 7 8 9 10	11 12 13 14 15	16 17 18 19 20	21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80
F	F	T	F	2

BASFL : Om vattenstånd endast skall beräknas för givna stationära flöden och givna Mannings tal sätts T (basflödesberäkning). Om beräkning skall ske av vattenstånd och flöden vid icke-stationärt tillstånd sätts F. Högerjusterat.

MKALK : Om Mannings tal skall beräknas utifrån uppmätta vattenstånd sätts T, annars F. Vid T avbryts programmet sedan en basflödesberäkning genomförts med de erhållna värdena på Mannings tal. Högerjusterat.

INKOLL : Anger vid T att inlästa sektionsdata skall skrivas ut, annars skrives F. Högerjusterat.

PLOTTA: Anger vid T att alla beräknade värden skall sparas på fil 12.

Korttyp 3 : Antal knutpunkter, fria knutpunkter och sjöar samt högsta tillåtna antal sektioner

NKNUT	NUPP	NSJO	MAXSID	MAXANT	
1 2 3 4 5	6 7 8 9 10	11 12 13 14 15	16 17 18 19 20	21 22 23 24 25	26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80
I5	I5	I5	I5	I5	
					3

NKNUT : Totala antalet knutpunkter inklusive nedersta sektionen (utlopp), max 10. Högerjusterat.

NUPP : Antalet ´fria´ knutpunkter, max 5 st. Högerjusterat.

NSJO : Antalet sjöar, max 10. Högerjusterat.

MAXSID : Högsta antalet tillåtna sidosektioner. Högerjusterat.

MAXANT: Högsta antalet tillåtna sektioner. Högerjusterat.

De på **MAXSID** och **MAXANT** angivna värdena behöver ej uppnås i flodsystemet, utan de används bara för intern minnesfördelning enligt formeln **MAXANT + MAXSID ≤ 250 - (NKNUT - 1)**

Korttyp 4 : Data för knutpunkter och flodgrenar

NKOL	KNUT (1)	KNUT (2)	KNUT (3)	KNUT (4)	LUPP	LNED	AKNUT (1)	ZKNUT(1)	AKNUT (2)	ZKNUT(2)	AKNUT (3)	ZKNUT(3)	
1 2	3 4	5 6	7 8	9 10	11 12 13 14 15 16 17 18 19 20	21 22 23 24 25 26 27 28 29 30	31 32 33 34 35 36 37 38 39 40	41 42 43 44 45	46 47 48 49 50 51 52 53 54 55	56 57 58 59 60	61 62 63 64 65 66 67 68 69 70	71 72 73 74 75	76 77 78 79 80
I2	I2	I2	I2	I2	I10	I10	F 10	F5	F10	F5	F 10	F5	
													4

NKOL : Knutpunktens nr, max 10. Högerjusterat.

KNUT (1): Antalet inkommande flodgrenar, max 2. Lämnas blank för "fri" knutpunkt. Högerjusterat.

KNUT (2): Nummer på 1:a inkommande flodgren. Högerjusterat.

KNUT (3): Nummer på 2:a inkommande flodgren. Lämnas blank om endast en inkommande flodgren. Högerjusterat.

KNUT (4): Nummer på utgående flodgren. Lämnas blank för utloppspunkt. Högerjusterat.

LUPP : Längdkoordinat (m) för begynnelsesektion (i givet referenssystem) på den nedanför knutpunkten befintliga flodgrenen. Högerjusterat.

LNED : Längdkoordinat (m) för slutsektion på flodgrenen. Högerjusterat.

AKNUT : Area (m^2) i knutpunkten på nivån **ZKNUT**. Måste ges på tre nivåer. Ges med decimalpunkt.

ZKNUT : Anger på vilken nivå **AKNUT** har givits. Ges med decimalpunkt.

Korttyp 5 : Initiellt nedströmsvattenstånd samt konstanta basflöden till knutpunkter och flodgrenar

ZBNED	QBASK(1)	QBASL(1)	QBASK(2)	QBASL(2)	. . . . .	. . .
1 2 3 4 5	6 7 8 9 10	11 12 13 14 15	16 17 18 19 20	21 22 23 24 25	26 27 28 29 30	31 32 33 34 35
F5	F5	F5	F5	F5	. . . . .	. . .

36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80

5

ZBNED : Vattenstånd i nedersta sektion (utloppet) för det stationära tillstånd varifrån modellen alltid måste starta (basflödesberäkning). Ges med decimalpunkt.

