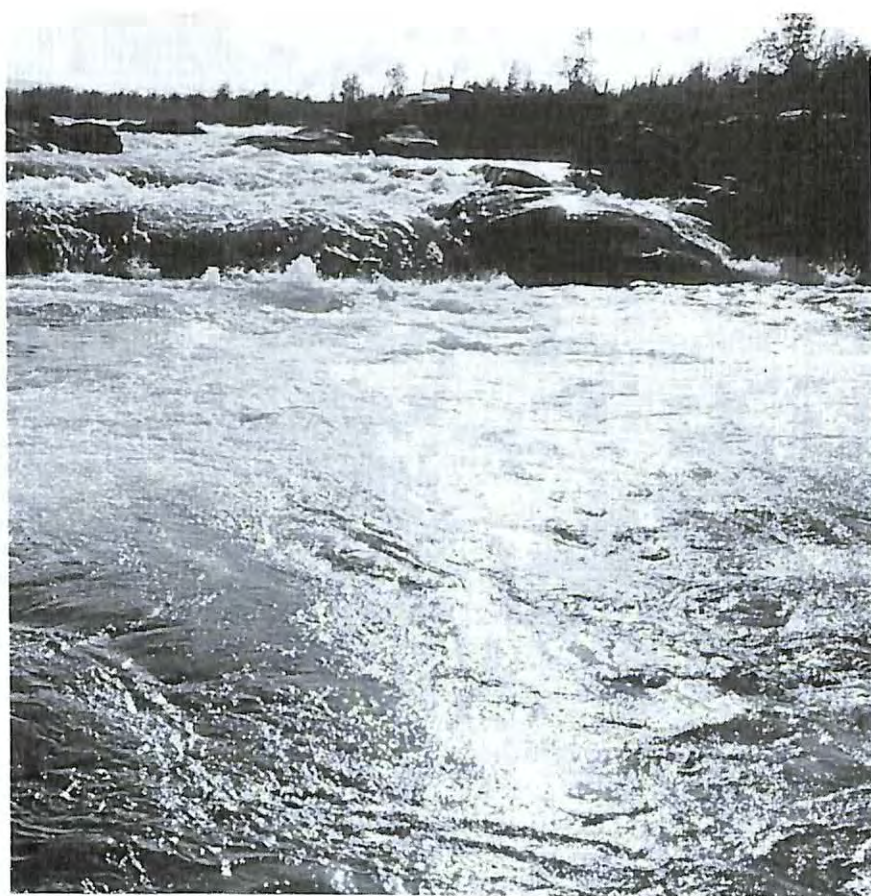




STATIONSNÄT FÖR VATTENFÖRING
I SVERIGE

av Torbjörn Jutman

STATIONSNÄT FÖR VATTENFÖRING
I SVERIGE

NETWORK PLANNING FOR RUNOFF
IN SWEDEN

av Torbjörn Jutman

STATIONSNÄT FÖR VATTENFÖRING
I SVERIGE

NETWORK PLANNING FOR RUNOFF
IN SWEDEN

av Torbjörn Jutman

FÖRORD

Ett stort antal personer har på ett eller annat sätt varit inblandade i utredningsarbetet. Jag riktar ett stort tack till alla dessa för det tillmötesgående man visat mig. Speciellt vill jag nämna ett antal personer:

Lars Gottschalk och Kurt Ehlert har visat stort intresse för problemområdet och gärna diskuterat uppläggning och metodval. Bertil Jansson har försett mig med statistiska uppgifter om uppdrag. Ett genomförande inom rimlig tidsrymd krävde en aktuell stationsförteckning tillgänglig för bearbetning å dator. Detta ordnade Martin Gotthardsson och Bo Lindblad.

Norrköping i juli 1981

Torbjörn Jutman

Figurer: Lore Brandt
Utskrift och redigering: Kerstin Fabiansen
Omslagsfoto: Torbjörn Jutman
SMHIs tryckeri, Norrköping 1981

Issuing Agency SMHI Box 923 S-601 19 NORRKÖPING SWEDEN		Report number RHO 31 (1981)
		Report date July 1981
Author (s) Torbjörn Jutman		
Title (and Subtitle) Network planning for runoff in Sweden		
Abstract A strategy for the runoff network is developed. Measures of runoff variability in space and time together with demands from users of data have been considered. Varying demands on the network made it necessary to divide the stations into three categories: 1. Stations in rivers influenced by regulations. 2. Stations in rivers uninfluenced by regulations, drainage area $\leq 100 \text{ km}^2$. 3. Stations in rivers uninfluenced by regulations, drainage area $> 100 \text{ km}^2$. Approximately one half of the total numbers of stations belong to the first category. Rather few stations were suggested to be added to this category, the additional stations mainly for environmental control purposes. Stations in small, natural rivers (second category) need to be water balance stations. This is due to the strong dependence of the physiography of the basin and local meteorological factors. Locations of waterbalance stations will be chosen according to a stratified sampling procedure. A map of hydrologic regime regions has been combined with a map showing a subdivision in natural geographic regions. A method presented by Karasseff is used for the third category. Statistical measures of runoff variability have been compared with different types of errors involved to give network density.		
Key words Network planning, hydrologic regime regions, stratified sampling, variability in space and time		
Supplementary notes	Number of pages 37	Language Swedish
ISSN and title 0347-2116 SMHI Reports Meteorology and Climatology		
Report available from: Liber Grafiska AB/Förlagsorder S-162 89 STOCKHOLM SWEDEN		

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	Sid
Sammanfattning	1
1. UPPDRAGET	2
1.1 <u>Avrinningens rums- och tidsvariabilitet</u>	2
1.2 <u>Nätverksplanering</u>	3
2. INFORMATION OM VATTENFÖRING - UTBUD OCH BEHOV	5
2.1 <u>Beskrivning av aktuellt utbud av information</u>	5
2.2 <u>Framtida behov av information om vattenföring</u>	9
2.2.1 <u>Vattenplaneringsutredningen</u>	9
2.2.2 <u>Avnämarnas synpunkter</u>	11
3. NUVARANDE OCH FRAMTIDA STATIONSNÄT	12
3.1 <u>Stationer i reglerade vattendrag</u>	14
3.2 <u>Stationer i oreglerade vattendrag</u>	16
3.2.1 <u>Små avrinningsområden</u>	19
3.2.2 <u>Stationsnät - små avrinningsområden</u>	19
3.2.3 <u>Stora avrinningsområden</u>	23
3.2.4 <u>Stationsnät - sammanfattning</u>	32
3.3 <u>Mätmetoder</u>	33
4. PRIORITERING AV ÅTGÄRDER	36
Referenser	37
Bilagor	

Sammanfattning

Utredningen avser den framtida utformningen av det svenska stationsnätet för vattenföring. Utvecklingen mot en högre grad av vattenplanering och miljöövervakning ställer nya krav på information om vattenföring.

De nya krav som ställs innebär i lika hög grad en förbättring av rutiner för vidarebearbetning av insamlade mätdata som en förtätning av stationsnätet.

Speciellt märks ett behov av information från små avrinningsområden. Geografiskt sett är informationsbehovet koncentrerat till landets södra delar.

Nuvarande stationsnät består av 344 stationer. 176 stationer är belägna i oreglerade vattendrag, 168 i reglerade. I utredningen har stationer i reglerade respektive oreglerade vattendrag behandlats var för sig.

Stationer i oreglerade vattendrag har delats upp i två kategorier: Vattenbalansstationer (avrinningsområdet $\leq 100 \text{ km}^2$) och stationer i stora vattendrag. Den individuella strukturen hos avrinningen från små områden kräver en detaljerad bild av vattenomsättningen och områdets egenskaper. Stationsnätet för stora, oreglerade vattendrag föreslås bestå av permanenta stationer och korttidsstationer. Permanenta stationer för beskrivning av variationer i tiden. Korttidsstationer för fastläggande av avrinningens rumsliga fördelning. Tillskott av stationer av permanent typ behövs i Götaland och Svealand. Kraftig avrinningsgradient, vilket innebär behov av korttidsstationer, föreligger i fjällområdet, i skogsområdet närmast fjällkedjan och i västkustregionen.

Utbyggnaden av stationer i reglerade vattendrag består till största delen av stationer avsedda att täcka miljöövervakningens behov. Främst de större sjöarnas tillflöden är utpekade.

Prognoser och överblick över den hydrologiska situationen kräver snabb tillgång till uppmätt information. Automatstationer, alternativt telefonpegel, tillgodoser dessa krav. Kortvarig registrering av vattenföring kräver utveckling av alternativa mätmetoder av enkel typ.

Samstämmighet mellan olika stationsnät knutna till hydrologiska beräkningar bör eftersträvas.

1. UPPDRAGET

SMHI genomförde 1970 en utredning av den framtida utformningen av stationsnätet för vattenföringsmätningar. I resultatet angavs rekommenderad stationstäthet för olika regioner i Sverige.

Samhällets behov av underlag för en mer omfattande vattenplanering och miljöövervakning föranledde en förnyad granskning av stationsnätets planering under senare delen av 1980.

Det förväntade resultatet av utredningen definierades som ett förslag där stationsnätets framtida utseende grundas på samhällets nuvarande och kommande behov av information. Avnämarnas behov av noggrannhet ska beaktas liksom krav på mätstationernas representativitet.

Uppdragets exakta formulering redovisas i bilaga 1.

Grundval för olika former av information till samhället om vattenföring utgörs av en beskrivning av avrinningens fördelning i tid och rum. Nedan ges inledande synpunkter på avrinningens rums- och tidsvariabilitet samt på nätverksplanering.

1.1 Avrinningens rums- och tidsvariabilitet

Avrinning betecknar flöde per ytenhet och anges vanligen i enheten $l/s/km^2$. Avrinningens rums- och tidsvariation är den sammansatta bilden av variationsmönstret för en rad andra faktorer, såsom exempelvis de atmosfäriska processerna, berggrunds- och jordmånsförhållanden och avrinningsområdets fysiografi.

Vid bestämning av ett värde på avrinningen för ett område genom vattenföringsmätning i en punkt erhålls ett integrerat värde som är resultatet av de olika processerna inom området. Den eller de faktorer som har störst inverkan på vattenföringen utskiljs av den rums- och tidsskala i vilken studien genomförs. Exempelvis påverkas avrinningen från ett stort område huvudsakligen av storskaliga atmosfäriska processer. Avrinningen från ett mindre område uppvisar större beroende av faktorer som lokal nederbörd, områdets fysiografi, markanvändning och jordartsförhållanden om studien avser en kortare tidsrymd. Långtidsbeteendet överensstämmer med det stora områdets.

Vattendragens flödesvariationer påverkas i hög grad även av mänskliga ingrepp. I direkt form genom bl a reglering, överledning eller uttag av vatten. Indirekt påverkan kan ske genom ändring av mark- och vegetationsförhållanden.

1.2 Nätverksplanering

Nätverksplaneringens syfte är att utforma en optimal fördelning av mätstationer. Utgående från mätunderlaget och med hjälp av interpoleringsrutiner och matematiska modeller ska information om vattenföring med en given noggrannhet kunna ges för valfri punkt.

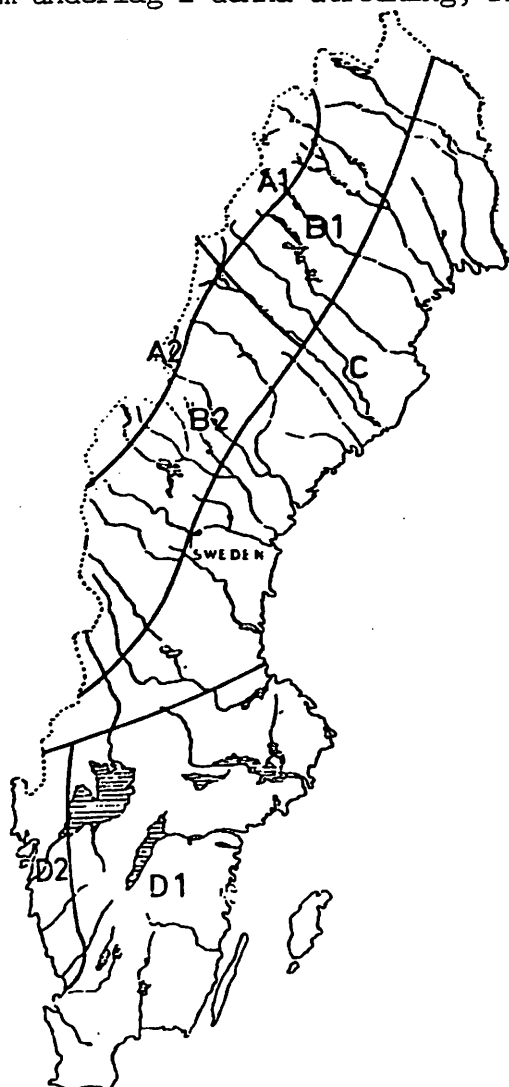
Ett viktigt begrepp i diskussionen om hydrologiska observationer är representativitet. Gottschalk och Krasovskaia (1975) ger dessa alternativa definitioner:

1. Ett hydrologiskt parametervärde, erhållet i en punkt, antas vara giltigt för en större region. Värdet kan aldrig utgöra en exakt beskrivning då vi alltid har en viss informationsbrist. Vi tvingas acceptera att värdet med en viss noggrannhet är giltigt för regionen. Minimifel som kan uppnås är det rent slumpmässiga.
2. En viss uppsättning av fysiografiska karakteristika får representeras av det uppmätta värdet. Med ett korrekt val av karakteristika kan representativitet i den mening som anges i punkt 1 uppnås. Forskningsinsatser behövs för att klargöra förhållandet mellan hydrologiska parametrar och fysiografiska faktorer.
3. Den information som erhålls genom mätningar i en punkt, dvs för ett avrinningsområde, kan ge fundamental kunskap om hur området reagerar hydrologiskt. Informationen kan samlas i en matematisk modell som kan vara komplex och representera ett större eller mindre område.

Beroende på vilken definition vi väljer och målet för vår nätverksplanering får vi olika resultat vad det gäller stationsnätets täthet och struktur.

Ett stationsnät enligt definition 1 innebär krav på hög täthet hos stationsnätet, en rent statistisk provtagning. Det för närvarande mest attraktiva alternativet med hänsyn till genomförbarhet och ekonomi, representeras av definition 3. Användning av befintliga och utveckling av nya modeller för beskrivning av avrinningens rums- och tidsvariabilitet är synnerligen väsentlig.

En grundförutsättning för en effektiv nätverksplanering är en uppdelning av landet i hydrologiskt homogena regioner. Gottschalk (1980) använde bl a analys av principalkomponenter för att klassificera data från vattenföringsstationer med en area mindre än 2000 km². Denna regionalindelning har använts som underlag i denna utredning, figur 1.1.



