



SKÅNEPROJEKTET

Hydrologisk och oceanografisk information
för vattenplanering - ett pilotprojekt

SKÅNEPROJEKTET

Hydrologisk och oceanografisk information
för vattenplanering - ett pilotprojekt

Erland Bergstrand, Barbro Johansson och
Torbjörn Jutman

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	<u>Sida</u>
1. INLEDNING	1
2. SKÅNE-PROJEKTET ALLMÄNT	2
2.1. Försöksområde	2
2.2. Rumsskala, tidsskala	3
2.3. Krav på planeringsunderlag	4
3. ÖVERSIKTLIG SYSTEMBESKRIVNING	5
4. SYSTEMBESKRIVNING - HYDROLOGI	10
4.1. Observationer	10
4.2. Interpolationsmetodik	12
4.3. Modellberäkningar	14
4.4. Statistik- och sökrutiner	19
4.5. Presentation	20
4.6. Hjälpinformation, hjälprutiner	21
5. SYSTEMBESKRIVNING - OCEANOGRAFI	23
5.1. Observationer	23
5.2. Interpolationsmetodik	25
5.3. Vågberäkningar	27
5.4. Statistik- och sökrutiner	27
5.5. Presentation	28
5.6. Hjälpinformation	29
6. KOMMENTARER	29
6.1. Oceanografiska variabler	29
6.2. Kombination med annan information	31
7. SAMMANFATTNING	32
8. LITTERATURLISTA	34

BILAGOR: Exempel på presentationer

Appendix 1: Interpolering med EOF

Appendix 2: Hydrologiska modellberäkningar

Appendix 3: Andra oceanografiska uppgifter



1. INLEDNING

Skåneprojektet är ett pilotprojekt för utveckling av ett system för beräkning och presentation av hydrologisk och oceanografisk information.

I kedjan från de hydrologiska och oceanografiska observationerna fram till en presentationsform, exempelvis kartbild, prövas olika alternativ med avseende på metodik och presentationsformer.

Projektet initierades under 1984. Själva pilotprojektet avslutas med denna rapport. En utvärderingsfas följer med sikte på ett genomförande av kartläggningen för hela landet inklusive kustområden.

Utvärderingsfasen kommer bl a att innehålla samarbetsprojekt med andra statliga verk och länsstyrelsen i Kristianstad län. Dessa har främst till syfte att vidareutveckla de delar av systemet, som rör utnyttjande av informationen som planeringsunderlag.

Inom SMHI pågår andra projekt med nära anknytning till Skåneprojektet. Digitalisering av landets vattendelare pågår inom SVAR (Svenskt Vattenarkiv), och tillsammans med Rymdbolaget görs en utvärdering av potentialen hos fjärranalys som metod att kartera landskapsbeskrivande variabler.

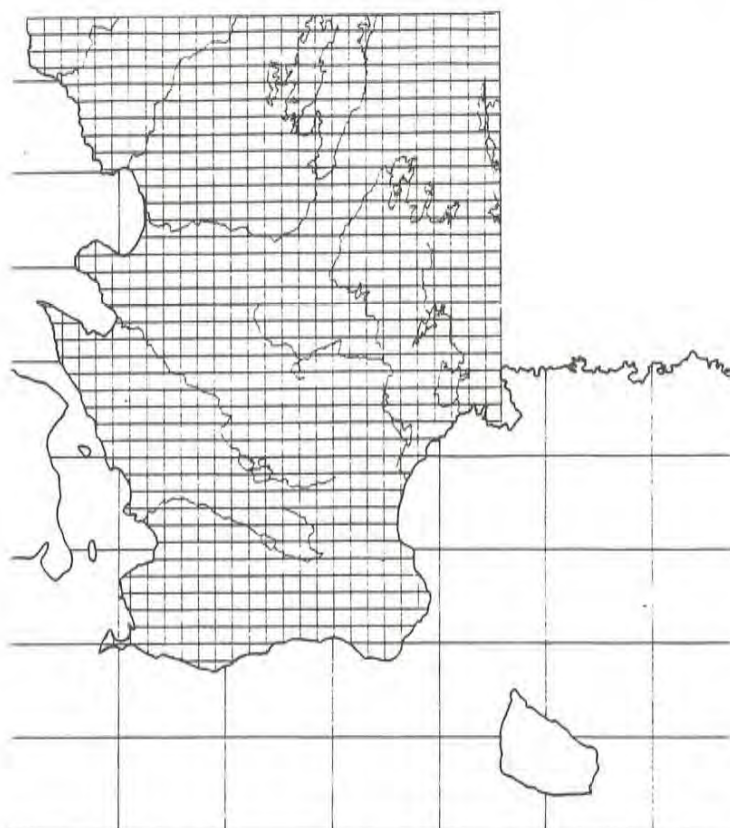
- * -

Den här rapportens innehåll har fördelats så, att den, som vill göra en snabb genomläsning, kan hoppa över kapitel fyra och fem, vilka innehåller detaljerade beskrivningar från hydrologisk respektive oceanografisk synpunkt av det system, som översiktligt behandlas i kapitel tre.

2. SKÅNEPROJEKTET - ALLMÄNT

2.1. Försöksområde

Projektnamnet härrör från valet av försöksområde. Det studerade området omfattar Kristianstad och Malmöhus län med omgivande kustområden samt de delar av Kronobergs och Jönköpings län, som ingår i Helgeåns avrinningsområde (figur 2.1.).



Figur 2.1. Försöksområde. Bearbetningsenheter.

Det valda området är intressant ur flera synvinklar. Flera projekt har genomförts regionalt med inriktning på förbättrade planeringsunderlag.

Projektet "Data i bild för tre kommuner" (Bergström, Wissler, 1982) redovisar en undersökning angående möjligheterna att grafiskt presentera planeringsinformation (kartor), främst via användning av datorteknik. De tre kommunerna var Malmö, Lund och Landskrona.

Ett annat projekt, "Skåneförsöket" (1985), genomfördes som ett samarbete mellan Lantmäteriverket och länsstyrelserna i Skåne. En viktig del av undersökningen var att illustrera och pröva hur digital landskapsinformation kan utnyttjas i rutinemässigt planeringsarbete.

Av betydelse för valet av försöksområde är naturligtvis även specifika hydrologiska och oceanografiska egenskaper, som kan bidra till att vald metodik blir grundligt utprovad.

Ur hydrologisk synpunkt har området dessutom den speciella egenskapen, att snösmältning kan förekomma när som helst under vintermånaderna, vilket är en utmaning i modellarbetet.

2.2. Rumsskala, tidsskala

Pilotprojektet har avgränsats till att omfatta översiktlig och regional information. Därmed följer en avgränsning av tids- och rumsskalor. Val av skala blir en avvägning mellan å ena sidan kravet på högsta möjliga upplösning från användares sida och å andra sidan begränsningar i egenskaperna hos observationsdata, interpolationsmetodik och använda beräkningsmodeller.

Ekonomiska kartbladen, d v s rutor om $5 \times 5 \text{ km}^2$, har valts som beräkningsenhet i rumslig bemärkelse (se figur 2.1.). Detta överensstämmer med lagringsenheten i den fysiska riksplaneringens faktabank. Det oceanografiska dataunderlaget har bedömts motsvara beräkningsenheter om $15 \times 15 \text{ nm}$. Största presentationsskala bör vara omkring 1:250 000 (regional information), medan översiktlig information presenteras i en ungefärlig skala av 1:2 500 000.

Månadsvärden har valts som motsvarighet, när det gäller tidsupplösningen.

Högre upplösning med avseende på rum och tid har här hänförs till detaljerad eller lokal information och omfattas ej av pilotprojektet.

En redovisning av vad som här kallats detaljerad eller lokal information kräver en annan typ av beräkningsmodeller, som i långt högre grad kan ta hänsyn till lokala förhållanden. Därmed blir också kraven högre på den tillgängliga informationen om det aktuella området. Dessa faktorer har varit av stor betydelse i valet av avgränsning med avseende på rums- och tidsskala mellan översiktlig, regional information och lokal, detaljerad information.

2.3. Krav på planeringsunderlag

Behov av en översiktlig och regional vattenrelaterad kartering finns uttryckta från flera håll. Grundläggande krav på vattenplaneringsinformation finns formulerade i "Hushållning med mark och vatten 2" (1979) och "Vattenplaneringsutredningen" (1980). Aktuella avsnitt berör främst översiktlig och regional hydrologisk information. Det är svårare att finna motsvarande krav, när det gäller den oceanografiska informationen.