QBASK (1) : Basflöde (m^3/s) till knutpunkt 1. Ges med decimalpunkt.

QBASL (1) : Konstant lateralt tillflöde till flodgren 1. Ges med decimalpunkt.

Högst 10 grupper med **QBASK** , **QBASL**

Antal grupper med **QBASK** , **QBASL** skall överensstämma med **NKNUT-1** (korttyp 3).

Korttyp 5 fortsättningskort

. . . . .	. .			QBASK (10)	QBASL (10)	
1 2 3 4 5	6 7 8 9 10	11 12 13 14 15	16 17 18 19 20	21 22 23 24 25	26 27 28 29 30	31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80
						5

Korttyp 6 : Antal sektioner där Mannings tal ges / skall beräknas

| | | |

Korttyp 7 : Mannings tal

NOG		NM	MANL (1)		MANZ(1)	MANN(1)		MANZ(2)	MANN(2)		MANZ(3)	MANN(3)	
1 2	3	4 5	6 7 8 9 10 11 12	13 14 15	16 17 18 19 20	21 22 23 24 25	26 27 28	29 30 31 32 33	34 35 36 37 38	39 40 41	42 43 44 45 46	47 48 49 50 51	52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80
I2	X	I2	I7	3X	F5	F5	3X	F5	F5	3X	F5	F5	
			8200		44.0	22.							7

Se figur sid C.8.1.

Om **MKALK = F** (korttyp 2) så skall till varje flodgren **NOG** finnas **ANTM** (korttyp 6) st kort av korttyp 7.

NOG : Nummer på flodgrenen, max 10. Högerjusterat.

NM : Antal nivåer på den aktuella delsträckan där Mannings tal ges, max 3. NM-värdet skall vara lika för hela flodgrenen. Högerjusterat.

MANL : Längdkoordinat (m) för den nedersta sektionen (given i referenssystemet) på den aktuella delsträckan. Högerjusterat.

MANZ : Aktuell nivå i sektion **MANL** för efterföljande Mannings tal (**MANN**). Ges med decimalpunkt.

MANN : Mannings tal vid nivån **MANZ** . Ges med decimalpunkt.

OBS· Första kortet för varje flodgren måste dock alltid innehålla längdkoordinat och nivåvärden för flodgrenens översta sektion, MANN-värdena utlämnas här.