Det befintliga stationsnätet i Sverige liksom i de flesta andra länder har formats utifrån hydrologers erfarenhetsmässiga bedömningar. Från flera håll rapporteras dock metoder för bestämning av stationstäthet via kvantitativa mått, oftast genom avvägning mellan kunskaper om avrinningens variabilitet och noggrannhetskrav. Så långt möjligt har sådana bedömningar inkluderats i utredningen.

Figur 1.1

Hydrologiska regimregioner i
Sverige (Gottschalk, Jutman, 1980)

Hydrologic regime regions in Sweden

2. INFORMATION OM VATTENFÖRING - UTBUD OCH BEHOV

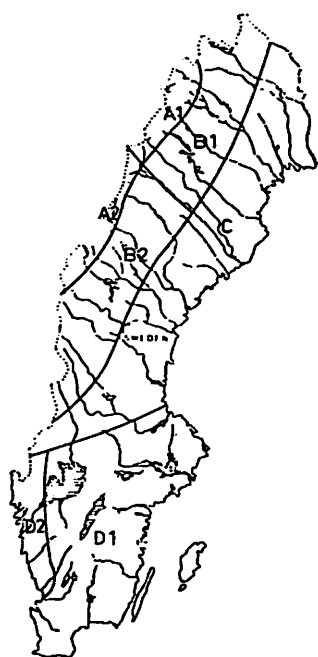
I instruktionen för SMHI sägs bl a att "institutet har till uppgift att enligt vetenskapens fordringar och med hänsyn till näringslivets och försvarets behov inhämta tillförlitlig kännedom om Sveriges meteorologi och hydrologi". Vidare åligger det institutet särskilt "att anordna och övervaka meteorologiska och hydrologiska mätningar inom landet".

Information om vattenföring lämnas av SMHI i olika former. De aktuella produkterna utgörs av mätvärden och statistik över dessa, s k karakteristiska vattenföringsvärden (Kar-Q), allmänna hydrologiska utredningar, översiktliga kartor över vattentillgången och prognoser över flöden och översvämningssrisker. Information från stationsnätet används dessutom i uppdrag avseende kontroll av vattenhushållning vid regleringar, i is- och vattentemperaturutredningar, vid beräkning av sedimenttransport samt som underlag för forskning.

2.1 Beskrivning av aktuellt utbud av information

Statistik i form av karakteristiska vattenföringsvärden innefattar olika mått för beskrivning av medel- och Extremsituationer i vattendragen. Uppdrag med begäran om sådan information innefattar ofta även uppgifter om varaktighet för olika vattenföringsvärden. Genomförandet av uppdragen innebär vanligtvis bestämning av vattenföringskarakteristika i punkter där inga direkta mätningar pågår. Antalet uppdrag med begäran om statistiska uppgifter har under den senaste 10-årsperioden ej förändrats nämnvärt (~250). Drygt hälften av dessa uppdrag kommer från statliga verk och institutioner, länsstyrelser eller kommuner. Uppdragsgivare på den privata sidan är främst konsultbyråer och industrier.

Fördelning av ovan nämnda uppdrag med hänsyn till regiontillhörighet redovisas i tabell 2.1.



År	Region							Totalt
	A1	A2	B1	B2	C	D1	D2	
1969	0	2	1	36	83	124	21	267
1974	3	3	5	16	74	95	22	218
1979	1	0	13	25	100	95	25	259

Tabell 2.1

Regionvis fördelning av Kar-Q-uppdrag

Distribution of requests among regions

De flesta uppdragen avser punkter i regionerna C, D1 och D2. Några mera märkbara tendenser till förändringar i fördelningen regionerna emellan kan ej fastläggas. Fördelningen med avseende på arean för de i uppdragen berörda avrinningsområdena ges i tabell 2.2.

År	Avrinningsområdets area (km ²)			
	<100	100-500	500-2000	>2000
1969	133	62	35	37
1974	114	62	24	18
1979	102	67	33	57

Tabell 2.2

Fördelning av Kar-Q-uppdrag efter områdets area

Distribution of requests with respect to area of basin

Tabellen visar en markant dominans för uppdrag avseende mindre avrinningsområden (< 100 km²).

Allmänna hydrologiska utredningar omfattar beräkningar för större vattendrag eller områden och kan exempelvis avse tillrinningsberäkningar för vattenhushållning, utredningar om högvattenföringar eller dimensionering för vattenuttag för skilda ändamål.

Prognoser görs idag främst i två syften:

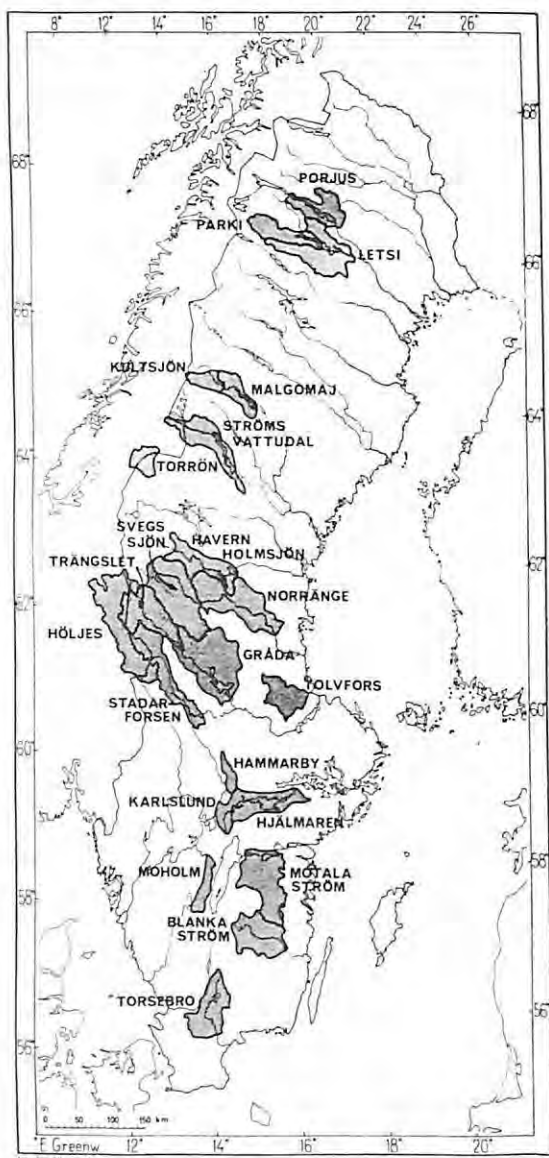
1. Underlag för kraftverksföretagens drift och skötsel av regleringar

Underlaget kan bestå av exempelvis tillrinnings- eller flödesprognoser där alternativa utfall ges för olika väderutvecklingar. Uppgifter om bl a vattenföring och vattenstånd används för kalibrering av prognosmodellen och vid uppdatering av densamma.

2. Bestämning av översvämningsrisker

Utförs med samma prognosmodell som nämnts i föregående punkt. Avnämare är kommuner eller industrier med kritisk lokalisering.

Avrinningsområden för vilka flödes- eller tillrinningsprognoser ges är markerade i figur 2.1. Under 1981 tillkommer ytterligare två områden, i Motala ström och i Klarälvens övre delar. Hydrologiska prognoser görs även med statistiska metoder för ett 40-tal områden (figur 2.2). Antalet uppdrag avseende permanent kontroll av vattenhushållning vid regleringar är ca 170. Vattendomstolen förordnar kontrollåtgärderna, som finansieras av kraftverksföretagen. Genomförandet av kontrollen kräver information från vattenföringsstationer (109 st). De flesta naturligtvis belägna i reglerade vattendrag och ett flertal har formen av tappningsberäkningar vid kraftverken.



Figur 2.1

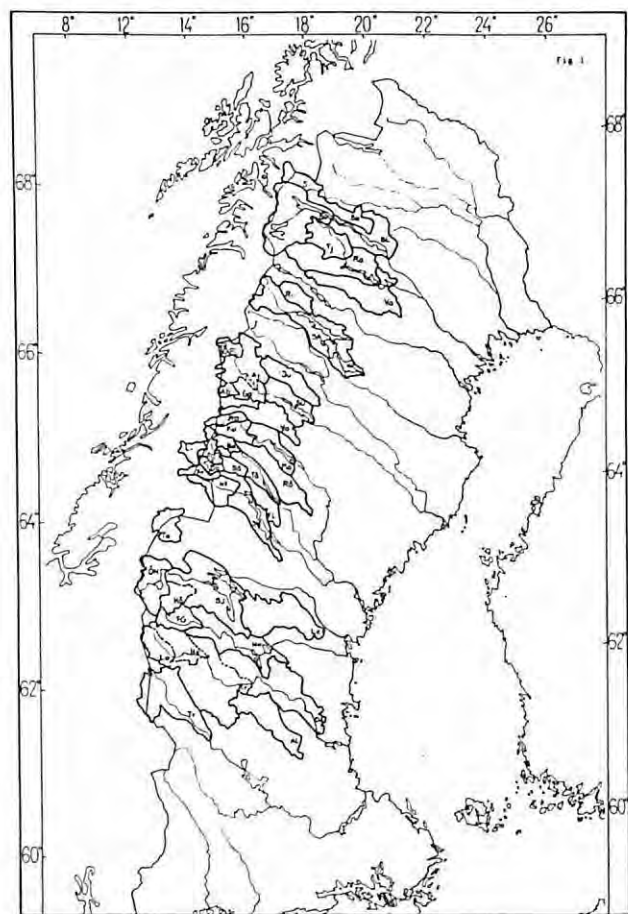
Prognosområden, HBV-modellen

Forecast areas, HBV runoff model.

Information om vattenföring utnyttjas vidare i vattentemperatur- och isutredningar samt i transportberäkningar för suspenderat material (sedimenttransport). Vattentemperaturutredningar omfattar beskrivning av vattentemperaturförhållanden och bedömning av följder vid olika typer av ingrepp (varmvattenutsläpp etc). Isutredningar innebär beskrivning av isförhållanden och undersökning av regleringars påverkan av dessa.

De mer omfattande utredningarna hänförs till Vattendomstolens förordnande av SMHI som sakkunnig (ca 6 uppdrag/år), medan de mindre omfattande är beställningar från bl a industrier och konsultföretag (ca 10/år).

Kraven på vattenföringsinformation som underlag för forskning, intern såväl som extern, ställs främst med avseende på lättåtkomlighet och anpassning för bearbetning i dator.



Figur 2.2

Prognosområden, statistiska metoder
(Bergström, Jönsson, 1979)

Forecast areas, statistical methods

2.2 Framtida behov av information om vattenföring

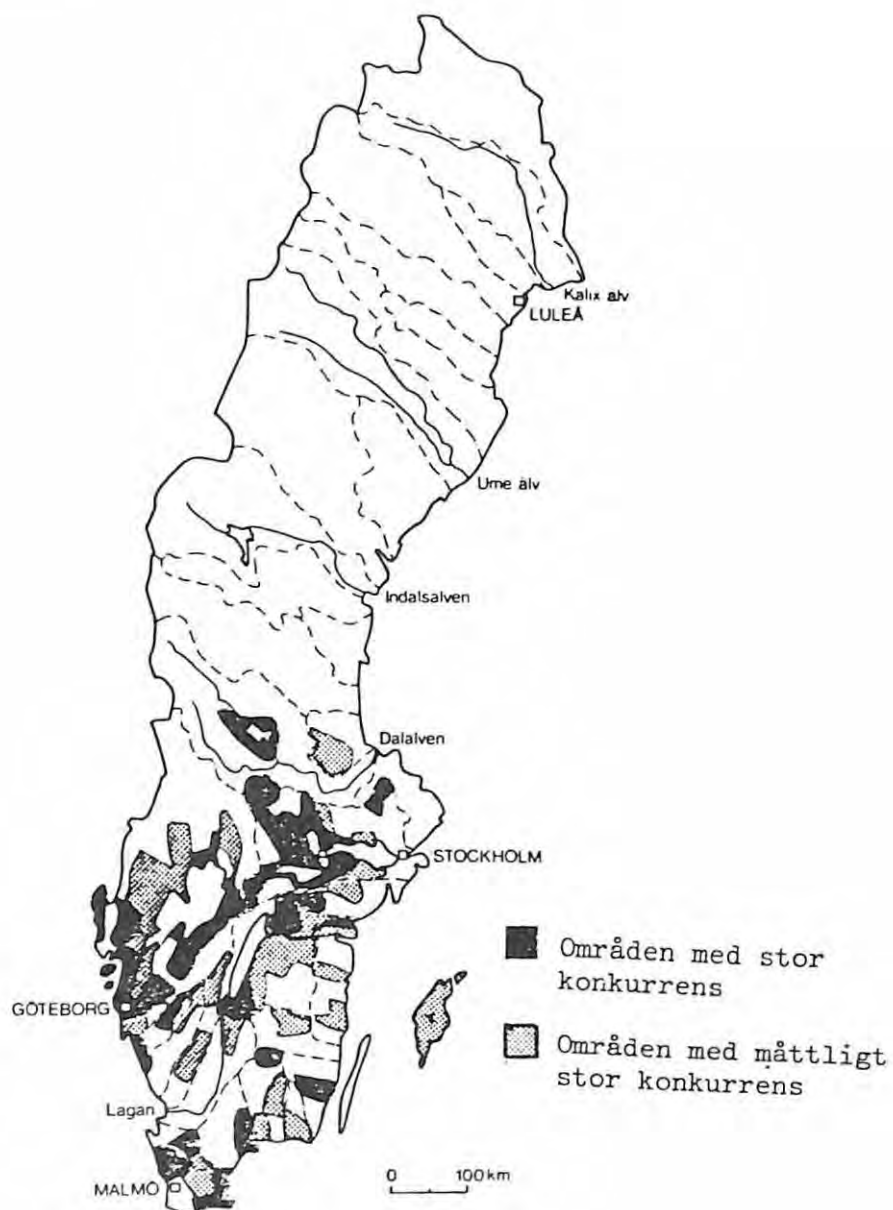
Inledningsvis kan man konstatera att samhällets behov av en mer omfattande vattenplanering och miljöövervakning måste utgöra viktiga grundstenar i planeringen av det framtida stationsnätet.

2.2.1 Vattenplaneringsutredningen

Det ökade behovet av vattenplanering konkretiseras bl a i vattenplaneringsutredningens betänkande. Utredningen föreslår bl a att kommunernas ansvar i planeringssystemet ökas. Kommunerna föreslås upprätta vattenöversikter.