En sammanfattande översikt över krav på vattenplaneringsinformation innefattande bl a synpunkter i ovan nämnda utredningar ges av Gottschalk et al. (1983). Här poängteras vikten av att informationen är anpassad till datorbearbetning, så att den kan samköras med annan information.

En uppföljning av behovsanalysen gjordes under pilotprojektets gång via ett seminarium, till vilket möjliga intressenter inbjöds. Seminariet hölls under våren 1985 i Sturup. Bland deltagarna fanns representanter för statliga verk (SNV, SCB, Statens Planverk, Lantmäteriverket, SGU), Skånes länsstyrelser och kommuner m fl. Det framkom, att i olika former av planering användes oftast vatteninformationen i kombination

med annan information och vanligtvis då via hantering av grafiska bilder med hjälp av dator. Kombinationsmöjligheten underströks alltså även här.

3. ÖVERSIKTLIG SYSTEMBESKRIVNING

I avsnittet beskrivs i grova drag de bearbetningsprocedurer, som överför observationsdata av hydrologiska eller oceanografiska variabler till kartbilder eller andra former av sammanställningar över dessa.

En stor del av den teknik, som använts inom det här pilotprojektet, är gemensam med vad som utvecklades av Gottschalk och Krasovskaia (1980) inom ett forskningsprojekt med Hjälmarens avrinningsområde som försöksområde.

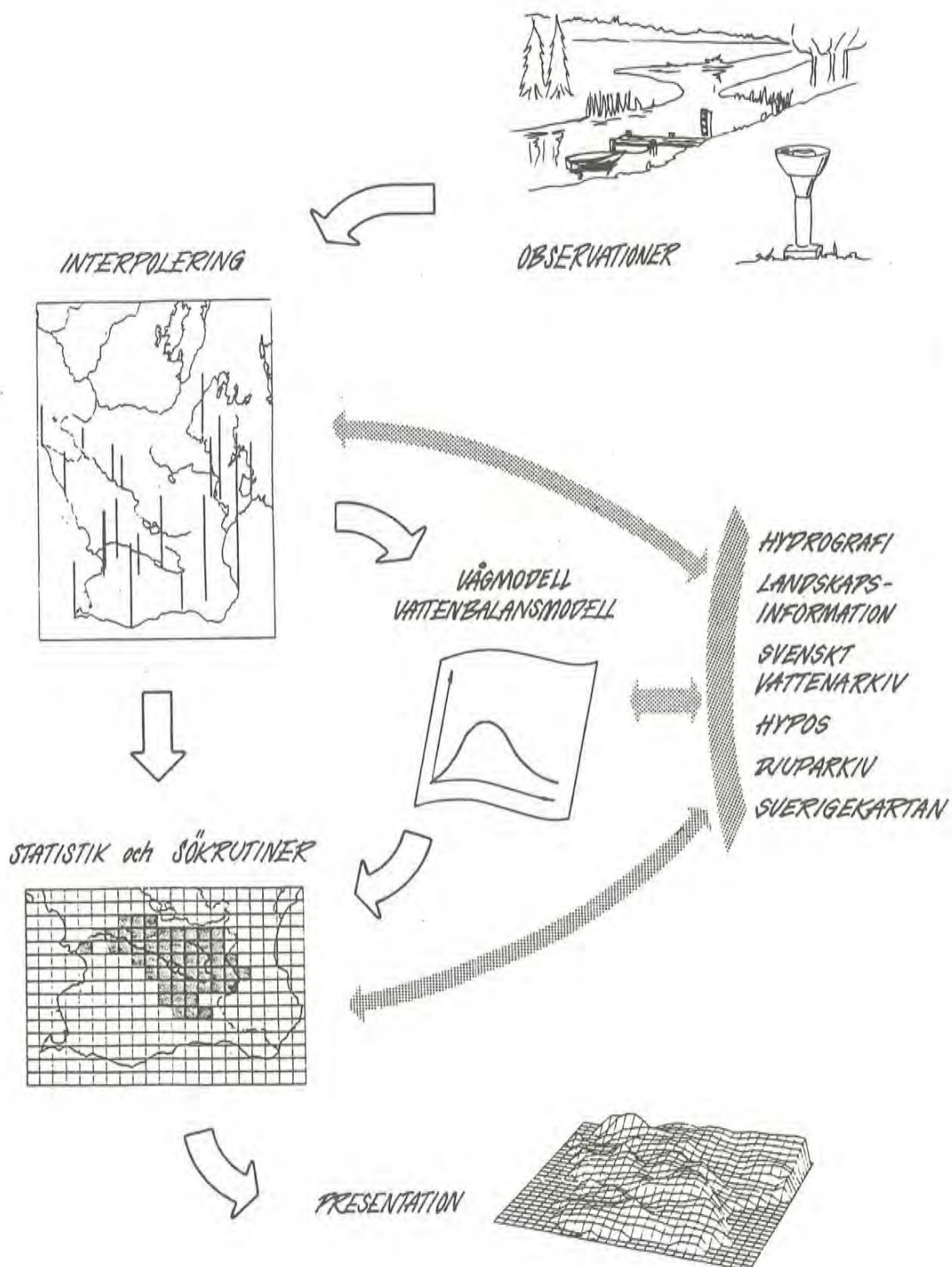
Systemets uppgift är att integrera observationer, oftast punktoobservationer, till en ytomfattande information, mer lämplig att handha i planeringshänseende. De viktigaste komponenterna i denna procedur ges nedan:

- observationer,
- interpolationsrutiner,
- modellberäkningar,
- statistik- och sökrutiner,
- hjälpinformation,
- presentation.

Deras inbördes relation framgår närmare av figur 3.1. på nästa sida.

Observationer av hydrologiska, oceanografiska och meteorologiska variabler utgör den viktiga basen för vår produktion av vattenrelaterad information. De här aktuella observationstyperna är dels sådana, som direkt kan presenteras via interpolation (exempelvis nederbörd och havsytans temperatur), dels

SMHI FRÅN OBSERVATIONER TILL KARTBILD



Figur 3.1. De viktigaste komponenternas inbördes relationer.

sådana, som är nödvändiga för skattning av variabler, som ej är direkt observerbara (t ex avrinning) eller för vilka observationerna är få till antalet eller saknas helt (avdunstning, vågkarakteristika).

Tabell 3.1. nedan ger en översikt över de variabler, som använts i de hydrologiska respektive oceanografiska beräkningarna.

Tabell 3.1. Observationsvariabler.

HYDROLOGI	OCEANOGRAFI
Nederbörd	Yttemperatur
Temperatur	Temperatur i hela vattenmassan
Molnighet	Salthalt " " "
Vind	Vind
Luftfuktighet	
Vattenföring	

Bearbetningsenhet är, som tidigare nämnts, rutor om 5 x 5 km (ekonomiska kartbladen) för de hydrologiska beräkningarna. Motsvarande rutstorlek, som använts i den oceanografiska bearbetningen, är 15 x 15 nm² (ca 27 x 27 km²). Både vid direkt presentation och som input till modellberäkningar behövs skattningar av aktuell variabel för dessa beräkningsenheter. Skattningen kan därför avse såväl specifika månadsvärden som medelvärden över en längre period. Utgångspunkt för skattningen är oftast punktopbservationer. Observationsserien sträcker sig över en viss period, som dock inte alltid täcker hela den sökta perioden. Integreringen i tid och rum genomförs med olika inter- och extrapolationsmetoder. För den hydrologiska informationen har främst tre metoder använts:

- Viktning av närliggande stationers värden. Hänsyn tas till avståndet mellan respektive station och aktuell punkt vid beräkning av viktcoefficienter.

- Användning av multipel linjär regression.
- Användning av empiriskt ortogonala funktioner (EOF).

Några av de oceanografiska och hydrologiska variablerna, som avses att presenteras, kräver, att skattningar görs via modellberäkningar. Framställning av karakteristiska vågdata prövas med hjälp av beräkningar, utgående från vinddata. För den hydrologiska delen görs vattenomsättningsberäkningar i en enkel vattenbalansmodell. Modellen fördelar nederbörden, så att den till korrekt mängd och hastighet alternativt passerar genom mark- och grundvattenmagasin på sin väg till vattendraget, går direkt till vattendraget eller avdunstar. Modellen verifieras mot observationer från vattenföringsstationer.