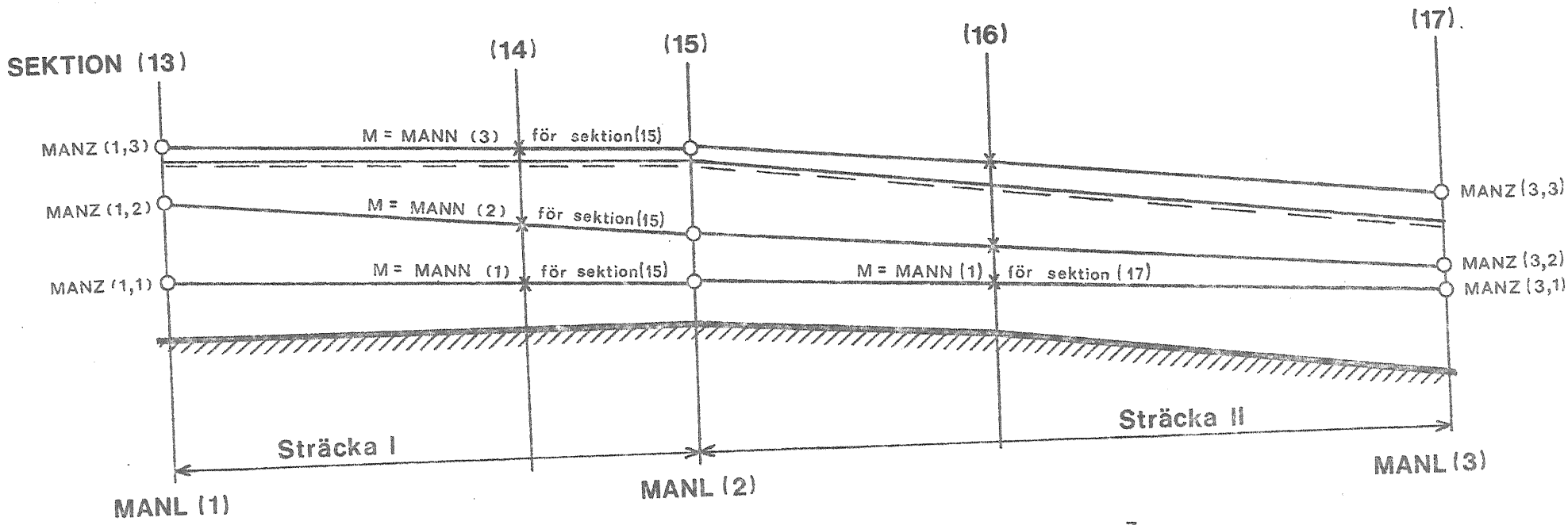


Fig.C-1 Längdsnitt sektion 13-17

De i sektionerna (15) och (17) angivna värdena på Mannings tal kommer att gälla för sträckorna I resp. II. För mellanliggande sektioner på delsträckorna kommer Mannings tal att gälla på den skärningsnivå som erhålles vid sammanbindningen av nivåer på sträckans båda avgränsningssektioner (se fig. C-1).

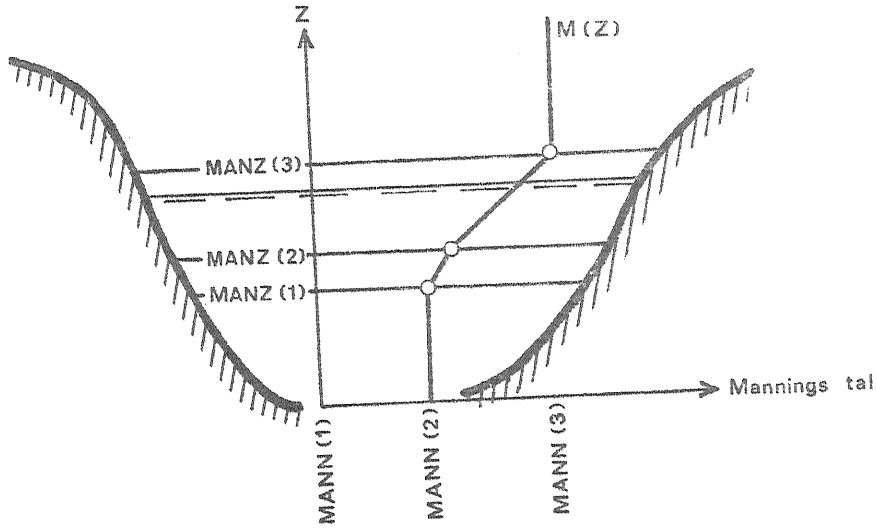


Fig.C-2 Funktionen M(Z) visar Mannings tal i tvärsnittet sektion 17.

Korttyp 8 : Vattenståndsvärden för beräkning av Mannings tal

| NOG | | LKAL(1) | ZKAL(1) | | LKAL(2) | ZKAL(2) | | ..... | ... | | |

Korttyp 8 : fortsättningskort

	LKAL	ZKAL						
1 2 3 4 5	6 7 8 9 10 11	12 13 14 15 16	17 18 19	20 21 22 23 24 25	26 27 28 29 30	31 32 33	34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44	45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80
5X	I6	F5	3X	I6	F5	3X		
								8

Korttyp 9 : Tid för beräkningsstart - slut och byte av randvillkor , antalet iterationssteg

	STARTT		SLUTT		RANDT		ITANT	
1 2	3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16	17 18 19 20 21 22	23 24 25 26 27 28 29 30 31 32 33 34 35 36	37 38 39 40 41 42	43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56	57 58 59 60 61	62 63 64 65 66	67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80
2X	4 (I2,1X),I2	6X	4 (I2,1X),I2	6X	4(I2,1X),I2	5X	I5	
	77.06.20/07:00		77.06.20/09:00		77.06.20/10:00			9

STARTT : Tidpunkt (år, månad, dag/tim:min) för beräkningsstart.

SLUTT : - " - för beräkningsslut.

RANDT : - " - för byte av nedströms randvillkor. Om inget byte skall ske sättes **RANDT > SLUTT**

ITANT : Antalet iterationer/beräkningssteg. Högerjusterat.

OBS! Om **BASFL = T** eller **MKALK = T** (korttyp 2) utelämnas korttyp 9 t.o.m. 17.