Dessa ska ge en allmän bild av vattensituationen i kommunerna och redovisa hur olika vattenfrågor bör hanteras i fortsättningen. För stora områden där vattenproblemen redan nu är betydande, exempelvis genom konkurrens om kvantitet, bör vattenhushållningsplan upprättas. Planeringsområdet kan omfatta ett helt eller delar av ett avrinningsområde. Området kan ligga inom en kommun, men ofta även sträcka sig över kommun- och länsgränser. Fördelning av tillgångarna inom mindre, avgränsade områden föreslås ske genom en vattenfördelningsförrättning.

Områden där konkurrenssituation föreligger med avseende på vattentillgångarna ges av figur 2.3.



Figur 2.3

Konkurrensområden (SNV PM 1120)

Opposition areas concerning water demands

För vattenöversikterna och sammanställningar på regional och riksnivå är ett översiktligt underlag tillräckligt, enligt utredningen. Vattenfördelningsförrättningar och vattenhushållningsplaner däremot kräver ett mer detaljerat underlag. Kunskapsförsörjningen föreslås ske genom att berörda centrala myndigheter bistår kommunerna med information om vattensituationen och med sakkunskap.

Inom miljöövervakningen märks två projekt hörande till Naturvårdsverkets undersökningsverksamhet, nämligen Program för övervakning av miljökvalitet (PMK) och Samordnad recipientkontroll (SRK).

Dessa kräver information om vattenföring i huvudsakligen mindre avrinningsområden. Diskussionen angående samordning av mätningar inom PMK och SMHIs vattenomsättningsstudier i små avrinningsområden (FFO) har inletts.

2.2.2 Avnämnares synpunkter

Underlag för en mer detaljerad bild av kommande behov av information om vattenföring hämtades in via en enkät. Begäran om synpunkter skickades till ett flertal statliga verk för vilka vattenfrågor kan tänkas ha betydelse, samt representanter för länsstyrelser och kommuner. Begäran omfattande dels generella synpunkter angående stationsnätets utformning, dels mer specifika uppgifter såsom önskad typ av information och noggrannhetskrav.

En sammanfattning av kraven i enkätsvaren ges i nedanstående punkter med försök till viss prioritetsordning:

- * Ett återkommande krav behandlar vikten av en långtgående vidarebearbetning av insamlad information om vattenföring. I flera svar uttrycks behov av precisionsangivelse för lämnad information och frekvenser för olika vattenföringar.
- * Informationen om vattenföring i mindre vattendrag nämns som speciellt viktig. Planering för minikraftverk och underlag för miljöövervakning anges bland syftena för denna typ av information.
- * Nätverksstrategin ska omfatta även andra mätningar av betydelse för hydrologiska beräkningar, exempelvis mätningar av nederbörd och avdunstning.
- * Mättekniken måste göras mer flexibel. Mobila mätstationer föreslås. Användande av kampanjmätningar framhålls som ett viktigt medel för kalibrering av modeller.
- * Flödesprognoser behövs i fler områden.

Det finns en stark tendens bland svaren att betona vikten av tillförlitliga metoder för interpolering av vattenföringsinformation till områden utan mätningar.

Några exempel på enkätsvaren redovisas i bilagorna 2-6. Svaren kommer från Länsstyrelsen i Gävleborgs län, NFRs Hydrologikommitté, SGU, SNV och Vattenfall.

3. NUVARANDE OCH FRAMTIDA STATIONSNÄT

Uppgifter om nuvarande stationsnät har hämtats från utdrag ur SMHI/HBQs stationsförteckning. Utredningen omfattar enbart stationer för vattenföring och utdraget innehåller alla de stationer för vilka beräkning och lagring av vattenföringsvärden sker eller har skett.

Vid ingången till 1981 omfattade SMHIs nät för vattenföringsmätningar 344 stationer. Av dessa är 176 belägna i oreglerade vattendrag och resterande 168 i reglerade vattendrag. Figur 3.1 visar mätlägets position för alla de ingående stationerna.

I de redovisade kartorna över stationslägen ingår även ett antal punkter som ej innebär fysiska stationer, men för vilka vattenföringen rutinmässigt framräknas. Dessa punkter uppgår till ett antal av ca 20 och är uteslutande belägna i reglerade vattendrag.

Klassificeringen i reglerade respektive oreglerade vattendrag görs som en erfarenhetsmässig bedömning för varje stationsläge.

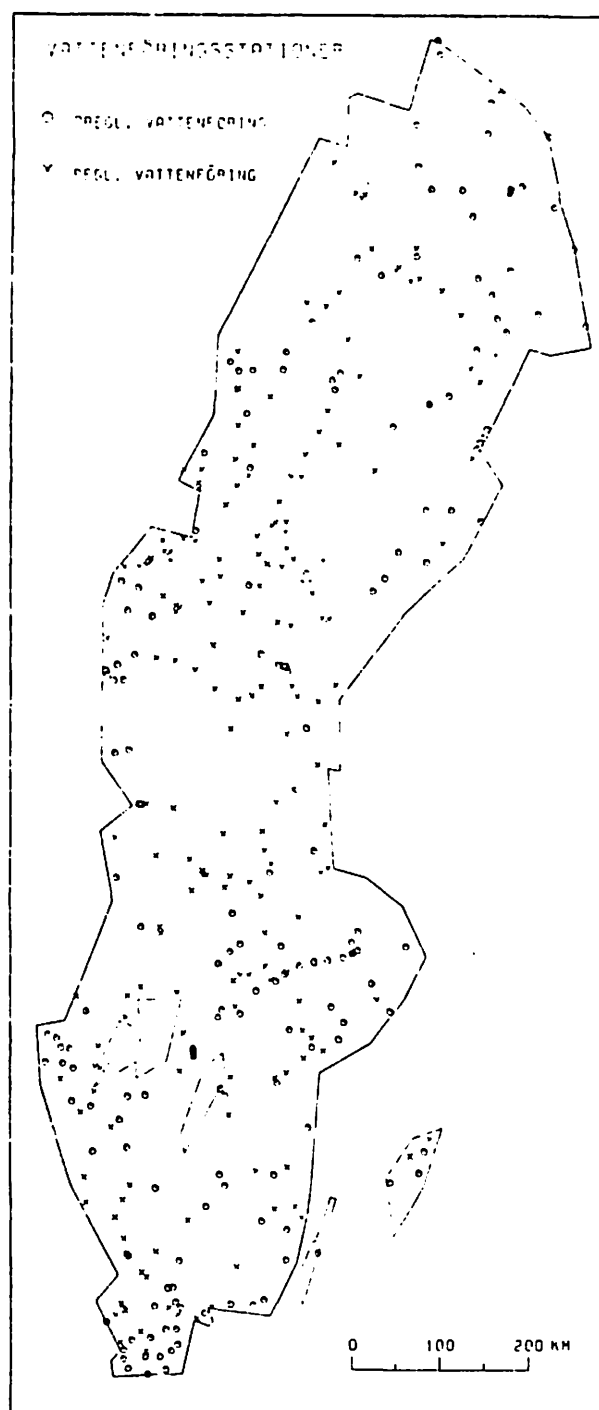
De befintliga stationernas fördelning med avseende på avrinningsområdets area ges i tabell 3.1.

Stationer i	Area (km ²)				Totalt
	0-100	100-500	500-2000	>2000	
Oreglerade vattendrag	47	59	40	30	176
Reglerade vattendrag	4	27	44	93	168

Tabell 3.1

Stationsfördelning efter avrinningsområdets storlek

Distribution of stations with respect to size of area



Figur 3.1
 SMHI:s stationsnät för vattenförling
 Runoff network of SMHI.

I bedömningen av stationsnätet och dess framtida utformning behandlas stationer i reglerade respektive oreglerade vattendrag var för sig. Anledningen till detta är skillnader i utgångspunkter för lokalisering av stationerna. Förekomst av reglering medför även en del inskränkningar i användningen av insamlade vattenföringsuppgifter.

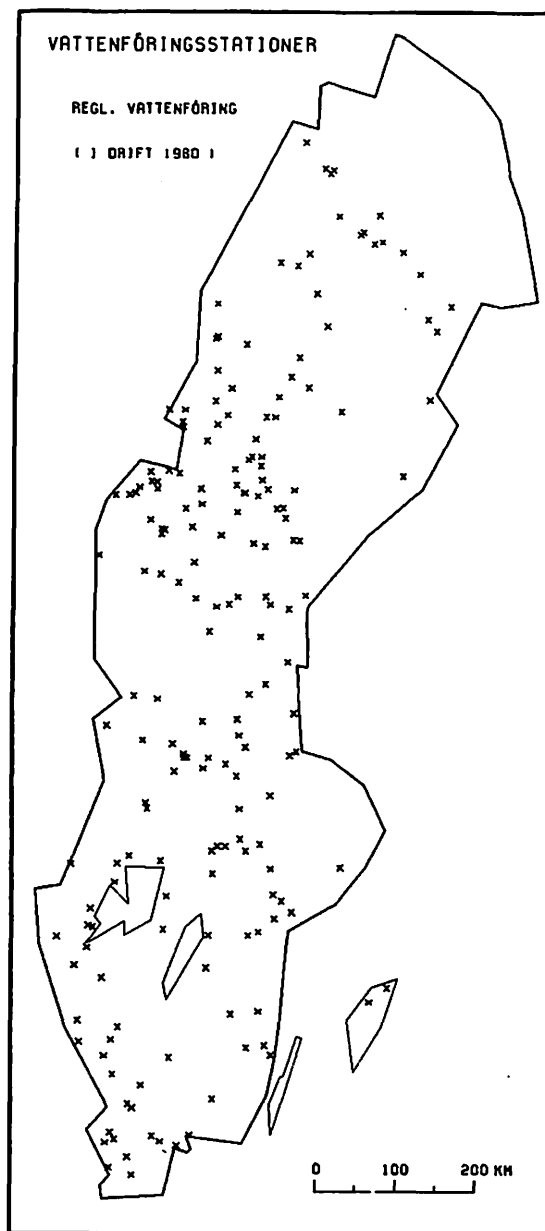
3.1 Stationer i reglerade vattendrag

Uppgifter om vattenföring i reglerade vattendrag används främst i beskrivningen av variabiliteten i tid och rum och i kontrolluppdrag.

Vattenföringens variationer i tiden i vattendrag med relativt hög regleringsgrad är specifika för respektive vattendrag. Detta innebär svårighet att använda uppgifter om vattenföring från andra, närliggande vattendrag vid beräkningar. Härav följer även att varje större vattendrag måste förse med minst en vattenföringsstation för att nöjaktig kontroll och översikt ska erhållas.

Igångvarande stationer i reglerade vattendrag visas i figur 3.2.

En stor del av dessa stationer ingår i kontrolluppdrag som SMHI har att genomföra. Uppdragen avser kontroll av vattenhushållning vid regleringen. Uppgifter från 109 stationer används i dessa kontrolluppdrag. Stationerna är vidare, tillsammans med stationer i oreglerade vattendrag, nödvändiga för informationen om den översiktliga vattensituationen i landet.



Figur 3.2

Stationer i reglerade vattendrag.

Runoff stations in regulated rivers.

Lämpligheten som underlag för överföring av information till andra vattendrag minskar med ökande grad av reglering. Dock bör rumsvariabiliteten (för åtminstone avrinningens årsmedelvärden) kunna beskrivas med utgångspunkt från även mätningar i reglerade vattendrag.

I södra Sverige finns någon form av fördämning i de flesta vattendrag. Regleringsgraden kan dock företrädesvis sägas vara ganska låg. Man blir alltså i sökandet efter lämpliga punkter för stationer i oreglerade vattendrag tvungen att acceptera en viss regleringsgrad.

Det blir återigen fråga om att bedöma användbarheten av information från reglerade vattendrag med hänsyn till grad av reglering.

De befintliga stationerna i reglerade vattendrag uppvisar relativt god täckning. Dock är en del kompletteringar nödvändiga.

Ett markerat krav från de miljövärdande myndigheterna innebär kontroll över transport till de större sjöarna och till omgivande havsområden. I första hand är Vättern och Vätern utpekade som "bristområden". De flesta av de aktuella vattendragen är reglerade. Totalt behövs i de reglerade vattendragen ett tillskott av ett tiotal stationer.

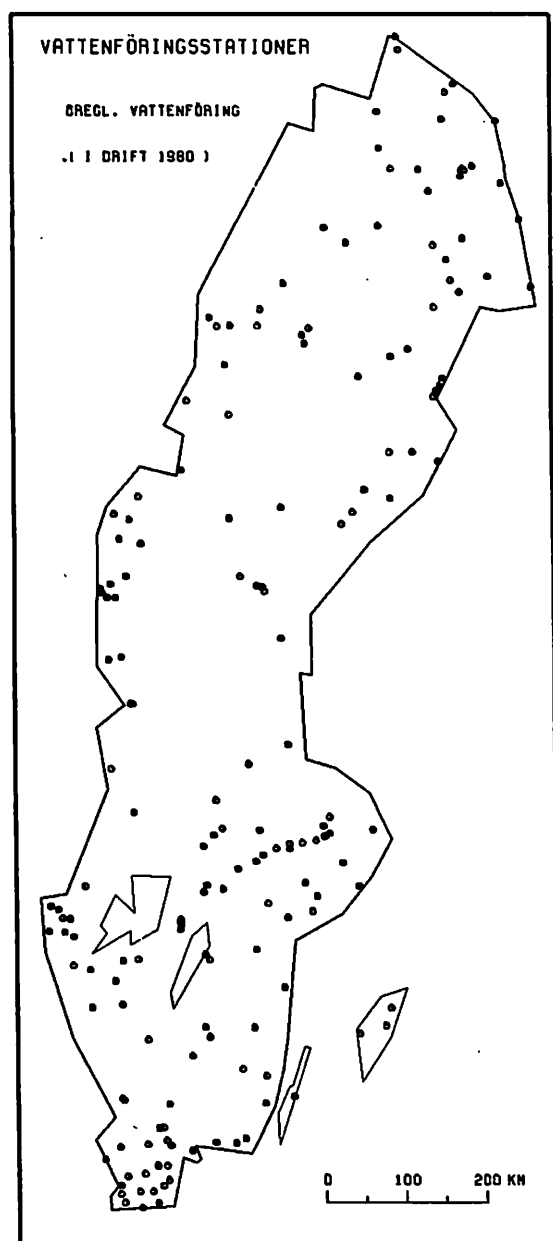
3.2 Stationer i oreglerade vattendrag

Huvudsyfte för insamlad vattenföringsinformation från stationer i oreglerade vattendrag är att utgöra underlag för beskrivning av avrinningsens geografiska fördelning och dess variabilitet i tiden. Beräknade vattenföringsvärden ska med en viss noggrannhet kunna ges för godtyckliga punkter i svenska vattendrag.