Statistikrutiner appliceras sedan på resultaten från antingen interpolationerna direkt eller från modellberäkningarna. Medelvärden, spridningsmått och andra statistiska karakteristika kan beräknas och presenteras.

Sökrutiner används för identifikation av för tillfället intressanta områden. Det kan, för att ta ett exempel från den hydrologiska delen, röra sig om en identifiering av vilket område, som täcks av vissa givna vattendrag, eller det kan innebära en sökning inom ett vattendrag; nedströms, uppströms eller enligt annat kriterium.

Överföringslänken mellan systemet och användaren består av presentationer i olika former: kartbilder, text, tabeller, digital bildinformation. Det vanligaste och kanske mest effektiva sättet att förmedla planeringsinformation är i form av bilder på bakgrundskarta alternativt som digital information för vidarebehandling i egen dator. Bakgrundskarta till bildpresentationerna utgörs av utdrag från den digitala Sverige-kartan.

Bilagorna i slutet av rapporten ger exempel på olika hydrologiska och oceanografiska bildpresentationer.

Den hydrologiska informationen är antingen knuten till ekonomiska kartblad eller till delavrinningsområden.

Den oceanografiska informationen presenteras för rutor om 15 x 15 nm², och dessutom som fält, interpolerade från rutrepresentationen.

Bilderna är framställda i samarbete med Lunds Universitet, Miljödatapjektet, och Lunds Datacentral.

I flera av momenten, som leder fram till den färdiga presentationen, utnyttjas olika former av hjälpinformation och hjälp rutiner. Det rör sig mestadels om olika beskrivningar av landskapet och vattendragen (topografi, hydrografi, jordartsfördelning, vegetationstäckelse etc.). I en del fall är hjälpinformation helt nödvändig. Det gäller exempelvis koordinater för vattendelare. I andra fall är informationen inkluderad för att man skall kunna utröna möjligheterna att med dess hjälp förbättra precisionen i beräkningarna. Hjälp rutiner kan vara vattendragsbaserade sökrutiner eller lagringssystem för vatteninformation (Svenskt Vattenarkiv).

Ett led, som kan tyckas styvmoderligt behandlat, är lagring av den producerade informationen. Detta har gjorts med avsikt för att understryka, att det väsentliga är ett fungerande, flexibelt system för produktion av planeringsinformation, och inte enbart en uppsättning färdiga kartbilder eller tabeller.

Viss lagring av information kommer dock att ske och föreslås genomföras via Svenskt Vattenarkiv (SVAR).

I de följande två kapitlen beskrivs de olika delarna av systemet mer utförligt: i kapitel fyra med inriktning på den hydrologiska och i kapitel fem på den oceanografiska delen.

4. SYSTEMBESKRIVNING - HYDROLOGI

4.1. Observationer

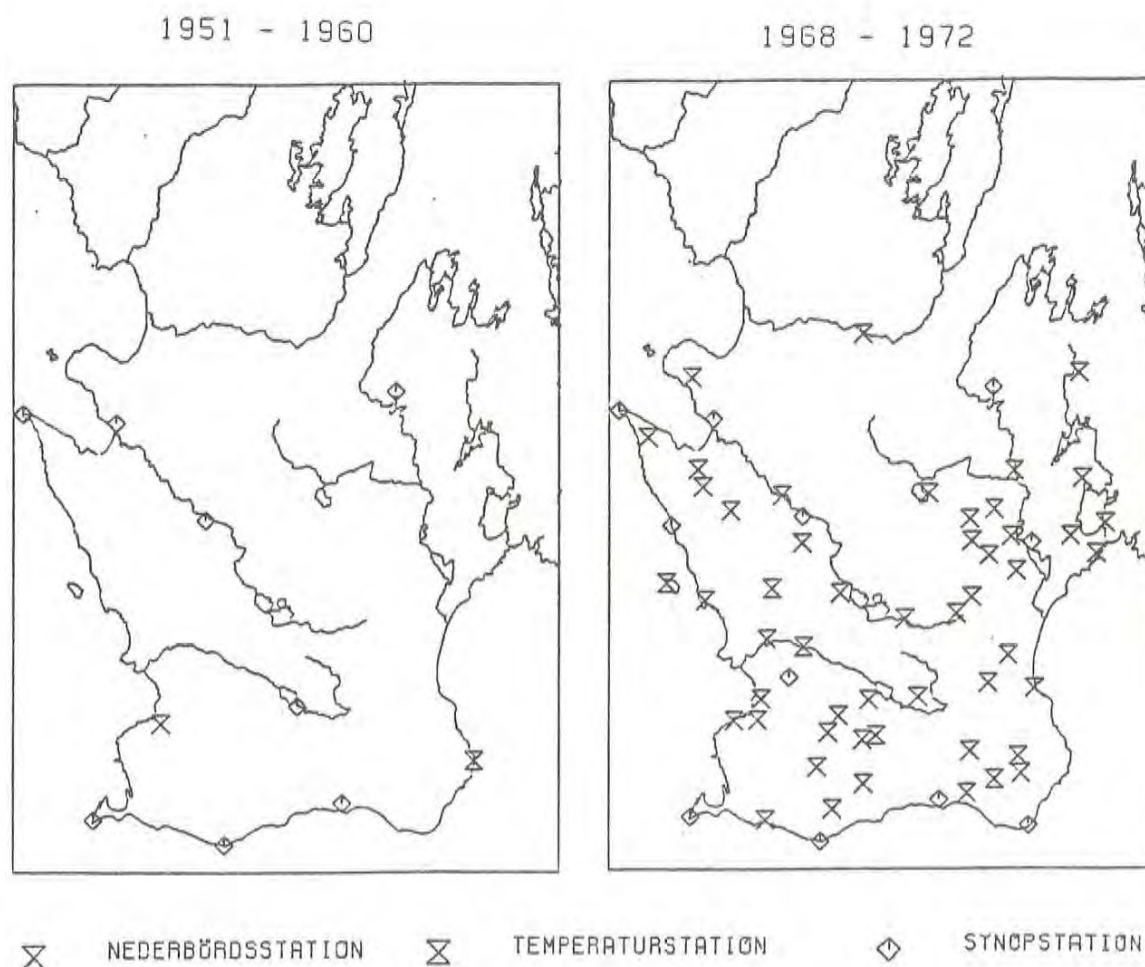
Observationsunderlaget för Skåne-regionen omfattar ett skiftande antal stationer under olika delar av den studerade perioden 1951-1980. Den uppdelning i delperioder, som finns i tabell 4.1., visade sig vara lämplig i det här fallet med tanke på fördelning inför behandlingen i dator. Det är fråga om stora mängder information, och hela volymen kan inte bearbetas samtidigt.

Tabell 4.1. Antal observationspunkter, klimat.

PERIOD	1951-60	1961-67	1968-72	1973-80
Nederbörd	10	18	62	57
Temperatur	10	17	16	18
Molnighet, luftfuktighet, vind	10	10	10	14

Den ytmässiga fördelningen av observationspunkter ges av figur 4.1. Temperaturstationerna har observationer av nederbörd och temperatursynopstationerna av samtliga variabler i tabell 3.1.

Påpekas bör, att ej alla nederbördsobservationer för perioden 1951-67 har inkluderats i studien. Den kraftiga ökningen i antalet nederbördsstationer enligt tabellen avspeglar således inte enbart utbyggnaden av stationsnätet.



Figur 4.1. Fördelning av observationspunkter.

Generellt har månadsvärden använts i bearbetningen. I det inledande momentet är det dock nödvändigt att utnyttja dygnsvärden av nederbörd och temperatur - detta för att man skall kunna särskilja mellan nederbörd i form av regn respektive snö. En differentiering på basis av månadsvärden kan ge grova fel.

Antalet vattenföringsstationer var i början av perioden lågt. Under 1974 och 1975 byggdes ett relativt stort antal stationer. Figur 4.2. ger en uppfattning om observationsperiodens längd för de stationer, vars observationer använts.

Station nr	-51....-55....-60....-65....-70....-75....-80
1	_____
2	_____
3	_____
4	_____
5	_____
6	_____
7	_____
8	_____
9	_____
10	_____
11	_____
12	_____
13	_____
14	_____
15	_____
16	_____
17	_____
18	_____
19	_____
20	_____
21	_____
22	_____

Figur 4.2. Observationsmaterial - vattenföring.