Korttyp 10 : Randvillkor

NEDQQ	UPPQ(1)	UPPQ(2)	UPPQ(3)	UPPQ(4)	UPPQ(5)	
1 2 3 4 5	6 7 8 9 10	11 12 13 14 15	16 17 18 19 20	21 22 23 24 25	26 27 28 29 30	31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80
L5	L5	L5	L5	L5	L5	
						1 0

NEDQQ : Anger det initiella nedströms randvillkoret vid utloppet. Då T anges är villkoret villkoret en utloppshydrograf (korttyp 11 C), vid F är det en vattenstånds-variation (korttyp 11 D). Högerjusterat.

UPPQ : Anger typ av randvillkor i fria knutpunkter (**NUPP** st., korttyp 3). Då T anges är villkoret en inloppshydrograf (korttyp 11 A), vid F är det en vattenståndsvariation (korttyp 11 B). Högerjusterat.

Korttyp 11A : Inloppshydrograf till knutpunkt

NQ		TQ (1)	QIN (1)		TQ (2)	QIN (2)		TQ (3)	QIN (3)		
I2	4X	4(I2,1X),I2	F7	2X	4(I2,1X), I2	F7	2X	4(I2, 1X),I2	F7	2X	
2NO=1		77.06.20/07:00	20.		77.06.20/09:00	99.					11A

Till varje knutpunkt där **UPPQ = T** (korttyp 10) skall finnas korttyp 11 A.

NQ : Antal punkter på inloppshydrografen, max 50 st. Högerjusterat.

TQ (1) : Tidpunkt (år, månad, dag/tim:min) för flödesvärdet **QIN (1)**

QIN (1) : Flödesvärde (m^3/s). Ges med decimalpunkt.

Efterföljande grupper skrivs på fortsättningskort (se följande sida)

Korttyp 11A fortsättningskort

	TQ	QIN		TQ	QIN		TQ	QIN		
1 2 3 4 5 6	7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20	21 22 23 24 25 26 27	28 29	30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43	44 45 46 47 48 49 50	51 52	53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66	67 68 69 70 71 72 73	74 75	76 77 78 79 80
										1 1 A

Maximalt 16 st fortsättningskort.

Sista **TQ**-värdet skall vara lika med eller större än **SLUTT**(korttyp 9).

Korttyp 11B : Vattenståndsvariation i fri knutpunkt

NZ		TZ (1)	ZIN (1)		TZ (2)	ZIN (2)		TZ (3)	ZIN (3)		
1 2	3 4 5 6	7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20	21 22 23 24 25 26 27	28 29	30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43	44 45 46 47 48 49 50	51 52	53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66	67 68 69 70 71 72 73	74 75	76 77 78 79 80
I2	4X	4(I2,1X),I2	F7	2X	4(I2,1X),I2	F7	2X	4(I2,1X),I2	F7	2X	
3		77.06.20/07:00	43.82		77.06.20/07:24	43.52		77.06.20/09.00	41.90		11B

Till varje ´fri´ knutpunkt där **UPPQ = F** (korttyp 10) skall finnas korttyp 11B.

NZ : Antalet punkter givna på kurvan för vattenståndsvariationerna, max 50. Högerjusterat.

TZ (1) : Tidpunkt (år, månad, dag/tim:min) för vattenståndsvärdet **ZIN (1)**

ZIN (1) : Vattenståndsvärdet (m). Ges med decimalpunkt.

Efterföljande grupper skrivs på fortsättningskort (se följande sida)

Korttyp 11B fortsättningskort

| | | |

Korttyp 11C : Utloppshydrograf

NQNED		TQNED (1)	QNED (1)		TQNED (2)	QNED (2)		TQNED (3)	QNED (3)		
1 2	3 4 5 6	7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20	21 22 23 24 25 26 27	28 29	30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43	44 45 46 47 48 49 50	51 52	53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66	67 68 69 70 71 72 73	74 75	76 77 78 79 80
I2	4X	4(I2,1X),I2	F7	2X	4(I2,1X),I2	F7	2X	4(I2,1X),I2	F7	2X	11C

Korttyp 11 C måste användas om **NEDQQ = T** (korttyp 10)

eller **RANDT < SLUTT** (korttyp 9)