I planeringen av stationsnätet måste hänsyn tas till de olikheter som föreligger mellan stora och små avrinningsområden. Strukturen hos avrinningen från stora avrinningsområden är främst beroende av storskaliga atmosfäriska skeenden såsom exempelvis omfattande nederbördsområden. Avrinningen från små områden formas i betydligt högre grad av atmosfäriska processer i mesoskala (skurnederbörd) och avrinningsområdets fysiografi, sjöprocent och markanvändning. Effekter som av stora avrinningsområden dämpas ut och i mindre grad märks i avrinningsbilden.

Nämnda skillnader mellan stora och små avrinningsområden leder till olika typer av interpolationsmetodik. Vid interpolering av information till stora avrinningsområden utan mätningar kan närliggande områden i stor utsträckning användas. Avrinningsmodeller för stora områden får nederbörd och temperatur som viktigaste ingångsparametrar. Små avrinningsområden uppvisar en större rumslig variation och tillåter inte i samma utsträckning att information överförs från närliggande områden. Stor vikt måste här läggas vid hänsynstagande till nederbördens rums- och tidsvariabilitet. Avrinningsmodeller måste inbegripa egenskaper hos avrinningsområdet som påverkar avrinningen.

Figur 3.3 visar fördelningen av stationer i oreglerade vattendrag (176 st).

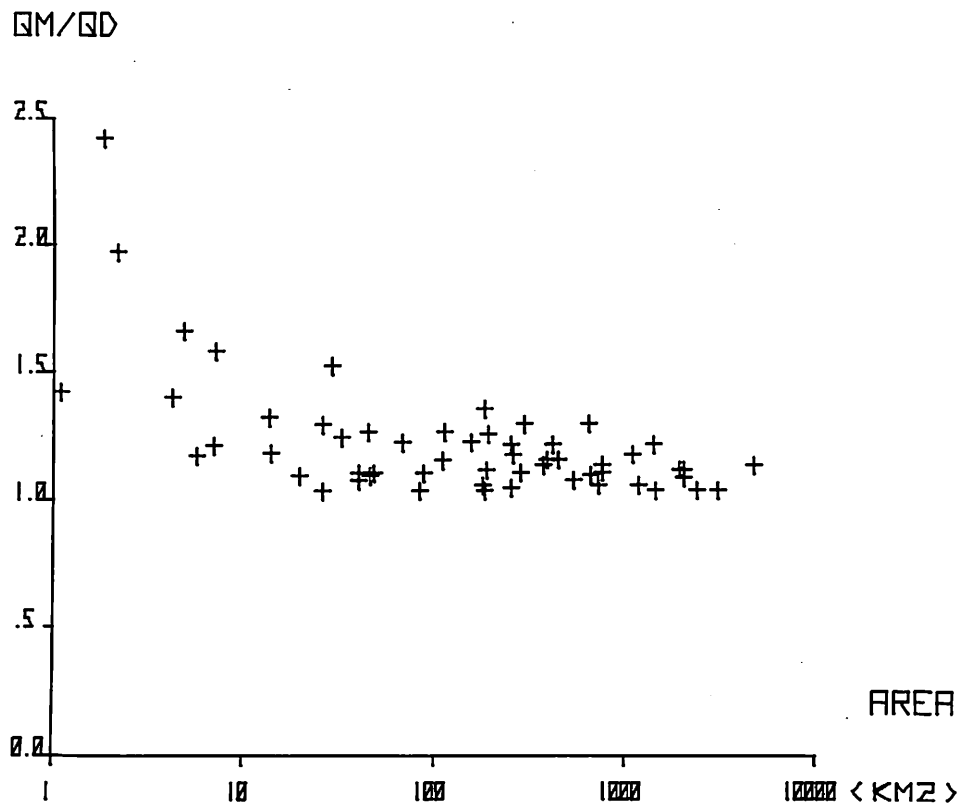


Figur 3.3

Stationer i oreglerade vattendrag.

Runoff stations in rivers uninfluenced by regulations.

Gränsen mellan vad som får anses vara små respektive stora avrinningsområden är naturligtvis ej skarp. Ett försök att ungefärligen bestämma denna gräns illustreras i figur 3.4. Figuren visar förhållandet mellan momentanvärde och dygnsvärde vid ett högvattentillfälle för 56 olika stationer.



Figur 3.4

Relationen momentanvärde/dygnsvärde.

Relation between instantaneous values and daily means for high flow situations.

Man kan förmodligen anta att man för områden större än ca 100 km² kan försumma skillnaden mellan momentanvärde och dygnsvärde. 100 km² sätts därför som en ungefärlig gräns mellan små och stora avrinningsområden.

Ett mera korrekt sätt att definiera gränsen mellan små och stora avrinningsområden vore att använda tidsskalan för vattenföringens variationer. Härvid skulle man även kunna ta hänsyn till betydelsefulla faktorer som sjöprocent och sjöars läge i förhållande till mätstation. Detta tarvar dock en undersökning som ej inrymmer här.

3.2.1 Små avrinningsområden

Studier i små avrinningsområden har många användningsområden.

- * Mätningarna kan utgöra underlag för utformning av dimensioneringsregler.
- * I prognoser som snabbt reagerande indikatorer.
- * Miljöövervakning.
- * Underlag för översiktlig hydrologisk kartering.
- * Naturreferenser. Effekter av ingrepp i naturen kan studeras.
- * Underlag för forskning.

För att i så stor utsträckning som möjligt nyttiggöra den insamlade informationen om avrinningen från små områden är det nödvändigt att säkerställa information om alla termer som ingår i vattenbalanskvationen. Här har tidigare konstaterats att avrinningen från små områden är starkt beroende av lokala faktorer, bland dem nederbördens fördelning och avrinningsområdets fysiografiska karakteristika. Det blir nödvändigt att betrakta mätstationer i små avrinningsområden mera som vattenbalansstationer än enbart vattenföringsstationer. Dessa vattenbalansstationer bör också ses som en naturlig del av det ordinarie stationsnätet, vilket även påpekas i WMOs rekommendationer för utformning av stationsnät.

En vattenbalansstation ska ge information om:

- o Avrinning.
- o Nederbörd. Nederbördsstationen ska ligga i eller i nära anslutning till området.
- o Klimatologiska parametrar, bl a för beräkning av evapotranspirationen (temperatur, fuktighet, vind och strålningsförhållanden).
- o Magasinsförändringar. Främst förändringar i mark- och grundvattenmagasinet.

3.2.2 Stationsnät - små avrinningsområden

En plan för hur utbyggnaden av vattenbalansstationer ska ske har redan utarbetats inom projektet fältforskningsområden (FFO).

FFO-projektet utgör en fortsättning på de hydrologiska forskningsaktiviteterna inom de sk representativa områdena. Forskningen var här främst inriktad mot hydrologiska processtudier. Underlag i form av uppmätt information erhöles från ett mindre antal försöksområden med relativt omfattande mätprogram.

Med utgångspunkt från de vunna erfarenheterna inom arbetet med de representativa områdena formades FFO-projektet. Fler undersökningsområden men med enklare instrumentering skulle upprättas.

Två huvudsyften för studierna inom FFO angavs:

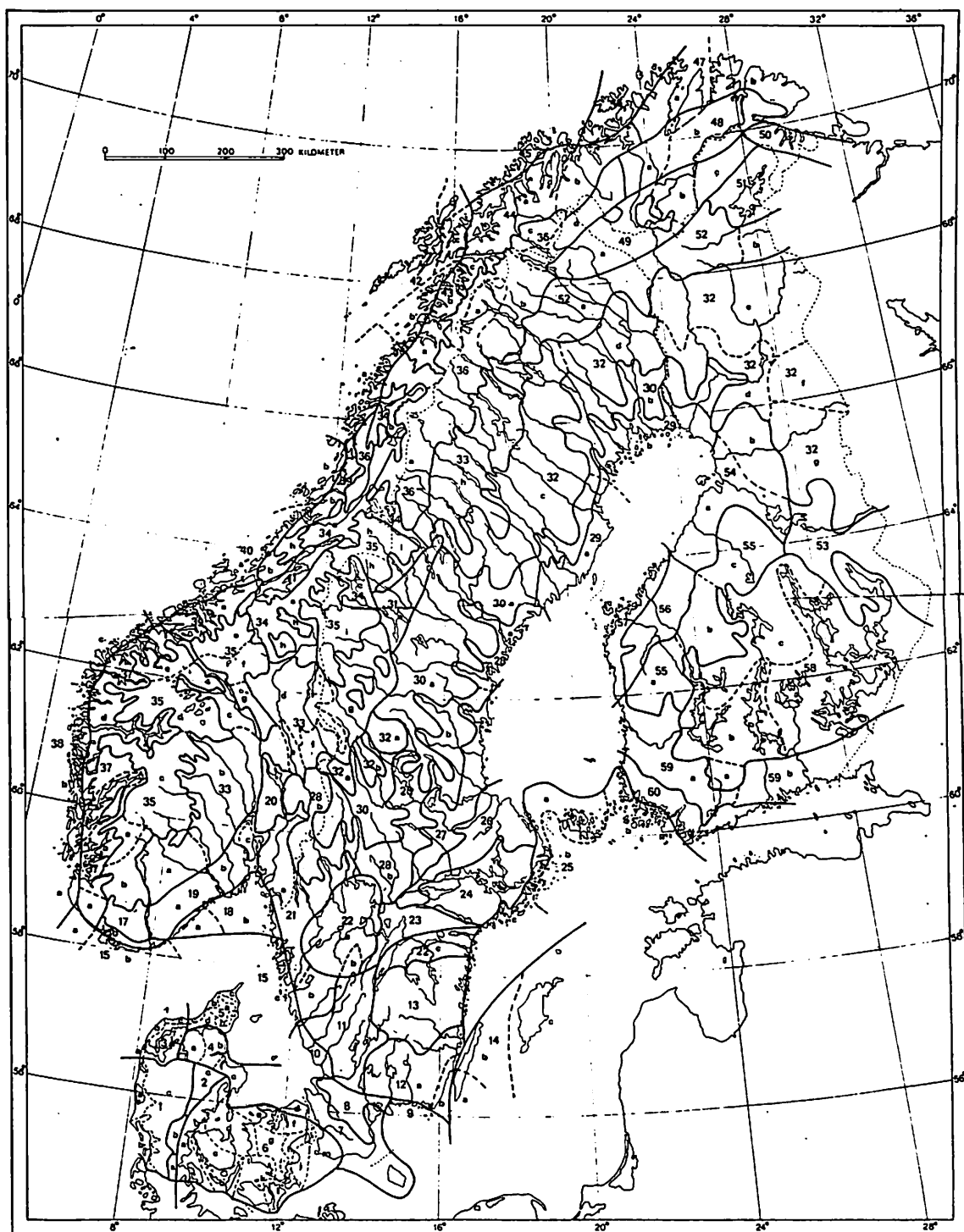
- o Utgöra underlag i en översiktlig hydrologisk kartering av Sverige.
- o Utgöra underlag för bestämning av hydrologiska parametrar i områden utan mätningar (modellreferenser).

Mätprogrammet i varje undersökningsområde ska som ett minimum omfatta följande:

Vattenföring
Nederbörd (inkl snötaxeringar)
Lufttemperatur (inkl minimi- och maximitemperatur)
Ångtryck
Vind
Kemi (rinnande vatten)

Fördelningen av undersökningsområden har genomförts som en form av stratifierad provtagning. Kartan över hydrologiska regim-regioner har kombinerats med kartan Naturgeografisk regionindelning av Norden (figur 3.5).

Resultatet blir en indelning av landet i 45 underregioner. En indelning som ger fördelningen av olika naturtyper inom de hydrologiska regimregionerna. Ett minimikrav skulle vara ett undersökningsområde i varje underregion. Detta skulle ge en fördelning mellan de hydrologiska regimregionerna enligt vad som ges i tabell 3.2.

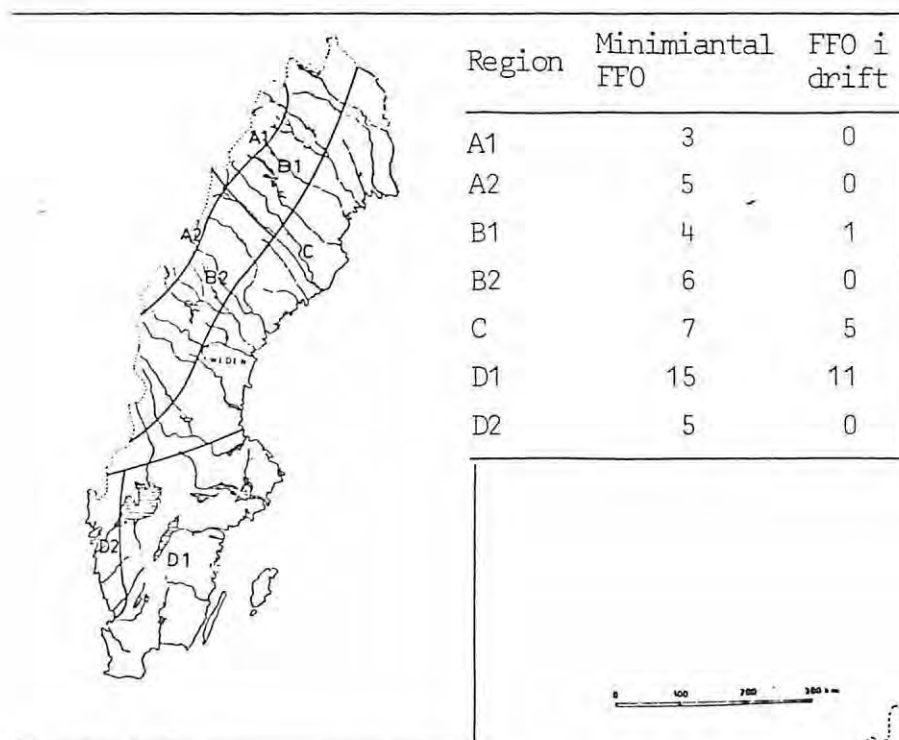


Figur 3.5

Naturgeografisk regionindelning av Norden (NV B 1977:34)

Subdivision of Norden in natural, geographic regions

Figur 3.6 visar de fältforskningsområden, som är i drift idag. I figur 3.7 visas alla stationer med avrinningsområde $\leq 100 \text{ km}^2$ där vattenföringsmätningar pågår. En del av dessa är identiska med dem som används inom FFO-projektet men därutöver finns ett flertal stationer som förmodligen med enkla kompletteringar kan användas som vattenbalansstationer.