Dessa serier representerar samtliga möjliga inom regionen och tidsperioden. I de flesta vattendrag i södra Sverige finns någon form av dämmande eller reglerande konstruktion, men betydelsen av dessa har bedömts som ringa för vattenomsättningsberäkningar på månadsbasis. Däremot har några av serierna uteslutits av andra skäl vid utformning och verifiering av vattenbalansmodellen.

4.2. Interpolationsmetodik

Vid presentationen och i modellberäkningarna motsvarar minsta rumsliga enhet de ekonomiska kartbladen, d v s rutor om 5 x 5 km².

Interpolationsrutinernas mål är att för varje sådan ruta kunna ge en skattning av avsedd variabels värde. Detta har här gällt de klimatologiska variablerna. Vattenföringsserierna har enbart förlängts till att var och en omfatta hela tidsperioden 1951 - 1980, vilket utförts med multipel, linjär regression.

Två olika interpolationsmetoder har prövats för interpolation av de klimatologiska variablerna (tabell 4.1.). Den ena innebär viktning av närliggande stationers värden. Viktningskoefficienterna är relaterade till avståndet från den sökta punkten (ekonomiska kartbladets mittpunkt) till respektive station. Metoden är enkel men kräver direkt tillgång till samtliga möjliga mätserier för en flexibel informationsbearbetning. En sådan åtkomst av observationsdata är inte reell idag.

Den alternativa metoden innebär användning av empiriskt ortogonala funktioner (EOF). Metoden innebär i korthet, att utgående från de ursprungliga observationsserierna skapas nya tidsserier med tillhörande viktkoefficienter. En viktig egenskap som dessa nya tidsserier har, är att man med hjälp av ett fåtal av dessa kan återskapa en stor del av informationen i samtliga ursprungliga observationsserier. Vi har uppnått en koncentration av information i dessa nya tidsserier.

Variationen i rummet speglas av viktkoefficienterna. För interpolationen är det nödvändigt att kunna relatera viktkoefficienternas rumsvariation till annan tillgänglig information. Här har beroende av position (RAK-X-, RAK-Y-koordinater) och höjdförhållanden undersökts, och viktkoefficienternas rumsliga variation har beskrivits med multipel linjär regression.

Även om alla i kapitel tre nämnda interpolationsmetoder utnyttjats, har egenskapen att starkt reducera datavolymen utan motsvarande starka minskning av informationsinnehållet medfört, att EOF-metoden blivit den mest använda inom projektet.

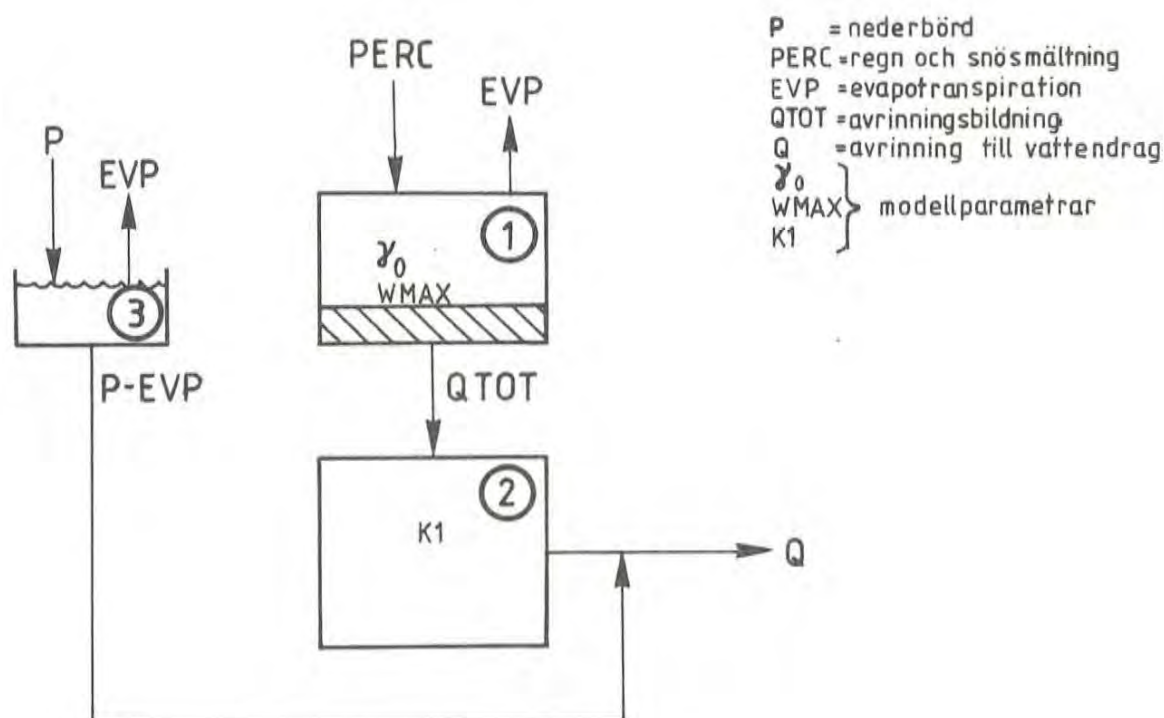
Ett extremt exempel på metodens förmåga att extrahera den väsentliga informationen är appliceringen på nederbördsvärden från en av delperioderna. Med utgångspunkt från 60 observationsserier bildades tre nya tidsserier. Dessa nya serier kunde i genomsnitt beskriva 88 % av variationerna i de ursprungliga observationsserierna, alltmedan de upptog ett utrymme av endast 5 % av de ursprungliga seriernas.

EOF-metoden beskrivs utförligare i Appendix 1. Där ges uppgifter om i vilken grad här aktuella observationsserier kunna återskapas och motsvarande för beskrivningen av viktskoefficienternas rumsvariation.

I korthet så har multipel linjär regression använts för att förlänga vattenföringsserierna. Viktning av närliggande stationers värden har använts för utfyllnad av kortare luckor i klimatologiska observationsserierna, och EOF-metoden har utnyttjats för interpolering av de klimatologiska variablerna.

4.3. Modellberäkningar

Avrinning och avdunstning beräknas med utgångspunkt från klimatdata med hjälp av en vattenbalansmodell. I modellen representeras de olika delarna av vattnets väg genom marken och genom sjöar av boxar enligt figur 4.3. Box 1 representerar marken ovanför grundvattennivån, box 2 grundvattenmagasinet och box 3 sjöar. Modellens parametrar bestämmer hur snabbt vattnet passerar genom boxarna och når vattendraget. Parametrarna sätts genom kalibrering av modellen mot observerad vattenföring från stationer inom Skåne-regionen. De generaliseras sedan till att gälla även för andra områden. Modellen ger självklart inte en fysikaliskt korrekt beskrivning av vattnets väg till vattendragen, men denna typ av boxmodeller har visat sig vara ett praktiskt redskap för vattenbalansberäkningar.



Figur 4.3. Modellstruktur.

Vid val av modell har kravet på enkelhet vid användningen vägt tungt, eftersom en oerhört stor mängd beräkningar skall genomföras, om systemet utvidgas till att fungera för hela Sverige. Den modell, som valts, har tre parametrar. Två av dem bestämmer hur stor andel av nederbörden, som bidrar till avrinningsbildningen en viss månad - γ_0 och $WMAX$. Den tredje parametern är en tidskonstant, $K1$, för det linjära magasin, som i modellen beskriver grundvattenzonen. Vid kalibreringen beräknas också en nederbördskorrektion genom att observerad och beräknad avrunnen volym jämförs för en längre tidsperiod.

Nederbördskorrektionen behövs för korrigering av skillnaden mellan observerad och verklig nederbörd (som nästan alltid är negativ), men kan också vara beroende av fel i avdunstningsberäkningarna. Avdunstningen bestäms enbart ur klimatdata med en metod, som inte kräver någon kalibrering. Genom att öka antalet parametrar och antalet boxar kan man få en modell,

som noggrannare beskriver variationerna i en vattenföringsserie. Vi anser emellertid, att den ökade noggrannheten inte blir så stor, att den för det här projektet motiverar den större arbetsinsats, som blir nödvändig.

Med endast tre parametrar i modellen kan kalibreringen ske med en automatisk metod.