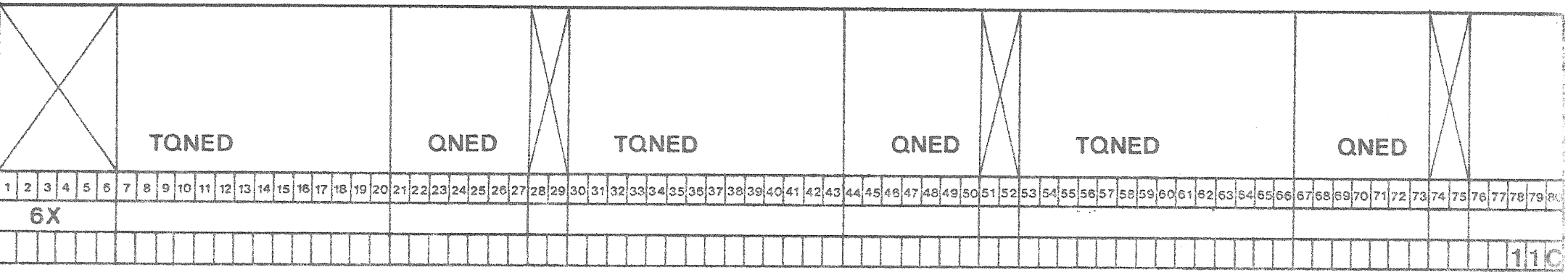
NQNED : Antal punkter givna på utloppshydrografen, max 50. Högerjusterat.

TQNED(1) : Tidpunkt (år, månad, dag/tim:min) för punkten **QNED (1)**

QNED (1) : Flödesvärdet (m^3/s). Ges med decimalpunkt.

Efterföljande grupper skrivs på fortsättningskort (se följande sida).

Korttyp 11C fortsättningskort



Högst 16 st fortsättningskort.

Sista **TQNED** -värdet skall vara lika med eller större än **SLUTT** (korttyp 9).

Korttyp 11D : Nedströms vattenståndsvariation

NZNED		TZNED	ZNED		TZNED	ZNED		TZNED	ZNED		
1 2	3 4 5 6	7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20	21 22 23 24 25 26 27	28 29	30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43	44 45 46 47 48 49 50	51 52	53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66	67 68 69 70 71 72 73	74 75	76 77 78 79 80
I2	4X	4(I2,1X),I2	F7	2X	4(I2,1X),I2	F7	2X	4(I2,1X),I2	F7	2X	1 1D

Korttyp 11 D måste användas om **NEDQQ=F** (korttyp 10)
eller **RANDT<SLUTT** (korttyp 9)

NZNED : Antal punkter givna på kurvan för vattenståndsvariationerna, max 50 st. Högerjusterat.

TZNED(1): Tidpunkt (år, månad, dag/tim:min) för vattenståndsvärdet **ZNED (1)**

ZNED (1): Vattenståndsvärdet (m). Ges med decimalpunkt.

Efterföljande grupper skrivs på fortsättningskort (se följande sida)

Korttyp 11D fortsättningskort

| | | |

Korttyp 12 : Valda beräkningstidssteg

NDT		TDT (1)	DT (1)		TDT (2)	DT (2)		TDT (3)	DT(3)		
1 2	3 4 5 6	7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20	21 22 23 24 25 26 27	28 29	30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43	44 45 46 47 48 49 50	51 52	53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66	67 68 69 70 71 72 73	74 75	76 77 78 79 80
I2	4X	4(I2 ,1X) , I2	F7	2X	4(I2 ,1X),I2	F7	2X	4(I2,1X), I2	F7	2X	
2		77.06.20/08:00	2.00		77.06.20/09:00	4.00		. . / :			12

NDT : Anger hur många grupper av **TDT , DT** som skall läsas. Max 50 st. Högerjusterat.

TDT (1) : Fram till denna tidpunkt (år, månad, dag/tim:min) gäller **DT** tidssteget **(1)**

DT (1) : Anger med vilket tidssteg (min) beräkningarna skall ske. Ges med decimalpunkt.

Efterföljande grupper skrives på fortsättningskort (se följande sida).

Korttyp 12 fortsättningskort

	TDT (4)	DT (4)		TDT (5)	DT (5)		TDT (6)	DT (6)		
1 2 3 4 5 6	7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20	21 22 23 24 25 26 27	28 29	30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43	44 45 46 47 48 49 50	51 52	53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66	67 68 69 70 71 72 73	74 75	76 77 78 79 80
6X										
	. . / :									1 2

Högst 16 st fortsättningskort kan användas.

Sista **TDT** värdet skall vara lika med eller större än **SLUTT** (korttyp 9).