Tabell 3.2

Fördelning av vattenbalansstationer

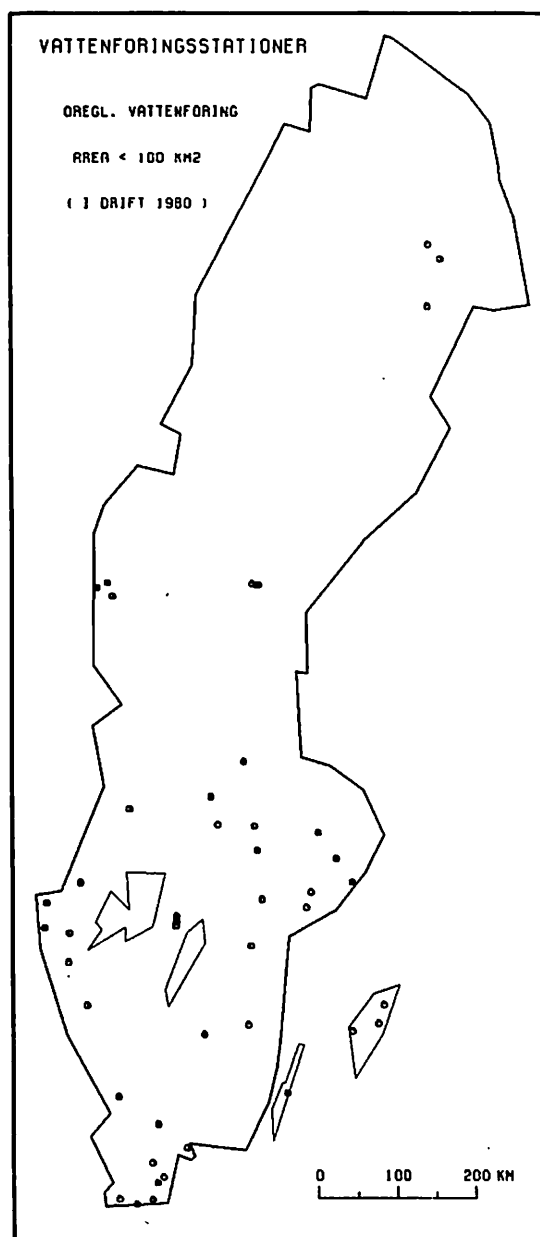
Distribution of small basins for water balance studies



Figur 3.6

FFO i drift

Small research basins in operation



Figur 3.7

Stationer i drift med avrinningsområde $\leq 100 \text{ km}^2$

Stations with drainage area $\leq 100 \text{ km}^2$

3.2.3 Stora avrinningsområden

WMO har för planeringen av stationsnät för vattenföringsmätningar angett allmänt formulerade rekommendationer. Synpunkterna är väl värda att beakta men ger ingen systematisk lösning av planeringsfrågan.

I den metod som här valts, Karasseffs metod, utnyttjas redan förvärvade kunskaper om avrinningens tidsvariabilitet och areella fördelning. Hänsyn tas till precisionskrav för de produkter som mätunderlaget ska ge.

Karsseff publicerade sin metod 1968 i en studie över en optimal utformning av Sovjetunionens stationsnät. Metoden har senare (1974) av Leclerc, Bobéc och Villeneuve modifierats och applicerats på utformningen av Quebecs stationsnät.

Metoden grundar sig på ett betraktande av en hydrologisk variabel $x(s,t)$ uppdelad på två komponenter. En del ($f(s)$) som ger variabelns medelvärde, dess areella fördelning, en del ($y(t)$) som återger de tidsmässiga variationerna kring medelvärdet.

$$x(s,t) = f(s) + y(t) \quad (3.1)$$

där

s betecknat position

t tid

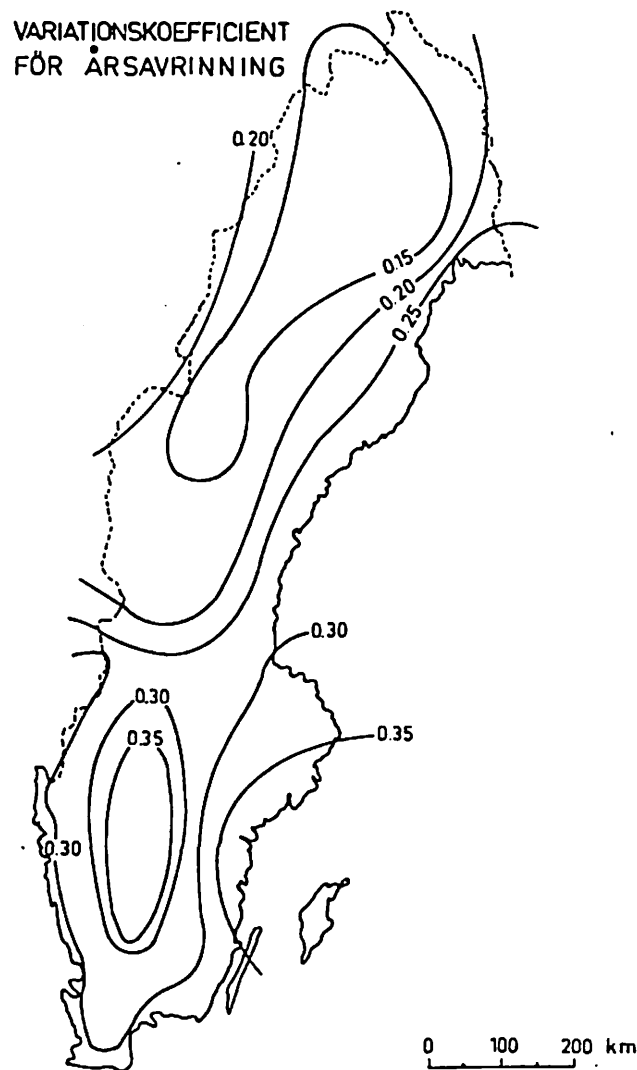
I beräkningarna enligt metoden används uppgifter om variabiliteten hos avrinningens årsvärden. Det hade naturligtvis varit högst önskvärt att kunna genomföra beräkningarna även för månads-, dygns- och extremvärden, men underlaget har härvidlag varit alltför ofullständigt. Vidare förutsätts att hydrologiskt homogena regioner studeras var för sig (figur 1.1).

Den rumsliga fördelningen av avrinningens årsvärden har hämtats från avrinningskartan för perioden 1931-60 utarbetad av Tryselius (1971). Variationerna mellan olika år beskrivs av kartan över årsavrinnings variationskoefficient (figur 3.8).

Kartan härrör från en rapport om hydrologiska regioner i Norden. Underlag har tagits från vattenföringsstationer med lång observationsperiod, med avrinningsområde mindre än 2000 km² och med låg sjöprocent.

Bestämningen av lämplig stationstäthet balanseras på följande huvudpunkter:

- o signifikant skillnad mellan avrinningen vid två intilliggande stationer ska föreligga så att upprepning av information undviks. Ett minimiavstånd mellan avrinningsområdena bestäms och det erhållna kriteriet benämns här "gradientkriteriet" (c_g),
- o stationerna måste ligga tillräckligt tätt för att medge interpolering med tillräcklig precision. Hänsyn tas till tidsvariabiliteten och graden av synkronitet mellan stationerna. Kriteriet betecknas här "korrelationskriteriet" (c_c).



Figur 3.8

Årsavrinningens variationskoefficient, c_v (Gottschalk, m fl. 1978)

Coefficient of variation for annual runoff

Gradientkriteriet omfattar tillförlitligheten i data med avseende på mätprecision i förhållande till avrinningens rumsliga variation. För $f(s)$ i ekvation 3.1 är felet vid en interpolation för en punkt mitt emellan två avrinningsområdens medelpunkter:

$$\sigma_m = \sqrt{2} \cdot \sigma_o \cdot \bar{m} \quad (3.2)$$

där

σ_o är mätfelet i procent för avrinningens årsvärden

$\bar{m}$ medelavrinningen

σ_o antas vanligen vara lika med 5% (Hersch, bl a). Kravet på tillräcklig skillnad i avrinningen för olika avrinningsområden kan formuleras:

$$l \cdot \text{grad}(R) > 1.96 \sigma_m = 1.96 \sqrt{2} \sigma_o \bar{m}$$

(5% konfidensgrad)

där

l är avståndet mellan avrinningsområdenas medelpunkter

$\text{grad}(R)$ avrinningens gradient

$$l > \frac{1.96\sqrt{2} \sigma_o \bar{m}}{\text{grad}(R)} \quad (3.3)$$

l uttrycker ett minimiavstånd mellan stationerna. Gradientkriteriet definieras som:

$$c_g = l^2 > \frac{7.68 \sigma_o^2 \bar{m}^2}{(\text{grad}(R))^2} \quad (3.4)$$

Regionarea/ c_g ger maximalt antal stationer med hänsyn till avrinningens gradient.

Korrelationskriteriet, c_o , beror av maximala felet vid interpolation av avrinningsvärden för individuella år. Interpolationsfelet uttryckt som funktion av variationskoefficienten c_v och korrelationsfunktionen ger ett mått på precisionen i bestämningen av $y(t)$ i ekvation 3.1.

Graden av synkronitet mellan stationerna uttrycks av korrelationsfunktionen. I sin härledning har Karasseff gett korrelationsfunktionen formen:

$$\rho = 1 - \frac{l}{L_o} \quad (3.5)$$

där

l är avståndet mellan avrinningsområdenas medelpunkter

L_o är det avstånd vid vilket korrelationsfunktionen antar värdet 0

Enligt Leclerc et al uppnås det maximala felet vid interpolering mellan två avrinningsområden halvvägs mellan dessa. Detta fel i relativa mått kan beräknas ur:

$$\sigma_i = \sqrt{0.5(c_v^2 \frac{l}{L_o} + \sigma_o^2)} \quad (3.6)$$

Tillåtet avstånd mellan stationerna blir:

$$\ell \leq \frac{L_O}{c_v^2} (2 \sigma_1^2 - \sigma_O^2) \quad (3.7)$$

c_v är avrinningens variationskoefficient.

Korrelationskriteriet definieras som:

$$c_c = \ell^2 \leq \frac{L_O}{c_v^2} (2 \sigma_1^2 - \sigma_O^2)^2 \quad (3.8)$$

Regionarea/ c_c ger krav på minimiantal stationer med utgångspunkt från avrinningens tidsvariabilitet.

För en mer ingående diskussion om gradientkriteriet och korrelationskriteriet hänvisas till Karasseff och Leclerc et al.

Underlag för bestämning av värden på gradient- respektive korrelationskriteriet har erhållits på följande sätt:

Avrinningens medelvärde, $\bar{m}$, och dess gradient, $\text{grad}(R)$, har uppskattats med hjälp av Tryselius' avrinningskarta. Gradienten är starkt riktningsberoende och genomsnittliga värden för den riktning som ger största gradienten har använts, dvs i allmänhet från landets inre delar i riktning mot kusten.

Variationskoefficienten, c_v , har erhållits från den i figur 3.8 redovisade kartan.

I tabell 3.3 är värden för ovan nämnda variabler sammanställda.

REGION	AREA (km ²)	$\bar{m}$ (l/s/km ²)	grad(R) (l/s/km ² /km)	c _v
A1	18 820	38	0.56	0.17
A2	11 620	35	0.42	0.20
B1	54 980	16	0.10	0.15
B2	58 730	12	0.17	0.16
C	142 280	10	0.05	0.22
D1	124 910	8	0.07	0.32
D2	19 650	14	0.22	0.30

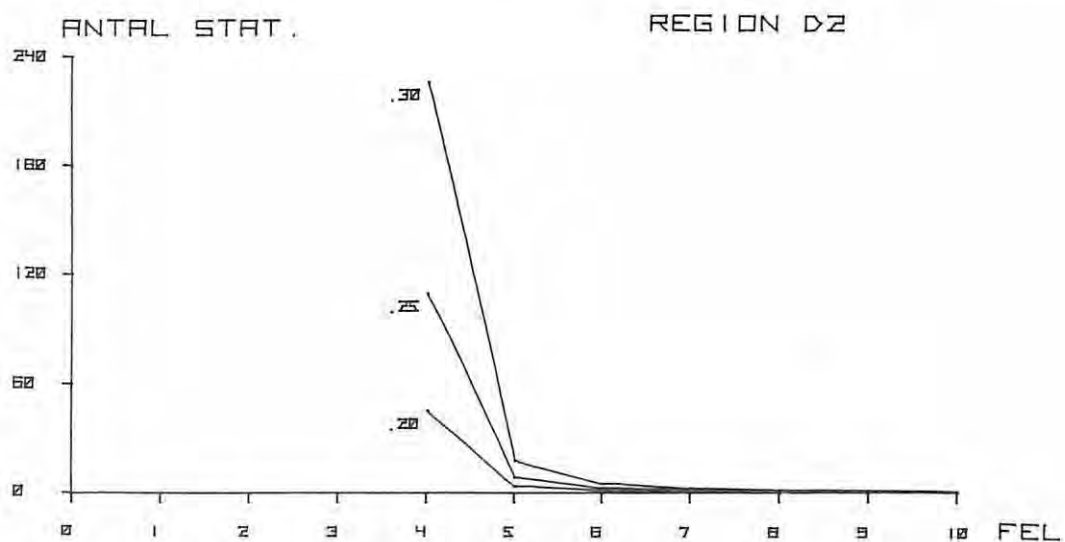
Tabell 3.3

Beskrivning av regionerna

Description of the regions concerning variability of runoff

Vid bestämning av miniminivå för stationsnätet enligt korrelationskriteriet är valet av maximalt tillåtet fel (fel på grund av avrinningens tidsvariabilitet) av stor betydelse.

Det mot varje felnivå svarande minimiantalet stationer för region D2 visas i figur 3.9. Övriga regioner uppvisar likartad bild.