Som indata till modellen används följande klimatvariabler:

- | | |
|-----------------|--------------|
| - regnnederbörd | - temperatur |
| - snönederbörd | - ångtryck |
| - snösmältning | - molnighet. |

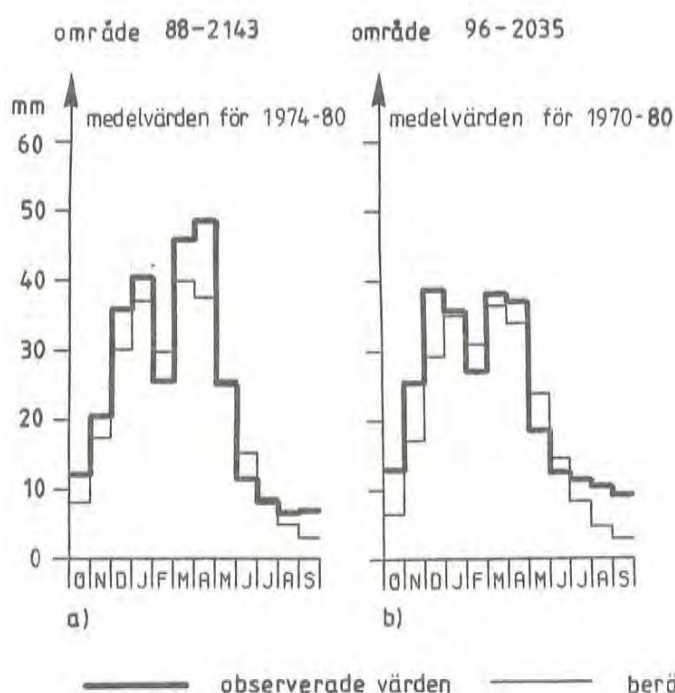
Dessutom utnyttjas landskapsinformation - andel sjö, skog och öppen mark, medelhöjd och en grov uppskattning av jordartsfördelningen.

Modellen har kalibrerats för 11 av de 22 avrinningsområden, som redovisades i avsnitt 4.1. Övriga områden uteslöts av olika skäl - de var alltför stora, alltför små, delvis belägna utanför området med tillgänglig landskapsinformation m m. För de flesta av områdena finns bara vattenföringsobservationer från mitten av 70-talet och framåt, vilket försvårar bestämningen av en nederbördskorrektur. Eftersom inte samma klimatstationer använts för hela perioden 1951-80, varierar nederbördskorrekturerna i tiden, och för att få fram värden på den även för 50- och 60-talen har vattenföringsserier, förlängda med regression, utnyttjats.

Vid kalibreringen har avrinningsområdena karakteriserats med avseende på markanvändning och jordarter. Ett försök har gjorts att koppla de optimerade parametrarna till denna information, men få samband har kunnat fastställas. När parametrarna generaliserats till att gälla för hela Skåne, har endast tidskonstanten för grundvattenmagasinet (K1) varierats. Den har tilldelats ett högre värde för sand än för andra jordarter.

Skillnaderna i de beräknade nederbördskorrektionerna är stora, både mellan olika tidsperioder och mellan avrinningsområden; något geografiskt mönster har inte gått att finna, utan ett medelvärde av de kalibrerade avrinningsområdenas nederbördskorrektion har använts för hela Skåne.

Två av de större områdena med vattenföringsobservationer, som inte utnyttjades vid kalibreringen, sparades för att användas som testområden. Figur 4.4. visar beräknade och observerade månadsmedelvärden för dessa områden. Beräkningarna är utförda med generaliserade parametervärden och nederbördskorrektioner. Överensstämmelsen mellan beräknad och observerad avrinning är inte sämre än för områden, som fanns med vid kalibreringen.



Figur 4.4.
Beräknade och observerade avrinningsvärden, med fastlagda parametervärden och nederbördskorrektioner, för områden ej använda vid kalibreringen.

Vid presentationen av månadsmedelvärden av vattenbalanselementen för Skåne anges för varje beräkningsenhet eller delavrinningsområde ett intervall för medelvärdet (se bilagorna). För att bestämma intervallbredden har vi utgått ifrån medelfelet i simulerade månadsmedelvärden för tillgängliga vatten-

föringsserier. Medelfelet är störst under vintern, som framgår av intervallbredden för de olika månaderna enligt tabell 4.2.

Tabell 4.2. Intervallbredd för kartpresenterade vattenbalansvärden.

	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	ÅR
Intervallbredd (mm)	10	10	15	20	20	25	20	15	10	10	10	10	100

I provkartorna (se bilagor) i denna rapport har en mindre intervallbredd använts för att variationerna för Skåne skall framgå tydligare. Man bör observera, att nederbörd och avrinning visar för höga värden för nordöstra Skåne. Detta är en effekt av att trendytan för nederbördens medelvärde här ligger för högt. Beskrivningen av nederbördens rumsvariation hade förbättrats, om även stationer utanför den studerade regionen hade inkluderats.

När värdena utnyttjas för vidare beräkningar, bör man inte schablonmässigt använda intervallets mittpunktsvärde. Exempelvis kan beräkningar göras för både den övre och den undre intervallgränsen, och om det är ogörligt, bör man ta hänsyn till de värden, som anges för omkringliggande områden.

Förutom kartor över medelvärden finns också ett exempel med en karta över variationskoefficienten med. Variationskoefficienten anger kvoten mellan tidsseriens standardavvikelse och medelvärde. Den kan alltså användas för bedömning av variationerna i månadsvärden och för beräkning av sannolikheten att en viss månadsavrinning över- eller underskrids.

I Appendix 2 finns en utförligare modellbeskrivning och en redogörelse för kalibreringsresultat och felangivelser. Där redovisas också jämförelser med en annan modell byggd på månadsvärden och med en modell, som utnyttjar dygnsvärden som indata. Ur jämförelserna kan inte slutsatsen dras, att dygnsbaserade beräkningar ger en väsentligt ökad precision i bestämningen av månadsmedelvärden över större områden.

4.4. Statistik- och sökrutiner

Statistikrutinerna ger statistiska karakteristika för den aktuella datamängden. I nuvarande utformning omfattar denna del av systemet endast elementära beräkningar, t ex bestämning av medelvärden och spridningsmått.

En grundtanke bakom systemets utformning (figur 3.1.) är en uppdelning i moduler. Dessa moduler kan då var och en för sig förändras och förbättras utan att det ska behöva påverka övriga enheter men däremot förhoppningsvis öka effektiviteten hos systemet och/eller förbättra precisionen i skattningarna.

Sökrutiner används för identifiering av områden, aktuella för framställning av planeringsunderlag. Sökningen kan ske efter olika kriterier. Antingen är avgränsningarna administrativa eller också hydrologiska. I det förra fallet används den digitala Sverige-kartans uppgifter om gränser för kommuner eller län. I det senare fallet utgör koordinatsatta vattendelare och vattendragssträckningar underlag för sökningen. Verktyg för den hydrologiska sökningen blir ett system under utveckling (HYPOS: System för HYdrologisk POSitionsangivelse) inom SVAR (Svenskt Vattenarkiv).

Sökrutinerna kan användas i två olika faser i system för produktion av planeringsunderlag. Dels kan man göra sökningen före interpolationer och/eller modellberäkningar för att identifiera aktuell datamängd för bearbetning, dels kan sökning ske i färdigproducerat och lagrat planeringsunderlag.

4.5. Presentation

De vanligaste presentationsformerna i det befintliga utbudet av vattenplaneringsinformation är kartbilder och sammanställningar i tabellform. Exempelvis ger Eriksson (1983) normalvärden för nederbörd för perioden 1951 - 1980 i form av tabeller med stationsvisa angivelser kombinerade med översiktliga kartor av isolinjetyp. Motsvarande presentationsform finns för vattenföring (SMHI, 1979) och avrinning (Tryselius, 1971).

Presentationen av resultaten från pilotprojektet har gjorts i andra bildformer och med andra grundvalar för tabellsammanställning för addition av alternativa former till de redan befintliga.

De till hydrologin knutna bilderna baseras inom pilotprojektet - antingen på variabelvärden, framräknade för varje ekonomiskt kartblad eller på värden för delavrinningsområden. Exempel på dessa båda former för olika variabler ges som bilagor i slutet av rapporten.

Tabell 4.3. ger ett exempel på presentation av avrinnings- och vattenföringsinformation för första ordningens biflöden till Rönne å.