Korttyp 13 : Val av utskrift

UTSKFT	UTSKFL(1)	UTSKFL(2)	. . . . .	. . .						UTSKFL(10)		
1 2 3 4 5	6 7 8 9 10	11 12 13 14 15	16 17 18 19 20	21 22 23 24 25	26 27 28 29 30	31 32 33 34 35	36 37 38 39 40	41 42 43 44 45	46 47 48 49 50	51 52 53 54 55	56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75	76 77 78 79 80
L5	L5	L5										
T	T											13

UTSKFT : Anger vid T att val (korttyp 14) skall ske av tidsintervallen mellan utskrifterna. F ger utskrift vid varje beräkningstidpunkt. Högerjusterat.

UTSKFL : Anger vid T att utskrift endast skall ske i vissa sektioner, vilka definieras på korttyp 15. F ger utskrift i varje sektion. Högerjusterat.

Korttyp 14 : Val av antal tidssteg mellan utskrifter

NUFT		UTTID (1)	NODT (1)		UTTID (2)	NODT (2)		UTTID (3)	NODT (3)		
I2	4X	4(I2,1X),I2	I7	2X	4(I2,1X),I2	I7	2X	4(I2,1X),I2	I7	2X	1/4

Korttyp 14 måste användas om **UTSKFT=T** (korttyp 13).

NUFT : Antal förändringar av intervallen mellan utskrifterna max 20 st. Högerjusterat.

UTTID(1): Fram till denna tidpunkt (år, månad, dag/tim:min) gäller **NODT (1)** st beräkninssteg mellan utskrifterna.

NODT (1): Antalet beräkningssteg (antalet DT) mellan utskrifterna. Högerjusterat.

Efterföljande grupper skrivs på fortsättningskort (se följande sida).

Korttyp 14 fortsättningskort

	UTTID	NODT		UTTID	NODT		UTTID	NODT		
1 2 3 4 5 6	7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20	21 22 23 24 25 26 27	28 29	30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43	44 45 46 47 48 49 50	51 52	53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66	67 68 69 70 71 72 73	74 75	76 77 78 79 80
6X										
										14

Högst 6 st fortsättningskort.

Sista **UTTID** -värdet skall vara lika med eller större än **SLUTT** (korttyp 9).

Korttyp 15 : Angivelse av i vilka sektioner utskrift skall ske

| NOG | NUFL | LO (1) | LO (2) | ..... | ... | | |

Korttyp 16 : Sjöarnas avbördningskurvor

NOG	LSJO	NT	DELZ (1)	SKOEF 1 (1)	SKOEF 2 (1)		DELZ (2)	SKOEF 1 (2)	SKOEF 2 (2)		DELZ (3)	SKOEF 1 (3)	SKOEF 2 (3)		
1 2	3 4 5 6 7	8 9 10	11 12 13 14 15	16 17 18 19 20	21 22 23 24 25	26 27 28 29 30	31 32 33 34 35	36 37 38 39 40	41 42 43 44 45	46 47 48 49 50	51 52 53 54 55	56 57 58 59 60	61 62 63 64 65	66 67 68 69 70 71 72 73 74 75	76 77 78 79 80
I2	I5	I3	F5	F5	F5	5X	F5	F5	F5	5X	F5	F5	F5		
															16

Denna korttyp brukas om **NSJO** (korttyp 3) ≠ 0. Kortens inbördes placering ger indirekt sidosjöns nummer.

NOG : Flodgrenens nummer. Högerjusterat.

LSJO : Längdkoordinat för den sektion till vilken sjön hänföres. Högerjusterat.

NT : Antal linjer som approximerar avbördningskurvan, max 20. Högerjusterat.

DELZ (1) : Vattenståndsdifferensen (m) given i absoluta tal, fram t o m vilket koefficienterna **SKOEF 1 (1)** och **SKOEF 2 (1)** gäller. Ges med decimalpunkt.

SKOEF 1 (1) : Riktningskoefficient för den räta-linjeapproximation som har gjorts på avbördningskurvan. Ges med decimalpunkt.

SKOEF 2 (1) : Ordinatavärdet för abscissavärdet **(DELZ)** = 0 i linjeapproximationen. Ges med decimalpunkt.

Korttyp 16 fortsättningskort

	DELZ(3)	SKOEF 1 (3)	SKOEF 2 (3)		.....	.....	.....		.....	.....	.....			16
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	11 12 13 14 15	16 17 18 19 20	21 22 23 24 25	26 27 28 29 30	31 32 33 34 35	36 37 38 39 40	41 42 43 44 45	46 47 48 49 50	51 52 53 54 55	56 57 58 59 60	61 62 63 64 65	66 67 68 69 70 71 72 73 74 75	76 77 78 79	80

Högst 6 st fortsättningskort.