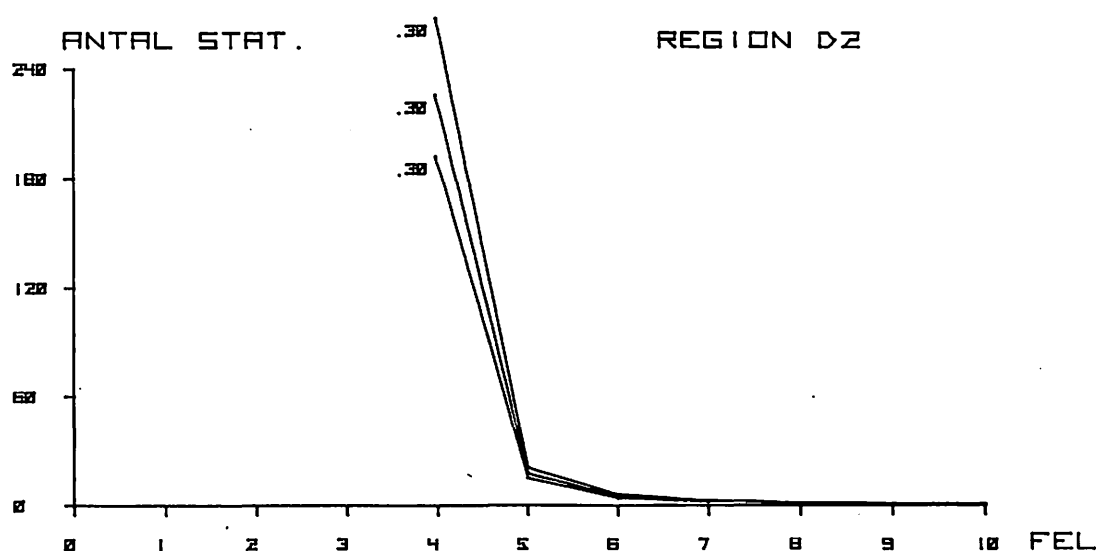
Figur 3.9

Antal stationer som funktion av interpolationsfelet (med avseende på tidsvariabiliteten) för olika variationskoefficienter.

Dependence between number of stations and interpolation error (variability in time) for different coefficients of variation.

En optimal nivå för felet bör, som figuren anger, ligga vid 5%. Fram till denna nivå ger varje ny station relativt god utdelning i form av högre precision i de värden som tas fram genom interpolering. Ytterligare förbättring av precisionen kräver som synes en mycket kraftig höjning av antalet stationer. Figuren visar även effekten av en felbedömning med avseende på variationskoefficienten. Förutom för det uppskattade värdet (0.30) har även de mot 0.25 respektive 0.20 svarande kurvorna uppritats.

Vidare behövs i beräkningarna kännedom om korrelationsfunktionen. Korrelationsfunktionens utseende har undersökts i ringa grad. I en undersökning av frekvens och rumsutbredning av torrår i Sverige (Diawara, Johansson, 1979) sätts L_0 till 1300 km för hela landet under vintersäsongen och till 1100 km under sommaren. I beräkningarna har genomgående använts $L_0 = 1200$ km. Inverkan av olika värden på L_0 visas i figur 3.10. Variationskoefficienten här genomgående lika med 0.30.



Figur 3.10

Antal stationer som funktion av interpolationsfelet vid olika värden på L_0 i korrelationsfunktionen. Från vänster till höger: $L_0 = 1300$ km, $L_0 = 1200$ km, $L_0 = 1100$ km.

Dependence between number of stations and interpolation error for different L_0 in the correlation function. From the left to the right: $L_0 = 1300$ km, $L_0 = 1200$ km, $L_0 = 1100$ km.

Den totala bilden för stationer i oreglerade vattendrag ($> 100 \text{ km}^2$) ges av tabell 3.4.

Korrelationskriteriet ger miniminivå pch gradientkriteriet maximal stations-täthet.

	Region	Maximalt antal stationer	Minimiantal stationer	Nuvarande antal stationer
	A1	209	2	2
	A2	89	2	11
	B1	109	3	16
	B2	587	4	13
	C	178	37	31
	D1	500	139	50
	D2	246	18	6

Tabell 3.4

Antal stationer (oreglerade vattendrag > 100 km²)

Number of stations (uninfluenced rivers, basin area > 100 km²)

Kraven på stationstäthet förutsätter en relativt homogen fördelning av stationer inom regionerna. Stationer i regioner med krav på hög stationstäthet bör ej heller omfatta avrinningsområden som är alltför stora. Alltför stora avrinningsområden innebär en precisionsförlust i beskrivningen av avrinningens rumsvariabilitet. Ur tabellen framstår klart att en fullständig beskrivning av avrinningens rumsvariabilitet kräver ett mycket tätt stationsnät (maximinivå enligt gradientkriteriet). Å andra sidan kan denna beskrivning utföras med hjälp av stationer som drivs under en begränsad tid, korttidsstationer. Korttidsstationer blir även av ekonomiska skäl en nödvändig del av stationsnätet. Utformningen av själva stationen kan göras enklare och därmed mindre kostsam. Driftperioden för korttidsstationerna ska vara av sådan längd att en klar relation till närliggande permanenta stationer har erhållits. En trolig periodlängd bör ligga i intervallet 10-30 år.

Möjligheten att använda korttidsstationer bör dock utredas ytterligare speciellt vad avser stationernas konstruktion och erforderlig mätperiod.

De här redovisade beräkningarna avseende stationstäthet är som tidigare nämnts grundade på uppgifter om årsvärden.

I en rapport av Lars Gottschalk (rapporten publiceras under senare delen av 1981) om precisionen i SMHIs nuvarande stationsnät för vattenföring redovisas bl a uppgifter om variationskoefficienten för extremvärden. Det kan vara av intresse att jämföra dessa värden med motsvarande för årsvärden, speciellt med avseende på fördelning av stationer regionerna emellan (tabell 3.5).

Region	Årsvärden	Variationskoefficient, c_v			
		Minimivärden		Maximivärden	
		Vinter	Sommar/höst	Vår	Höst
A1	0.17	0.37	0.37	0.24	0.24
A2	0.20				
B1	0.15	0.31	0.31	0.28	0.28
B2	0.16				
C	0.22	0.27	0.42	0.38	0.75
D1	0.32	0.47	0.60	0.45	0.64
D2	0.30				

Tabell 3.5

Variationskoefficient för års- och extremvärden.

Coefficient of variation for annual and extreme values.

Med minimivärden avses här 30-dagarsminimum. Maximivärden avser dygnsmaxima. Förutom att variationskoefficienten för extremvärden uppvisar högre värden än för årsvärden kan inga avgörande skillnader skönjas som i någon större utsträckning kan påverka den tidigare rekommenderade fördelningen regionerna emellan.

Sammanfattningsvis kan man för oreglerade vattendrag med avrinningsområde större än 100 km² säga att stationsnätet bör bestå av permanenta stationer upp till minst miniminivå enligt tabell 3.4. Därutöver kan beskrivningen av avrinningens rumsvariabilitet utföras med hjälp av korttidsstationer upp till tabellens maximinivå.

3.2.4 Stationsnät - sammanfattning

Det totala stationsnätet sammanfattas i tabell 3.6.

Antalet vattenbalansstationer är som tabellen anger 17. Bland de vattenföringsstationer, som ej omfattas av dessa 17 vattenbalansstationer (30 st), finns en del som med relativt små kompletteringar kan överföras till denna del av stationsnätet.

Fastläggande av antalet korttidsstationer är en svår och öppen fråga. Ett rimligt antagande är att fem stationer upprättas varje år. En genomsnittlig driftperiod av 20 år medför så småningom att 100 korttidsstationer kommer att vara i drift.

	Nuvarande antal stat.	Rekommend. antal stat.
<u>Stationer i reglerade vattendrag:</u>		
Ett mindre antal kompletteringar främst kring de större sjöarna.	168	180
<u>Stationer i oreglerade vattendrag, avrinningsområde $\leq 100 \text{ km}^2$:</u>		
Nät av vattenbalansstationer upprättas. Rekommenderat antal anger miniminivå.	17	45
Antal vattenföringsstationer med avrinningsområde $\leq 100 \text{ km}^2$: 47		
<u>Stationer i oreglerade vattendrag, avrinningsområde $> 100 \text{ km}^2$:</u>		
Permanent stationer, minimiantal: 205		
Antal korttidsstationer enligt i texten angivna premisser: 100	129	305
Totalt:	314	530

Tabell 3.6

Stationsnät för vattenföring

Network for runoff

3.3 Mätmetoder

En förutsättning för täckning av olika behov av uppmätta vattenföringsvärden är att alternativa former av mätteknik finns tillgängliga. En anpassning av mätmetodikerna måste ske med hänsyn till mätperiodens längd, avrinningsområdets storlek, noggrannhetskrav och de ekonomiska förutsättningarna för mätningarna.

Befintliga stationstyper är väl lämpade för långa mätperioder. Kostnaderna för uppförandet av stationerna är dock relativt höga vilket gör dem olämpliga i de fall då mätningar behövs under en kortare period. En av de stora fördelarna med korttidsstationer är att de kan ha en enklare och mindre kostsam utformning. Förslag till sådan utformning måste utarbetas. Ofta uttrycks även behov av mer kortvariga mätningar (ned till en vecka) i företrädesvis små vattendrag. Vanligen är ändamålet miljöstudier av olika slag men även kalibrering av avrinningsmodeller kan komma ifråga.

Utveckling av ny metodik bör således i första hand inriktas mot kortvariga mätningar till en rimlig kostnad. Speciellt gäller detta för små avrinningsområden. När det gäller kalibrering av avrinningsmodeller bör även möjligheten till kampanjmätningar tas med i beräkningarna. Kampanjmätningar innebär samtidig bestämning av vattenföring i ett flertal punkter inom ett område.

Ytterligare en förutsättning för en optimal täckning av informationsbehoven är en total nätverksstrategi, dvs alla parametrar nödvändiga för hydrologiska beräkningar ska vara tillgodosedda med avseende på mätunderlag. Inbördes fördelning mellan parametrarna vad det gäller mätunderlag ska vara i samstämmighet med deras vikt i beräkningarna.

Redovisade krav på stationtäthet för vattenföringsmätningar måste som en följd härav kompletteras med krav på framför allt stationstätheten för nederbördsstationer. SMHI har idag ca 850 stationer med observation av nederbörd. Nätet har relativt god täckning med undantag för fjällområdet.

Endast två stationer är belägna på en höjd överstigande 800 m ö h. - Vattenbalansstudier i små avrinningsområden kräver dessutom närliggande nederbördsstation och därmed att hänsyn tas vid lokalisering av nya nederbördsstationer.

Stationer för bestämning av avdunstning eller markvattenhalt saknas helt i SMHIs nät.

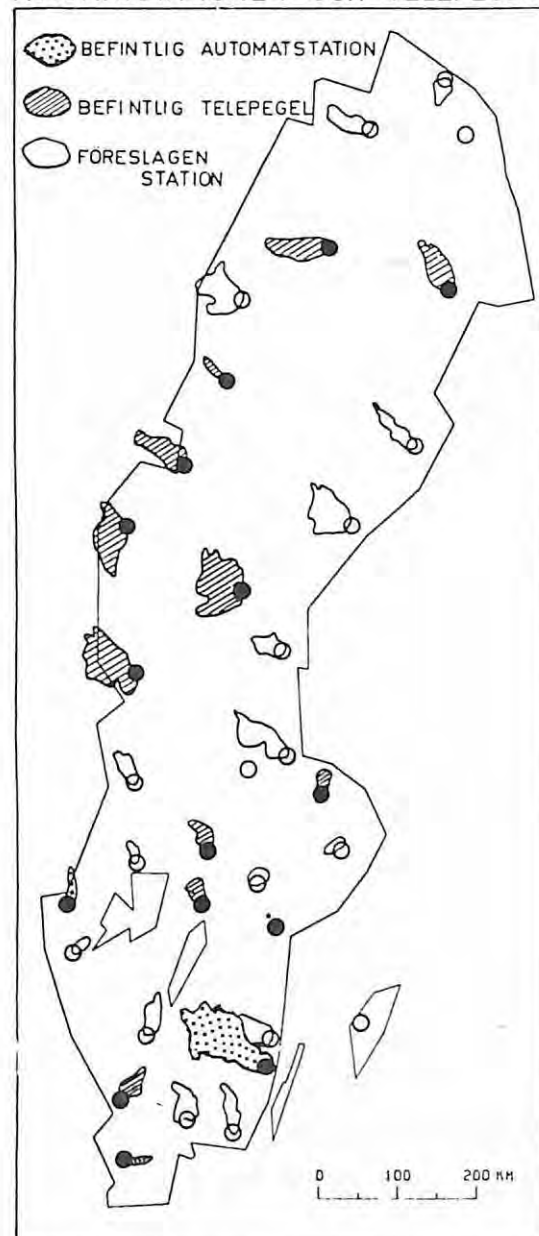
I diskussionerna om mätmetodik utgör den uppmätta informationens väg från stationen till lagringen i dator ett viktigt inslag. Den vanligaste proceduren innebär att diagram omfattande en månads observationer vid respektive station skickas per post till SMHI. Diagrammen bearbetas med kurvföljningsutrustning och informationen matas in i dator.

Behovet av överblick över den hydrologiska situationen i landet och uppdatering av modeller för flödesprognoser ställer krav på att informationen från vattenföringsstationen snabbt blir tillgänglig. Automatstationer är det snabbaste och än så länge det dyraste sättet att uppfylla detta krav. Ett enklare alternativ är användning av en s k telefonsvarande pegel. Ytterligare en möjlighet att påskynda nyttiggörandet av informationen är att diagrammen skickas in med tätare mellanrum, exempelvis varje vecka, för de stationer som prioriteras med avseende på dataåtkomst.

Förslag till lokalisering av nya telefonpeglar och automatstationer har utarbetats vid SMHI. Figur 3.9 visar dels igångvarande telepeglar och automatstationer, dels förslag till nya stationslägen. Utredningen ansluter sig till förslaget.

Stationer, som drivs av andra institutioner än SMHI bör, om utförandet och mätningarna i rimlig utsträckning motsvarar SMHIs fordringar, så långt möjligt införlivas i SMHIs datalagringssystem för vattenföringsuppgifter.

AUTOMATSTATIONER OCH TELEPEGLAR



Figur 3.9

Utbyggnadsförslag för automatstationer och telepeglar (Gottschalk, opubl. 1981).

Automatic stations and automatic answering devices - stations in operation and suggested new locations.

4. PRIORITERING AV ÅTGÄRDER

Den information om vattenföring som erhålls från en nyupprättad station blir ur statistisk synpunkt långsamt nyttig. Tidigare redovisade krav på förändringar och förbättringar i informationsutbudet gäller redan nu. De omedelbara insatserna måste alltså utgå från den i dagsläget tillgängliga informationen. Detta innebär att hand i hand med en utbyggnad av stationsnätet måste en satsning på långtgående vidarebearbetning av data och användning av modeller ges mycket hög prioritet.

De betonade kraven på information om små avrinningsområden kan jämföras med nuvarande förutsättningar att lämna sådana upplysningar. Nätet av vattenbalansstationer är glest (~30% täckning gentemot minimikraven) och operativa avrinningsmodeller för små områden utan mätningar saknas. Utveckling av modeller pågår emellertid och måste ges hög prioritet.

Generellt bör insatser som avser upprättande av nya stationer för vattenföringsmätningar förläggas till den södra halvan av Sverige. Här sammanfaller stora behov från samhället av information med en hög variabilitet i avrinningen. Behovet av nya vattenbalansstationer är relativt jämnt fördelat över hela landet.