Bilderna presenteras med utdrag ur den digitaliserade Sverige-kartan som bakgrund. Framställningen av färgbilderna har skett via en s k bläckstråleskrivare. Bildproduktionen har för pilotprojektet skett som ett samarbete mellan SMHI, Lunds Universitet och Lunds Datacentral.

Tabell 4.3. Medelårsavrinning från första ordningens biflöden till Rönne å.

Namn	Vattendrags- nummer enligt Vattendrags- registret	Area (km ²)	Medel- årsav- rinning (mm)	Medel- vatten- förling (m ³ /s)
Rössjöholmsån	624140-131680	270	400-500	3.4-4.3
Pråmöllaån	623855-132262	35	300-400	0.3-0.4
Pinnån	623461-132517	206	400-500	2.6-3.3
Bäljane å	622671-133064	228	400-500	2.9-3.6
Klövbäcken	622539-133143	50	300-400	0.5-0.6
Skäraån	622167-133628	51	400-500	0.6-0.8
Ybbarpsån	622050-133957	89	300-400	0.8-1.1
Bäljane å	621501-134609	49	300-400	0.5-0.6
Klingstorpsbäcken	621471-134655	61	300-400	0.6-0.8
Snällersåsån	621267-134890	97	400-500	1.2-1.5
Hålsaxabäcken	620231-135153	43	300-400	0.4-0.5
Sätöftaån	619947-135940	51	300-400	0.5-0.6
Kvesarumsån	619920-135982	36	300-400	0.3-0.5
Råbyån	619295-136613	60	400-500	0.8-1.0

Det mest väsentliga är dock, att systemet medger valfri form av presentation med de begränsningar, som rums- och tidsupp- lösning innebär.

På avslutningen av pilotprojektet följer en utvärdering bl a omfattande ett samarbetsprojekt mellan Länsstyrelsen i Kris- tianstad län, SMHI, SCB samt eventuellt Vattendomstolen i Växjö. Samarbetsprojektet riktas främst mot problemen kring kombination av skilda informationstyper, och tillfälle ges då att pröva systemets flexibilitet, när det gäller anpassning vid kombination med annan information.

4.6. Hjälpinformation, hjälprutiner

Beskrivningen av de processer, som utgör olika delar av vattenomsättningen, kan göras mer fullständig, om man tar hänsyn till landskapskaraktäristika, markzonens egenskaper etc. Denna typ av information har här kallats hjälpinforma-

tion. Till samma kategori har även förts lägesangivelser av betydelse för projektet (koordinater för vattendelare etc.)

En stor del av landskapsinformationen har erhållits från Lantmäteriverket (LMV). Höjddata levererades som maximi-, minimi- och medelvärden för beräkningsenheter (= ekonomiska kartbladen). Skåne-bilden längst ner i figur 3.1. är skapad med dessa höjddata. Angivelser i procent för täckningsgrad av skog, myr, vatten och tätort erhöles via scanning av den topografiska kartans deloriginal.

Inom SVAR (Svenskt Vattenarkiv) och i samarbete med LMV pågår en koordinatsättning av landets vattendelare. Koordinatsättningen baseras på en uppdelning av landet i avrinningsområden om ca 50 km². Delar av Skåne är färdigställda och har använts i detta pilotprojekt för presentationer baserade på avrinningsområden i stället för ekonomiska kartblad.

Jordartsinformation har inkluderats genom manuell tolkning av SGUs jordartskarta.

Slutligen har den digitala Sverige-kartans information utnyttjats för produktion av bakgrundsbilder i presentationerna. Aktuella utdrag är i första hand kustlinjer, vattendrag, länsgränser och kommungränser. Information har här enbart använts för skapande av bakgrundsbilder till presentationerna men kan även utnyttjas i sökning i informationsmängden på basis av administrativa områdesindelningar.

Begreppet hjälprutiner avser de hydrologiska sök- och lagringsrutiner, som finns inom SVAR. Sökningen kan exempelvis avse uppströms eller nedströms berörda områden i relation till en punkt i ett vattendrag. Problemet kan också vara att identifiera tillhörighet med avseende på avrinningsområde för en punkt utanför själva vattendraget.

5. SYSTEMBESKRIVNING - OCEANOGRAFI

För att pröva framställning av karaktäristiska uppgifter om kust- och havsvatten i kartform på regional skala har man här valt variablerna vattentemperatur, salthalt och vågor. Som karaktäristiska uppgifter har valts månadsvisa medel- och extremvärden för flerårsperioder. Salthalt och temperatur är de variabler, som bäst lämpar sig härför genom någorlunda observationstäthet i tid och rum. Temperatur framställs dels på viss djupnivå, dels särskilt, som yttemperatur. Månadsvisa medelvärden av temperatur och salthalt på olika djupnivåer, grundade på olika länders observationer 1902 - 1956 (tillgängliga hos ICES), har tidigare presenterats som kartbilder för hela Östersjön, Lenz (1971) resp. Bock (1971). Ungefärliga våguppgifter i regional skala kan enkelt beräknas utifrån vinduppgifter.

Andra variabler, för vilka framställning av karaktäristiska uppgifter diskuteras kortfattat, är totalfosfor, vattenstånd, ström, vattenomsättning, havsis.

5.1. Observationer

Yttemperatur observeras genom SMHIs försorg och är den variabel i havsområdena, som rutinmässigt observeras tätast i tid och rum. Observationer sker i allmänhet flera gånger i veckan vid fasta kuststationer och på färjelinjer, upp till en gång i veckan genom kustbevakningen, tillfälligt av olika handelsfartyg och några gånger per år i andra nationella och internationella övervakningsprogram. Analyserade yttemperaturkartor från dessa observationer framställs rutinmässigt på SMHI tre gånger i veckan. Observationer av större omfattning finns fr o m 1972. Digitaliserat material för försöksframställningarna finns för 1976-79.

Temperatur utom ytan finns genom SMHIs marina fysikalisk-kemiska program (PMK-programmet med Argos och kustbevakningen) i kombination med andra länders observationer.

Fysikalisk-kemiska programmet fr o m 1972 ger bättre upplösning in mot svenska kusten än tidigare internationella observationer. Observationsfrekvensen är upp till 1 gång/vecka i de kustnära stationerna, annars några gånger per år. Observationer för denna framställning är från SMHIs arkiv samt laboratoriet i Göteborg inklusive vissa danska observationer. Vald tidsperiod är 1972-81. Maj är den månad, som har största antalet temperaturobservationer under perioden, 140 st, och april den som har det lägsta, 60 st.

Salthalt finns för samma observationstillfällen som temperatur utom ytan. Stationslägen för temperatur utom ytan och för salthalt anges i figur 5.1.



Figur 5.1. Stationslägen för salthalt och temperatur utom ytan maj 1972-81.

5.2. Interpolationsmetodik

Yttemperatur. Observationer interpoleras manuellt i tid och rum fortlöpande på SMHI till rikskartor med isolinjer (yttemperaturanalys). Kartorna framställs rutinmässigt tre gånger i veckan. En del av den arkiverade informationen är digitaliserad på punkter i ett fast havstäckande rutnät med 15 nm sida. Rutinen ger en viss utjämning och variansen i en tidsserie i en punkt blir mindre än i verkligheten. Karaktäristiska temperaturbilder på detta material framställs här som både flerårsmedelvärden och extremvärden.