Korttyp 17A : Utnyttjande av dissipativ faktor

DISSIP(1)	DISSIP(2)	.....	...						
1 2 3 4 5	6 7 8 9 10	11 12 13 14 15	16 17 18 19 20	21 22 23 24 25	26 27 28 29 30	31 32 33 34 35	36 37 38 39 40	41 42 43 44 45	46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80
L5	L5								
									1 7 A

DISSIP : Anger med T, om dissipativ faktor skall användas på flodgrenen nedanför knutpunkten, annars F. Högerjusterat. Knutpunktens nummer motsvaras av indexet.

Korttyp 17B: Dissipativ faktor

NO		DTINT(1)		DTINT(2)		LINT1	LINT2	CALPHA		
1 2	3 4 5 6	7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20	21 22 23 24 25 26 27 28 29	30 31 32 33 34 35 36 37 38 39 40 41 42 43	44 45 46 47 48 49 50 51 52	53 54 55 56 57	58 59 60 61 62	63 64 65 66 67	68 69 70 71 72 73 74 75	76 77 78 79 80
I2	4X	4(I2,1X),I2	9X	4(I2,1X),I2	9X	I5	I5	F5		
		. . / :		. . / .						17B

Dessa kort används endast för de flodgrenar där **DISSIP=T** (korttyp 17A)

NO : Knutpunktsnr, max 10. Högerjusterat.

DTINT (1) : Tidpunkt (år, månad, dag/tim:min) när dissipativa gränsskiktet skall börja användas.

DTINT (2) : Tidpunkt (år, månad, dag/tim:min) när man slutar att använda dissipativa interfacet.

LINT1 : Längdkoordinat (m) för den sektion på flodgren **NO** där man börjar använda koefficienten. Högerjusterat.

LINT2 : Längdkoordinat (m) för den sista sektionen på flodgrenen **NO** där man använder koefficienten. Högerjusterat.

CALPHA : Värdet på den dissipativa faktorn. Ges med decimalpunkt. $0.5 \leq$ **CALPHA** ≤ 1.0.

Korttyp 18A : Sektionsgeometri (huvudsektion)

NTHOJ	OMSID	OMVIK	OMSJO	L	ZB	BV	BH	ZB	BV	BH	ZB	BV	BH	ZB	BV	BH		
1 2	3	4	5	6 7 8 9 10	11 12 13 14 15	16 17 18 19 20	21 22 23 24 25	26 27 28 29 30	31 32 33 34 35	36 37 38 39 40	41 42 43 44 45	46 47 48 49 50	51 52 53 54 55	56 57 58 59 60	61 62 63 64 65	66 67 68 69 70	71 72 73 74 75	76 77 78 79 80
I2	L1	L1	L1	I5	F5	F5	F5											
2	T	F	F	4 0 0	4 0 . 6	1 0 . 0	1 0 . 0	5 0 . 6 0	2 0 . 0	2 0 . 0								1 8 A

NTHOJ : Antal nivåer för att beskriva sektionens tvärsnitt max 16. Högerjusterat.

OMSID : Sättes = T om det finns en sidosektion, annars F. Om T så skall korttyp 18B omedelbart följa sedan samtliga punkter för sektionen är lästa.

OMVIK : Sättes = T om det finns en vik, annars F. Om T så skall korttyp 18C följa.

OMSJO : Sättes = T om det finns en sjö, annars F. Om T så skall korttyp 18D följa.

L : Sektionslängd i m (i givet referenssystem). Högerjusterat.

Efterföljande grupper skrives på fortsättningskort (se följande sida)

ZB : Nivå (m) i sektion L för breddangivelserna **BV** och **BH**. Ges med decimalpunkt.

BV : Bredd vänster (m) från den lodlinje där **ZB** är given. Ges med decimalpunkt.

BH : Bredd höger (m) från den lodlinje där **ZB** är given. Ges med decimalpunkt.

Korttyp 18A fortsättningskort

	ZB	BV	BH	ZB	BV	BH	ZB	BV	BH	ZB	BV	BH
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	11 12 13 14 15	16 17 18 19 20	21 22 23 24 25	26 27 28 29 30	31 32 33 34 35	36 37 38 39 40	41 42 43 44 45	46 47 48 49 50	51 52 53 54 55	56 57 58 59 60	61 62 63 64 65	66 67 68 69 70
10X	F5	F5	F5									

71 72 73 74 75 76 77 78 79 80

18A

Högst 3 st fortsättningskort.