Upprättande av nya vattenföringsstationer omfattande stora avrinningsområden ($> 100 \text{ km}^2$) förläggs främst till Götaland och Svealand.

I 1970 års utredning angavs även förslag till lokalisering av nya mätstationer. Vid en utbyggnad enligt redovisade prioriteringar kan dessa utvalda mätpunkter naturligtvis användas förutsatt att hänsyn tas till kravet på en homogen fördelning inom respektive region.

Mättekniken bör göras mer flexibel. Förutom nu använd metodik behövs enkla metoder för kortvarig registrering av vattenföring främst i små vattendrag. Automatstationer är nödvändiga för en rationalisering av rutiner för flödesprognoser och för den kontinuerliga hydrologiska överblicken över landets vattentillgångar.

De ekonomiska förutsättningarna för aktiviteter kring information om vattenföring avgör i vilken mån eller snarare hur snabbt de uppsatta målen kan nås. Långtgående vidarebearbetning av data och modellanvändning har getts högsta prioritet för att snabbt nyttiggöra den insamlade informationen bland mycket annat som underlag för den fortsatta diskussionen om stationsnätets utformning. Stationsnätplanering är en kontinuerlig process.

R E F E R E N S E R

- Bergström, S., Jönsson, S.: Utvärdering av 1979 års vårflödesprognoser. HB Rapp. Nr 35, SMHI 1979.
- Diawara, A., Johansson, C.: Frekvens och rumsutbredning av torrår i Sverige. Rapp. SMHI HBV PM Nr 273, Norrköping 1979.
- Eriksson, E.: On Design and Operation of Hydrologic Networks. Nordisk Hydrologisk Konferens 1972. Särtryck från Band 1.
- Falkenmark, M.: Vatten. Resurser - användning - problem. Ett försök till hydrologisk helhetssyn. Ps Jo 1979:8.
- Gottschalk, L., Jutman, T.: Small Research Basins - A Tool for Comprehensive Hydrological Mapping. 6:e Nordiska Hydrologiska Konferensen. Seminarium nr 3. UNGI Rapport nr 53, Uppsala 1980.
- Gottschalk, L., Krasovskaia, I.: Representativity of Hydrologic Parameters. Vannet i Norden No 4, 1975.
- Gottschalk, L., Lundager-Jensen, J., Lundqvist, D., Solantie, R., Tollan, A.: Hydrologiska regioner i Norden. Nordic Hydrologic Conference and Second Nordic IHP Meeting. Papers of sessions. Nordic Association for Hydrology, 1978.
- Hersch, R.W., (Ed.): Hydrometry. Principles and Practices. Bristol 1978.
- Karasheff, J.F.: Physical and Statistical Methods for Network Design. Casebook on Hydrological Network Design Practice. WMO No 324. Genève 1972.
- Leclerc, M., Bobée, B., Villeneuve, J.P.: Adaption and Application of the Karazev Method to the Rationalization of Quebec's Hydrometric Basic Network. Nordic Hydrology 5, 1974, p. 213-228.
- NU B 1977:34: Naturgeografisk regionindelning av Norden. Stockholm 1977.
- Rodda, C.J.: Hydrological Network Design - Needs, Problems and Approaches. Reports on WMO/IHD Projects. Report No 12. Genève 1969.
- SMHI: Vattenföringsstationsnätet i Sverige - Inventering och utbyggnadsförslag 1970. Utlåtande den 22 mars 1971. Stockholm 1971.
- SNV PM 1120. Användningen av Sveriges vattentillgångar. Områden med vattenbrist - intresseemotsättningar - planeringsbehov. Redovisning av uppdraget "Översiktlig kartläggning av landets vattentillgångar m.m." Statens Naturvårdsverk. SNV PM 1120, 1978.
- SOU 1980:39, 40: Vattenplanering. Betänkande av vattenplaneringsutredningen. SOU 1980:39, 30. Stockholm 1980.
- Tryselius, O.: Runoff Map of Sweden. Average Annual Runoff for the Period 1931-60. SMHI Medd. Serie C, Stockholm 1971.
- WMO: Casebook of Examples of Organization and Operation of Hydrological Services. WMO No 461, Genève 1966.
- WMO: Guide to Hydrological Practices. WMO No 168. Genève 1974.

Utredning om Q-stationsnätet

I plenum 1980-03-27 (punkt 13:13) beslutades att CHB under budgetåret 1980/81 skulle genomföra "utredning om vattenföringsstationsnätet med hänsyn till samhällets behov under överblickbar framtid samt möjlig metodutveckling beträffande uppskattning av Q i vattendrag utan mätstationer". Med anledning härav lämnas följande

DIREKTIV

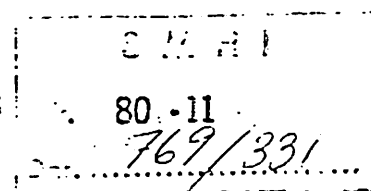
Utredningen skall:

- leda fram till förslag om hur SMHIs framtida nät av vattenföringsstationer skall se ut. Förslaget bör grundas på olika samhällssektorer nuvarande behov av hydrologisk information och den förändring i dessa behov som kan bedömas ske
- analysera de krav på noggrannhet i vattenföringsbestämningen som kan ställas av de olika avnämarna av informationen samt ta hänsyn härtill vid förslagets utformning
- beakta kraven på stationernas representativitet t ex i fråga om reglering, avrinningsområde, sjöprocent, geografisk fördelning och landskapstyp
- diskutera hur Q-stationstätheten påverkas av samspelet mellan Q-nätet och nederbördsnätet samt ange i vilken utsträckning Q-stationer kan ersättas av enkla hydrologiska beräkningar (kar-Q) och/eller hydrologiska modeller
- undersöka möjligheterna till ytterligare utnyttjande av externa stationer, t ex tillhöriga kommuner, länsstyrelser, kraftverk och vattenregleringsföretag
- inventera möjligheterna till alternativ mät- och insamlingsteknik
 - o flyttbara stationer?
 - o stationer med t ex direktmätning av Q?
 - o kampanjmätningar?
 - o användning av vägtrummor o dyl eller flomrör?
- ange behovet av realtidsinformation samt tillgänglig teknik härför
- bedrivas i nära samarbete med såväl avnämare som berörda tjänstemän inom SMHI
- om möjligt presentera alternativa utredningsförslag på olika ambitionsnivåer.

1980-11-05

11.159-2475-80

SMHI
Fack
601 01 NORRKÖPING



SMHI:s stationsnät för vattenföringsmätningar
Er beteckning 769/331

Länsstyrelsen har tidigare i samband med utredningen om vårfloden 1977 påtalat att det behövs en förtätning av stationsnätet i länet.

Länsstyrelsens behov av information om vattenföringar är utöver uppgifter om de normala förhållandena i första hand knutet till de extrema situationerna i vattendragen. Vid låga flöden kan anspråken på att få utnyttja resursen bli större än tillgången. Länsstyrelsen har därför oavsett det är i egenskap av handläggande eller planerande myndighet, behov av att med någorlunda säkerhet veta de låga flödenas storlek, varaktighet och frekvens samt förekomst i tiden. De höga flödena kan också förorsaka problem. Länsstyrelsen behöver därför bra flödesprognoser samt utökade kunskaper om bl a förhållandet vattenflöde/vattennivå.

Länsstyrelsen är i sin verksamhet knappast betjänt av att noggrannhetskravet i respektive station drivs långt. Däremot är det väsentligt att stationstätheten blir sådan att beräknade värden mellan stationerna får godtagbar noggrannhet.

Lars Högberg

Sven H Jansson



1980-11-25

80
769/331

Sveriges Meteorologiska och
Hydrologiska Institut
Box 923
601 19 NORRHÖPING

Angående utredning vid SMHI rörande stationsnät

Hydrologikommittén har genom skrivelse från SMHI inbjudits att lämna synpunkter till en pågående utredning avseende den framtida utformningen av stationsnätet för vattenföringsmätningar.

Hydrologikommittén finner det svårt att inskränka sin diskussion till enbart stationsbehovet för vattenföringsstationer, eftersom utgångspunkten för hela verksamheten är att tillgodose informationsbehovet inom olika sektorer av samhällsverksamhet. SMHI har traditionellt sett vattenföring och vattenstånd som en begränsad uppgift. Behovet av data rörande dessa storheter är därför väl tillgodosett om man jämför med andra hydrologiska element som SMHI enligt instruktionen också har att tillgodose. I utredningen bör därför avvägning ske mot andra vattenbalanselement: avdunstning från land resp sjö, snöäckets vatteninnehåll, markvattenhalt, grundvattenbildning, totala vattenbalansen i små avrinningsområden etc.

Noggrannheten relateras till viss målsättning

I brevet väcks bland annat frågan om noggrannhetskraven. Man bör härvid beakta att noggrannheten är uppbyggd av två skilda led: precisionen eller det slumpmässiga felet, dvs den statistiska osäkerheten i den skattning man gör på basis av sina mätningar, och det systematiska felet. I samband med utredningen måste bedömas vilken precision som det nuvarande nätet ger vad gäller vattenföring i landets olika delar. Självfallet måste man söka sig fram till en objektiv metod för denna precisionsbedömning. Därefter bör diskuteras huruvida den precisionen är rimlig eller om den i några regioner är otillfredsställande m h t de interpolationsmöjligheter nätet medger för punkter där mätningar saknas.

Allmänt är det med andra ord rimligt att utredningen formulerar målsättningen för verksamheten. Ett rimligt mål kan exempelvis vara att den hydrologiska observationsverksamheten skall utformas så att man - åtminstone i vissa delar av landet - kan uttala sig om de hydrologiska förhållandena i en godtycklig punkt i ett godtyckligt vattendrag med en viss noggrannhet, vilken i sin tur är relaterad till användningsområdet.

Om man därefter finner att precision och noggrannhet i den nuvarande verksamheten är otillfredsställande med hänsyn till samhällets behov uppkommer frågan vad som bör åtgärdas. Valet står därvid mellan satsning på tätare stationsnät eller på utveckling av modeller för interpolation mellan existerande stationer. Också vid denna avvägning gäller det att se mera på hur och var informationen skall användas än på den faktiska dataprodukt som skall fram. Stationsnäten har självfallet inget egenvärde utan sitt värde som underlag för de interpolationsinstrument varmed man kan uttala sig om godtyckliga punkter ut efter vattendrag, mätta som omätta.

Två huvudkategorier av avrinningsområden

Man kommer vid denna diskussion in på frågan om olikheterna mellan stora och små avrinningsområden. I de stora följer vattenföringen de stora klimatsvängningarna vilket leder till en viss interpolationsteknik. Härvid kan man falla tillbaka på information från kringliggande större vattendrag. De små avrinningsområdena uppträder betydligt mera individuellt med stor rumslig variabilitet. Vattenföringsinformationen måste där sammanknytas med nederbörd och snösmältningsförlopp samt med landskapsfaktorer för att tillåta interpolation till andra småområden. Verket för denna interpolering är avrinningsmodeller.

Det förefaller betydelsefullt att man i utredningsarbetet beaktar båda typerna av områden, och att man bedömer behovet av åtgärder med tanke på möjligheten att interpolera med ungefär samma typ av precision för båda typerna, särskilt som en betydande - kanske rent av den dominerande typen av förfrågningar troligen gäller just avrinningen från små områden. Det blir då sannolikt inte meningsfullt att inrikta sig allenast på vattenföringsmätningar, eftersom detta skulle kräva ett orimligt tätt nät av stationer. Hydrologiska modeller blir i stället ett naturligt verktyg, något som gör det nödvändigt att studera alla de viktigare vattenbalanskomponenterna intill dess säkra modeller hunnits utvecklas. (fältforskningsområden).

Nätverksstrategi

SMHI rekommenderas lägga sig till med en allmän nätverksstrategi, dvs en strategi för hur man bäst utformar de grundläggande observationerna över nederbörd, avdunstning etc som behövs för att uppnå det uppsatta målet. Rimligt förefaller vara att se riksnätet som uppbyggt i två skeden: först ett nät som är tillräckligt tätt för att det regionala variationsmönstret skall kunna läggas fast i sina huvuddrag. Sedan detta är gjort kan nätet glesas ut. I ett glesare nät av långsiktiga referensstationer följer man tidsfluktuationerna löpande medan man i korttidsstationer kontrollerar representativitet och interpolationsmetoder.

När det speciellt gäller vattenföringsstationer bör nätet av fasta referensstationer bestå av stationer både i stora och i små avrinningsområden enligt den diskussion som nyss förts. Korttidsstationerna drivs i ca 10 år med främsta syfte att testa interpolationsmodellerna. Härtill bör läggas kampanjmätningar, dvs synoptiska mätningar för att kontrollera modellernas regionala giltighet i Extremsituationer av olika slag (t ex för lågvattenföring).

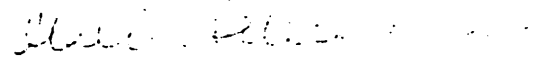
Framhållas bör att man genom modellerna som interpolationsverktyg har ett direkt samband mellan hydrologiska och meteorologiska näten. I och med att korttidsstationerna i ett visst område nedlagts och modellen fastlagts är det nämligen nederbördsinformationen som utgör den ingångsvariabel på basis av vilken den hydrologiska informationen räknas fram. Detta betyder att man vid planeringen av de meteorologiska observationerna även måste ta vederbörlig hänsyn till det hydrologiska databehovet. Hydrologerna behöver nämligen tillgång till ett ganska tätt nät av nederbördsstationer.

Öppen för nytänkande

Av vad ovan framhållits torde framgå att hydrologikommitténs vill rekommendera att man i utredningsarbetet undviker att låsa sig vid äldre tänkande vad gäller vattenföringsstationer som underlag för den hydrologiska informationen. Det är nämligen hydrologikommitténs uppfattning att verksamheten hittills i alltför höggrad varit inriktad på potamologisk datainsamling. Med en öppenhet för nytänkande är det fullt möjligt att utredningen kan leda till vissa omprioriteringar. Ett viktigt led i SMHI:s dataarbete bör också vara en långtgående vidarebearbetning av insamlat datamaterial så att det ej bara läggs på datafil utan kan finna omfattande användning i olika vattenrelaterad verksamhet i samhället.

Kommittén ser den tillsatta utredningen som ett välkommet tillfälle att uppnå en mera öppen syn på frågan om hur vi med minsta möjliga resurser skall vinna den tillförlitliga kännedom om landets hydrologi som SMHI:s instruktion föreskriver. Tilläggas bör att hydrologikommittén är beredd att på lämpligt sett bistå utredningsmannen med frågor rörande nätverksplanering, metodproblem, noggrannhetsbestämningar dels för själva mätningarna, dels för interpolationen, optimal strategi för utformning av näten etc.