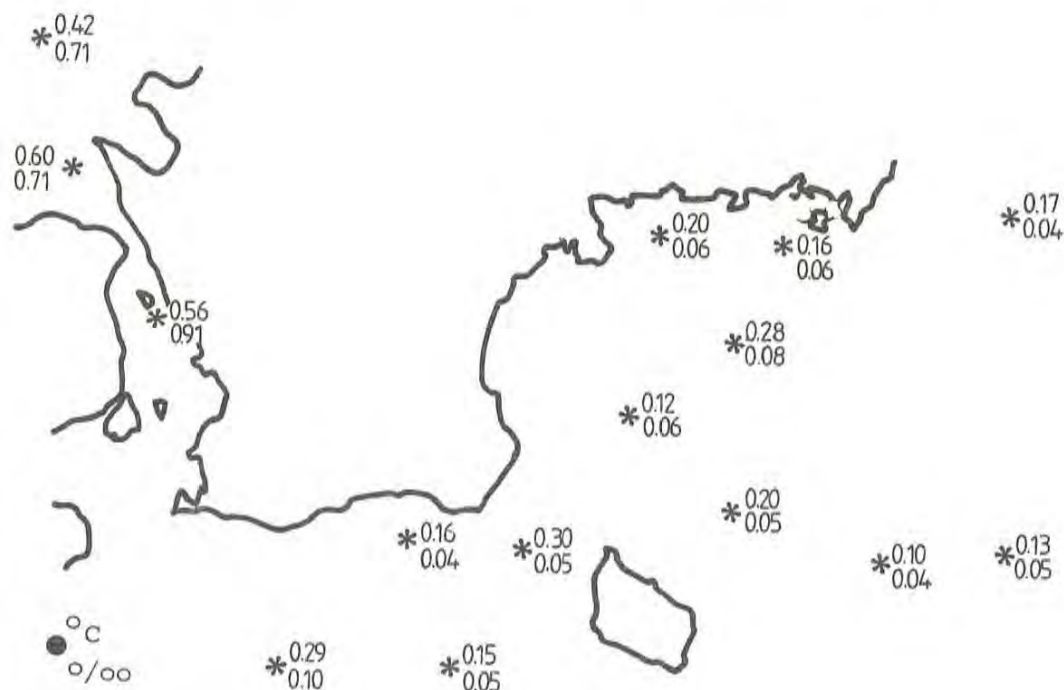
Temperatur utom ytan. Observationer finns med varierande frekvens och vid olika tidpunkter från olika stationer. Olika observationstidpunkter under månaden och saknade observationer vissa år i vissa stationer ger korrigerbara systematiska fel i skillnaderna i karaktäristisk temperatur mellan olika stationer. Det förra felet, som beror på årliga uppvärmningen/avkylningen (säsongeffekt) korrigeras genom extrapolering till gemensam tidpunkt mitt i månaden.

Det senare felet beror på att ett enskilt år, gemensamt för alla stationerna, i allmänhet är signifikant varmare eller kallare än flerårsgenomsnittet. Luckor fylls med hjälp av den gemensamma årsavvikelsen. Stationer med endast få obsar tas med som avvikelse från genomsnittet för alla stationer. Karaktäristisk temperaturbild framställs för flerårsmedelvärdena.

Ett försök har gjorts att uppskatta osäkerheten i temperaturbilden. Uppskattningen har avsett osäkerheten i mönstret eller den relativa fördelningen mellan observationspunkterna (inte absoluta nivåer i respektive punkt). För varje station och för en månad har serien temperaturer från olika år först reducerats med säsongeffekt. Osäkerheten har sedan uppskattats för serien årliga avvikelser mellan temperaturen i respektive station och medelvärdet för alla stationer respektive år (liktydigt med osäkerheten efter reduktion med årseffekt).

Osäkerheten har uppskattats som $\frac{\sigma}{\sqrt{N}}$, där N är antalet år och σ är spridningen i serien årliga avvikelser. Uppskattad osäkerhet för maj framgår av figur 5.2.

Temperaturbilden tas fram genom manuell interpolering med hjälp av isolinjer, där temperatur- och rumsupplösning för linjerna väljs med hänsyn till bildens osäkerhet.



För temperatur, osäkerheten i avvikelsen mellan medelvärdena för resp. station och alla stationer, °C.
För salthalt osäkerheten i medelvärdet för resp station, ‰.

Figur 5.2. Osäkerheter i medelvärden för salthalt och temperatur på 10 m djup, maj 1972-81.

Salthalt. Säsongeffekt under en månad och årseffekt är knappast signifikanta i valda materialet, och några korrektioner har inte utförts. I övrigt samma behandling som för temperatur utom ytan. Exempel på osäkerheten i medelvärdet för resp. station visas i figur 5.2. på samma sätt som för temperatur.

5.3. Vågberäkningar

Framställning av karaktäristiska våguppgifter prövas för vågdata beräknade med hjälp av vinddata. Direkta vågobservationer har inte varit tillgängliga för ändamålet. Signifikant våghöjd har för punkter i samma rutnät som yttemperatur beräknats på enklaste sätt med hjälp av samband mellan vindhastighet, fördelad stryklängd över 90° öppningsvinkel (Shore Protection Manual) och blåstid. Som beräkningsunderlag har använts vindstatistik från meteorologiska stationerna Kullen, Falsterbo, Sandhammaren och Hanö under perioden 1961-80, där de olika stationerna fått representera olika delar av havsområdet. Vinden har fördelats på hastighets- och riktningsintervall. Hänsyn har i allmänhet ej tagits till blåstiden, eftersom detta är svårt att göra med tillgänglig statistik. Blåstiden kan också i stor utsträckning försummas inom det aktuella området, eftersom avståndet till land i allmänhet är ganska kort och våghöjden vid högre vindhastigheter då begränsas härav och ej av blåstiden. Öster om Bornholm är tillgängliga stryklängder längre. Hänsyn har här kunnat tas till blåstiden vid beräkning av extremvärden, som ju representeras av enskilda, lätt identifierbara stormar. Från vindfördelningarna har på enklaste sätt, utan hänsyn till dyning och refraktion, beräknats motsvarande fördelningar av signifikant våghöjd på olika vågriktningar, som sedan för varje beräkningspunkt summerats över alla vågriktningar. I konsekvens med att refraktion utelämnats har kartbilden avgränsats ett stycke från land. Som gränslinje har valts 10 m-djupkurvan. Beräkningar har utförts för december och kartbilder har framställts för såväl genomsnittlig som maximal signifikant våghöjd.

5.4. Statistik- och sökrutiner

Materialet till de oceanografiska kartbilderna bedöms inte vara av sådan standardkaraktär, att några särskilda statistik- och sökrutiner varit motiverade.

5.5. Presentation

Karaktäristiska uppgifter presenteras i det här försöket dels för rutor om 15 x 15 nm, dels som isolinjer, som interpoleras fram. Samma punktnät som för de särskilda yttemperaturerna har använts även för övriga variabler. För salthalt och temperatur svarar detta rutnät ganska väl mot den upplösning, som materialet tillåter, men rutbilden blir svårsläst i den grova upplösningen. Fält i form av isoband ger en mer lättläst bild, där dock begränsningslinjerna kan ge intryck av högre rumsupplösning än den faktiska. Rumsupplösningen ska snarare ses som kopplad till den valda klassbredden för variabeln vid presentationen. Samma rumsupplösning har bedömts som lämplig även för vågdata med hänsyn till vinddataunderlag och beräkningsmetod.

Det särskilda materialet för yttemperaturer har bedömts tillräckligt omfattande för framställning av såväl medelvärden som extremvärden, även om interpoleringen vid yttemperaturanalysen minskar variansen. Medelvärde presenteras i bilaga 10 för maj. Bilden visar hur våruppvärmningen hunnit olika långt i olika delar av havsområdet. Minimitemperatur presenteras i bilaga 11 för juli. Bilden visar bl a effekten av uppvällning vid sydkusten och i Hanöbukten. Enligt andra observationer än i detta urval förekommer påtaglig uppvällning också utanför Simrishamn.

För temperaturer utom ytan, där underlaget är mindre, blir extremvärden mycket osäkra. Här presenteras medelvärde för maj på 10 m djup (bilaga 12).

Underlaget för salthalt har samma omfattning som för temperatur utom ytan. Medelvärde presenteras för maj i ytan (bilaga 13). Bilden illustrerar bl a utsötningen längs land i norra delen av Hanöbukten och gradienten från Östersjön mot Västerhavet. Gradienten i Öresund är mycket stor, liksom spridningen i enskilda stationers värden, vilket motiverar breda salthaltsintervall i fälten där jämfört med i Östersjön. I under-

laget saknas observationer i närheten av Falsterbo, vilket medför dålig upplösning i detta område. Rumsfördelningen i salthaltsbilden skiljer sig från motsvarande i Bock (1971). Halterna är också genomgående högre.

Vågberäkningarna ger underlag för bilder med både medel- och extremvärden av signifikant våghöjd. I bilagorna 14 - 16 presenteras dessa bilder för december. Bilden över maximivärden framställs både med rutor och isolinjer. De stora våghöjderna NO Bornholm motsvarar enstaka stormar med stryklängd ända från norra Östersjön.

5.6. Hjälpinformation

En digitaliserad djupdatabas med 1 till 5 nm upplösning finns tillgänglig på SMHI och är i detta sammanhang av intresse, exempelvis för automatisk interpolering av fält utmed bottnen och avgränsningar av bilder för olika djupnivåer.