Korttyp 18B : Sektionsgeometri (sidosektion)

NTHOJ		ZB	BV	BH	ZB	BV	BH	ZB	BV	BH	ZB	BV	BH		
1 2	3 4 5 6 7 8 9 10	11 12 13 14 15	16 17 18 19 20	21 22 23 24 25	26 27 28 29 30	31 32 33 34 35	36 37 38 39 40	41 42 43 44 45	46 47 48 49 50	51 52 53 54 55	56 57 58 59 60	61 62 63 64 65	66 67 68 69 70	71 72 73 74 75	76 77 78 79 80
I2	8X	F5	F5	F5											
2		40.60	10.0	10.0	50.6	10.0	10.0								18B

Endast en sidosektion till varje huvudsektion.
För innebörd av indata, se korttyp 18A.
Efterföljande grupper skrives på fortsättningskort (se följande sida)

Korttyp 18B fortsättningkort

	ZB	BV	BH	ZB	BV	BH	ZB	BV	BH	ZB	BV	BH		
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	11 12 13 14 15	16 17 18 19 20	21 22 23 24 25	26 27 28 29 30	31 32 33 34 35	36 37 38 39 40	41 42 43 44 45	46 47 48 49 50	51 52 53 54 55	56 57 58 59 60	61 62 63 64 65	66 67 68 69 70	71 72 73 74 75	76 77 78 79 80
														18B

Högst 3 st fortsättningskort.

Korttyp 18C : Sektionsgeometri (vik)

NTHOJ		ZVIK(1)	AVIK(1)	ZVIK(2)	AVIK(2)	ZVIK(3)	AVIK(3)		
1 2	3 4 5 6 7 8 9 10	11 12 13 14 15	16 17 18 19 20 21 22 23 24 25	26 27 28 29 30	31 32 33 34 35 36 37 38 39 40	41 42 43 44 45	46 47 48 49 50 51 52 53 54 55	56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75	76 77 78 79 80
I2	8X	F5	F10	F5	F10	F5	F10		18C

NTHOJ : Antal grupper **ZVIK** , **AVIK** , max 3 st. Högerjusterat.

ZVIK : Nivå för motsvarande area. Ges med decimalpunkt.

AVIK : Area (m^2) för vattennivån **ZVIK** . Ges med decimalpunkt.

Korttyp 18D : Sektionsgeometri (sjö)

NTHOJ		ZSJO(1)	ASJO(1)	BKANAL(1)	AKANAL(1)		ZSJO(2)	ASJO(2)	BKANAL(2)	AKANAL(2)		
1 2	3 4 5 6 7 8 9 10	11 12 13 14 15	16 17 18 19 20 21 22 23 24 25	26 27 28 29 30	31 32 33 34 35	36 37 38 39 40	41 42 43 44 45	46 47 48 49 50 51 52 53 54 55	56 57 58 59 60	61 62 63 64 65	66 67 68 69 70 71 72 73 74 75	76 77 78 79 80
I2	8X	F5	F10	F5	F5	5X	F5	F10	F5	F5		
												18D

NTHOJ : Antal nivåer för vilka sjö- och kanaldata givits, max 3. Högerjusterat.

ZSJO : Vattennivå vid vilken efterföljande parametrar gäller. Ges med decimalpunkt.

ASJO : Sjöarea (m^2) vid angiven nivå. Ges med decimalpunkt.

BKANAL : Bredden (m) på förbindelsekanalen vid angiven nivå. Ges med decimalpunkt.

AKANAL : Tvärsnittsarean (m^2) på förbindelsekanalen vid angiven nivå. Ges med decimalpunkt.

Efterföljande grupp skrives på fortsättningskort (se följande sida).

Korttyp 18D fortsättningskort

	ZSJO(3)	ASJO (3)	BKANAL (3)	AKANAL (3)	
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	11 12 13 14 15	16 17 18 19 20 21 22 23 24 25	26 27 28 29 30	31 32 33 34 35	36 37 38 39 40 41 42 43 44 45 46 47 48 49 50 51 52 53 54 55 56 57 58 59 60 61 62 63 64 65 66 67 68 69 70 71 72 73 74 75 76 77 78 79 80
10X	F5	F10	F5	F5	
					18D