För hydrologikommittén



Malin Falkenmark

80-11

769/331

Sveriges meteorologiska och
hydrologiska institut
Fack
601 01 NORRKÖPING

Ang. SMHI:s utredning om stationsnät för vattenmätningar
Er beteckning 769/331

Sveriges geologiska undersökning (SGU) har i skrivelse 1980-10-06 beretts tillfälle att inkomma med synpunkter till rubricerade utredning. Med anledning härav vill vi anföra följande.

Vattenföringsmätningar är av stort intresse för SGU vid de vattenbalansberäkningar som görs, främst inom vår grundvattendokumentation och hydrogeologiska kartering. SMHI:s data är också ofta av stort värde för vår uppdragsverksamhet på grundvattensidan.

Med god kännedom om vattenföring och korrigerad nederbörd är det möjligt att på ett relativt tillfredsställande sätt beräkna evapotranspiration och grundvattenbildning i olika regioner. Detta i sin tur ökar tillförlitligheten i SGU:s hydrogeologiska kartor och i de beräkningar som utförs vid grundvattennätet, t ex prognosarbetet beträffande förväntad tillgång på grundvatten.

Ett finmaskigt observationsnät, där små och relativt homogena avrinningsområden ingår, från vilket uppmätta månadsmedelvärden för vattenföringen och uppgifter om basflöden kan erhållas synes därför gagna verksamheten vid SGU bäst. Extrem- och medelvärden baserade på långa mätperioder är också av intresse.

SGU hoppas att SMHI:s befintliga stationsnät för avrinning kan väsentligt förtätas inom en snar framtid.

Detta ärende har beretts av 1.statsgeolog Jan Pousette.

SVERIGES GEOLOGISKA UNDERSÖKNING
Kvartär- och hydrogeologiska byrån
enligt uppdrag

Gösta Persson
1.statsgeolog

STATENS NATURVÅRDSVERK

YTTRANDE

1980-11-28

Dnr 640-5447-80 Fp

80.12.23
9/7/323
1981-01-07. Sfr

Sveriges meteorologiska och
hydrologiska institut
Box 923
601 19 NORRKÖPING

Yttrande angående SMHI:s utredning om stationsnät
för vattenföringsmätningar

Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut (SMHI) genomför under innevarande budgetår en utredning avseende den framtida utformningen av stationsnätet för vattenföringsmätningar. Statens naturvårdsverk har härvidlag beretts möjlighet att lämna synpunkter på de direktiv som uppställts för utredningens genomförande. Verket önskar med anledning härav anföra följande:

Naturvårdsverkets förvaltningsområde kan indelas i olika verksamhetsfält: miljöskydd, produktkontroll, naturvård, rekreation och friluftsliv, planering samt forsknings- och undersökningsverksamhet. Frågor som berör vattenresurserna faller inom dessa fält med undantag av produktkontrollen. Miljöskyddet omfattar i huvudsak utarbetande av anvisningar, prövning och tillsyn. Naturvårdsarbetet är inriktat mot skydd och vård av naturmiljön, där ekologiska frågor kommer i förgrunden. Den allmänna målsättningen för verksamheten rörande rekreation och friluftsliv är att öka allmänhetens möjligheter att komma i kontakt med naturen.

Forsknings- och undersökningsverksamheten omfattar bl a framtagning och sammanställning av kunskaper om effekter av föroreningar och andra ingrepp i den yttre miljön, dels övervakning och redovisning av tillstånd och förändringar i den yttre miljön.

Till SMHI's uppgifter hör att lämna information om vattenföring i svenska vattendrag. Informationen ges som observerade eller beräknade värden för medel- eller extremförhållandena. Samhällets behov av en mer omfattande vattenplanering och miljöövervakning innebär högre ställda och delvis ändrade krav på information om vattenföring och därmed även på stationsnäten, vilket bland annat aktualiserats i vattenplaneringsutredningen och programmet för övervakning av miljökvalitet.

I rena forskningsprojekt som bedrivs i mindre vattendrag går en icke oväsentlig del av insatta personresurser till att skaffa nödvändig information om aktuell vattenföring. En tänkbar lösning att prövas i vissa projekt vore att SMHI tar sig an dessa frågor på konsultativ bas eller med mer direkta insatser. För närvarande kontaktas SMHI sällan i dylika fall då det oftast är förknippat med för stora kostnader. Utredningen borde sålunda se över reglerna för SMHI's deltagande och debitering i anslutning till medverkan i forskningsprojekt.

Undersökningsverksamheten vid naturvårdsverket har delats in i ett mindre antal program, varav två är av största vikt för information om vattenbeskaffenheten i grundvatten, sjöar och vattendrag samt kustvatten och hav, nämligen samordning av recipientkontrollen (SRK) och programmet för övervakning av miljökvalitet (PMK). Det är viktigt att det anges i utredningen att det nya stationsnätet utformas i samråd med avnämare och delintressenter. Sålunda bör samordning ske bl a med SNV vad gäller nätet inom PMK så att det på sikt blir optimalt för alla parter intressen. Detta kan

betyda att det också observatörsresurserna kan utnyttjas bättre. För verksamheten inom SRK är det väsentligt att vattenföringsstationsnätet blir så flexibelt som möjligt, så att mätningar även kan genomföras i mindre vattendrag där en stark koppling till miljöstörande verksamhet på många ställen är uppenbar. De små recipienterna är ju ofta de mest föroreningsbelastade och därvidlag de mest känsliga. I avrinningsområden med ett flertal provstationer men med endast ett fåtal vattenföringsstationer bör framtagandet av beräkningssätt för enkla transformationer av vattenföringsdata från områden med känd vattenföring till andra belägna punkter i avrinningsområdet där sådan kunskap saknas speciellt prioriteras i utredningsarbetet. Sådana metoder kommer framledes att bli synnerligen värdefulla inom recipientkontrollen inför planering av nya program eller ändring i löpande program som medför omdisponeringar av provtagningslokaler. Naturligtvis innebär alla transformerings- och förenklingar minskad precision i vattenföringsuppgifterna, men de bör sannolikt ändå vara tillfyllest då en framtida beräkning av helhetsbilden av föroreningssituationen i en recipient inrymmer många andra osäkerhetsmoment. Då enkla hydrologiska beräkningar behandlas i utredningen bör direktiven särskilt beakta representativitetskraven. När Det gäller stationsval bör också framhållas att det i tider med knappa ekonomiska resurser är viktigt att SMHI innan någon station eller aktivitet nedlägges meddelar sitt ställningstagande till olika instanser. På så sätt kanske för intressenterna viktiga mätserier kan drivas vidare i en gemensam finansiering.

På grund av höga priser på energi riktas nu anspråk i högre grad än tidigare mot de mindre vattendragen där utbyggnad av minikraftverk blir mer och mer lönsam. I många fall saknas grundläggande information om vattenföring i dessa, frågor som bör beaktas i SMHI:s utredning.

Vad gäller noggrannhet i bestämningarna är kraven på precision naturligtvis olika från fall till fall varför något enhetligt krav i detta avseende ej går att sätta. Den nuvarande noggrannheten i vattenföringsuppgifter som gällande SMHI-rutiner avkastar får i de flesta fall anses tillräcklig. Observationer med glesare sampling-frekvens än ett dygn är emellertid i vissa fall för SNV ointressanta. I stället bör man då arbeta med enkla hydrologiska beräkningar. Det skall dock särskilt framhållas att den slutliga produkten levererad till avnämaren bör förses med någon form av varudeklaration i detta sammanhang.

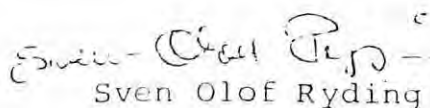
Eftersom SMHI synes ha sin väsentliga bevakningsuppgift i oreglerade vattendrag, bör utredningsdirektiven kompletteras så att den hydrologiska informationen om de reglerade vattensystemen utökas.

Avslutningsvis vill naturvårdsverket betona vikten av att utredningens förslag redan från början ges en realistisk ambitionsnivå. Detta vore förmodligen att föredra, framför alternativa förslag. Naturvårdsverket är vidare berett att på lämpligt sätt bidra med synpunkter under utredningens gång.

För statens naturvårdsverk



Jan Erling Larsson



Sven Olof Ryding

BE

Koll/3

VATTENFALL

BYGGNADSTEKNIK

Husbyggnad

Nils Lindström

Datum

1980-11-28

Förskick

Arkiv

BSH-NL/yb-3542

Sveriges Meteorologiska och
Hydrologiska Institut
Box 923
601 19 NORRKÖPING

80

769/331

SMHI:s stationsnät för vattenföringsmätning

Med Eder skrivelse 1980-10-06 har Vattenfall givits möjlighet att lämna synpunkter till utredning om SMHI:s stationsnät för vattenföringsmätning. I anledning härav anföres följande.

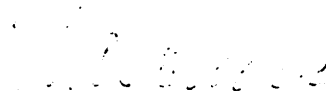
Stationsnätet för vattenföringsmätningar bör ha sådan täckning att en god beredskap finns för framtida vattenkraftutbyggnad. Detta innebär att observationsmaterialet bör ge direkta värden på fallsträckornas vattenföring eller medge indirekt beräkning genom observationer i likartade vattendrag. Kännedom om vattenföringens variation under året är viktig och mätserierna bör ha sådan längd att tillförlitliga varaktighetskurvor kan upprättas.

Viljan att bygga ut eller bygga om även små vattenkraftanläggningar ökar behovet av tillförlitliga uppgifter om vattenföringen i mindre vattendrag. Följaktligen finns behov av både fortsatt mätning vid befintliga stationer och utökning av stationsnätet i en del vattendrag. I vissa huvudälvar har en del stationer ännu korta observationsserier. Källflöden och biflöden har ofta svag stationstäckning. Detsamma gäller vissa skogsälvar och andra mindre vattendrag i Norrland. I södra Sverige är framförallt Värmlands och Dalslands mindre vattendrag otillräckligt kartlagda liksom vissa av Vänerns tillflöden.

Inom Vattenfall pågår en inventering av vattenkrafttillgångar i storleksklassen 1,5 - 10 MW. Närmare beskrivning framgår av bilagda tjänstememorial 1980-01-11.

./.

Statens Vattenfallsverk
Byggnadsteknik
Undersöknings- och
vattenmålssektionen


Eric Skugge

SMHI Rapporter

HYDROLOGI OCH OCEANOGRAFI

- Nr RHO 1 Weil, J G
Verification of heated water jet numerical model,
Stockholm 1974
- Nr RHO 2 Svensson, J
Calculation of poison concentrations from a hypothetical accident off the Swedish coast, Stockholm 1974
- Nr RHO 3 Vasseur, B
Temperaturförhållanden i svenska kustvatten, Stockholm 1975
- Nr RHO 4 Svensson, J
Beräkning av effektiv vattentransport genom Sunningesund, Stockholm 1975
- Nr RHO 5 Bergström, S och Jönsson, S
The application of the HBV runoff model to the Filefjell research basin, Norrköping 1976
- Nr RHO 6 Wilmot, W
A numerical model of the effects of reactor cooling water on fjord circulation, Norrköping 1976
- Nr RHO 7 Bergström, S
Development and application of a conceptual runoff model, Norrköping 1976
- Nr RHO 8 Svensson, J
Seminars at SMHI 1976-03-29--04-01 on numerical models of the spreading of cooling water, Norrköping 1976
- Nr RHO 9 Simons, J, Funkquist, L och Svensson, J
Application of a numerical model to Lake Vänern, Norrköping 1977
- Nr RHO 10 Svensson, S
A statistical study for automatic calibration of a conceptual runoff model, Norrköping 1977
- Nr RHO 11 Bork, I
Model studies of dispersion of pollutants in Lake Vänern, Norrköping 1977
- Nr RHO 12 Fremling, S
Sjöisars beroende av väder och vind, snö och vatten, Norrköping 1977
- Nr RHO 13 Fremling, S
Sjöisars bärighet vid trafik, Norrköping 1977
- Nr RHO 14 Bork, I
Preliminary model studies of sinking plumes, Norrköping 1978
- Nr RHO 15 Svensson, J och Wilmot, W
A numerical model of the circulation in Öresund. Evaluation of the effect of a tunnel between Helsingborg and Helsingör, Norrköping 1978
- Nr RHO 16 Funkqvist, L
En inledande studie i Vätterns dynamik, Norrköping 1978

- Nr RHO 17 Vasseur, B
Modifying a jet model for cooling water outlets,
Norrköping 1979
- Nr RHO 18 Udin, I och Mattisson, I
Havsis - och snöinformation ur datorbearbetade satel-
litdata - en metodstudie, Norrköping 1979
- Nr RHO 19 Ambjörn, C och Gidhagen, L
Vatten- och materialtransporter mellan Bottniska
viken och Östersjön, Norrköping 1979
- Nr RHO 20 Gottschalk, L och Jutman, T
Statistical analysis of snow survey data,
Norrköping 1979
- Nr RHO 21 Eriksson, B
Sveriges vattenbalans. Årsmedelvärde (1931-60) av
nederbörd, avdunstning och avrinning
- Nr RHO 22 Gottschalk, L and Krasovskaia, I
Synthesis, processing and display of comprehensive
hydrologic information
- Nr RHO 23 Svensson, J
Sinking cooling water plumes in a numerical model,
Norrköping 1980
- Nr RHO 24 Vasseur, B, Funkqvist, L och Paul, J F
Verification of a numerical model for thermal plumes,
Norrköping 1980
- Nr RHO 25 Eggertsson, L-E
HYPOS - ett system för hydrologisk positionsangivelse,
Norrköping 1980
- Nr RHO 26 Buch, Erik
Turbulent mixing and particle distribution investiga-
tions in the Himmerfjärd 1978
Norrköping 1980
- Nr RHO 27 Eriksson, B
Den "potentiella" evapotranspirationen i Sverige
Norrköping 1980
- Nr RHO 28 Broman, B
On the spatial representativity of our oceanographic
measurements
Norrköping 1981
- Nr RHO 29 Ambjörn, C, Luide, T, Omstedt, A och Svensson, J
An operational oil drift model for the northern Baltic,
Norrköping 1981
- Nr RHO 30 Svensson, Jonny, Vågdata från svenska kustvatten, 1979-
1980. Norrköping, 1981
- Nr RHO 31 Torbjörn Jutman
Network planning for runoff in Sweden



SWEDISH METEOROLOGICAL AND HYDROLOGICAL INSTITUTE

Box 923, S-601 19 Norrköping, Sweden. Phone +46 11 10 80 00. Telex 644 00 smhi s

ISSN 0347-7827