6. KOMMENTARER

6.1. Oceanografiska variabler

Försöket ger en uppfattning om förutsättningarna för framställning av olika karaktäristiska oceanografiska uppgifter i kartform - klimatologiska havskartor.

För salthalt och temperatur kan kartbilder över månadsmedelvärden i havsområdet framställas med hjälp av observationer från olika monitoringprogram under några år. Bildens upplösning blir ganska grov och både regional skala och riksskala kan vara lämpliga för presentation. Relativt få års observationer i en punkt förefaller behövas för att man skall kunna bestämma dess bidrag till den klimatologiska bilden.

Upplösningen i havsområdet kan förbättras något jämfört med de presenterade exemplen genom att man tar med äldre data från ICES-banken och inför lämpliga korrekitioner för trender och systematiska avvikelser.

In mot kusten och kring vattendragens mynningar får man räkna med att salthalts- och temperaturgradienter i en klimatologisk bild kan vara mycket större än vad exemplen här visar. Det bör vara möjligt att belysa också sådana mer lokala mönster på en regional kartbild genom att öka upplösningen nära land och utnyttja lokala observationsserier av temperatur och salthalt, som extrapoleras med hjälp av enkla modeller.

Yttemperaturobservationer har utförts tillräckligt ofta i fasta punkter under senaste 10-årsperiod för att ge goda frekvensfördelningar. Också för temperatur utom ytan och salthalter skall frekvensfördelningar i havsområdet kunna fås ganska väl med hjälp av äldre fartygsdata och fyrskeppsobservationer. Vågberäkningarna ger direkt frekvensfördelningar.

Erfarenhetsmässiga samband mellan vågkaraktäristika och vindhastighet - stryklängd är väl etablerade, och en framställning med beräknade våguppgifter har ansetts berättigad för havsområdet. Den ganska grova upplösning, som valts, har bedömts lämplig för den översiktliga bilden till havs. Nära land gäller inte den översiktliga bilden, vilket har markerats med avgränsningen i bilagorna 14 - 16, i viss mån godtyckligt lagd vid 10 m-djupkurvan. För våguppgifter nära land behövs mer avancerade beräkningar, som tar hänsyn till den detaljerade kusttopografin. För framställning av sådana uppgifter på karta behövs också en finare rumsupplösning. Uppgifterna vid avgränsningen mot land i den översiktliga bilden avses ge underlag för uppskattningar av lokala förhållanden, när sådana efterfrågas.

Den använda metoden bör kunna tillämpas för framtagning av en vågklimatkarta i riksskala. Jämförelser mellan beräknat och uppmätt vågklimat behövs då först för ett urval av landets vågmätstationer.

I pilotprojektet har manuell interpolering ingått i behandlingen. För att ge flexiblare hantering och underlätta à-jour-hållning kommer man att pröva automatisk interpolering. (Kräver särskild hänsyn till kustlinjen.) Även interpolering längs bottnen med hjälp av djupdatabanken kommer att provas.

6.2. Kombination med annan information

Översiktlig och regional hydrologisk och oceanografisk information som planeringsunderlag utnyttjas oftast i kombination med annan information, exempelvis befolkningstäthet eller uppgifter om förorenande utsläpp.

Ett av problemen vid samtidigt utnyttjande av olika informationstyper är att respektive variabelvärden oftast representerar icke överensstämmande ytenheter. Den ena variabeln kan vara antal boende i olika församlingar, den andra vattentillgången angiven för avrinningsområden. En förutsättning för att överbrygga denna klyfta är att det område, som ett värde representerar, finns definierat. Gränslinjens koordinater måste vara tillgängliga.

Problemet med ej överensstämmande ytor kvarstår, men här kan enklare viktningsprocedurer vara lämpliga. Man bör i det här sammanhanget hålla i minnet, att det rör sig om översiktlig och regional information och att den hydrologiska oceanografiska informationen i verkligheten i allmänhet inte uppvisar de diskontinuiteter, som själva presentationsformerna ger sken av.

7. SAMMANFATTNING

Skåne-projektet är ett pilotprojekt, som avser utveckling av ett system för produktion av vattenplaneringsunderlag.

Försöket omfattar hydrologisk och oceanografisk information av översiktlig och regional karaktär. Skåne med omgivande kustvatten är försöksområde. Utvecklingen av detta system är inriktad mot en hydrologisk och oceanografisk kartering genomförd för hela landet.

Grundmaterial för utveckling och bearbetning är observationer från perioden 1951 - 1980. Observationerna, som oftast representerar punkter, bearbetas via interpolationsrutiner till att bilda yttäckande information. Vissa variabler kräver modellberäkningar, exempelvis avrinning, avdunstning och vågkaraktéristika. Flera modelltyper har testats och en del utvecklingsarbete har varit nödvändigt. Automatisk optimering har applicerats för beräkning av modellparametrar. Med sökrutiner identifieras önskad del av informationsmängden. Statistisk bearbetning kan föregå presentationen.

Presentationen överför informationen till användaren. Man prövar alternativa presentationsformer för att medge flexibilitet till förmån för den, som utnyttjar informationen.

I flera av faserna, som leder fram till det färdiga vattenplaneringsunderlaget används hjälpinformation. Landskapsinformation ger stöd för interpolations- och modellberäkningar. Koordinater för olika typer av gränslinjer utnyttjas i sökrutiner för identifiering av aktuell informationsmängd. Den digitala Sverige-kartan används för skapande av bakgrundsbilder till presentationer men kan även utnyttjas för sökning med avseende på län eller kommuner.

Landskapsinformation erhöles från Lantmäteriverket. Datorproducerade färgbilder, utvecklades och framställdes i samarbete med Lunds Universitet och Lunds Datacentral.

En grundläggande tanke bakom utformningen av detta system är att det ska vara flexibelt. Dels ska ingående bearbetningsfaser var och en för sig kunna modifieras utan att påverka metodik och funktion i övriga delar, dels ska presentationsformen (kartbild, tabell, digital bildinformation etc.) kunna anpassas till olika vattenplanerarens specifika krav. Även om viss lagring av färdiga produkter sker, är detta alltså ej ett huvudsyfte.

Uppföljning av pilotprojektet kommer att ske bl a via ett samarbetsprojekt med syfte att kartlägga problemen vid kombination av olika slag av information. Projektet kommer att vara ett samarbete mellan SMHI, Länsstyrelsen i Kristianstad, SCB samt eventuellt Vattendomstolen i Växjö.

8. LITTERATURLISTA

Alley, W.M. (1984)

On the treatment of evapotranspiration, soil moisture accounting and aquifer recharge in monthly water balance models.

Water Res. Res., Vol. 20, No. 8, pp 1137 - 1149

Bergsten, F. (1951)

Vattenståndens varaktighet utmed svenska kusten.

SMHI Medd., serie D, nr 4

Bergstrand, E., Ehlert, K., Jutman, T. (1984)

Översiktlig och regional hydrologisk och oceanografisk information. Pilotprojekt.

SMHI Hof PM nr 49, Norrköping

Bergström, L.A., Wissler, B. (1982)

Data i bild för tre kommuner. Miljödataprojekt.

Lunds Universitet.

Bergström, S. (1976)

Development and application of a conceptual runoff model for Scandinavian catchments.

SMHI-Rapport RHO nr 7, Norrköping

Bock, K.-H. (1971)

Monatskarten des Salzgehaltes der Ostsee.

Ergänz. D. Hydr. Zeit, Reihe B(4⁰), Nr 12

Bostadsdepartementet (1978)

Hushållning med mark & vatten 2: Rapport 1979, utarbetad inom Bostadsdepartementet, Stockholm, SOU 1979:54, 1979:55

Clarke, R.T. (1973)

Mathematical models in hydrology.

Irrigation and drainage paper FAO

Eriksson, B. (1983)

Data rörande Sveriges nederbördsclimat. Normalvärden för perioden 1951-80.

SMHI-Rapport, Klimatsektionen, 1983:28

Gidhagen, L., Funkquist, L. (1984)

A model for pollution studies in the Baltic Sea.

SMHI Rapporter, RHO nr 39

Gottschalk, L. (1982)

Hydrologi. Kompendium, LTH

Gottschalk, L., Bergstrand, E., Ehlert, K. (1983)

Översiktlig och regional hydrologisk och oceanografisk information.

SMHI, PM, Norrköping

Gottschalk, L., Krasovskaia, I. (1979)

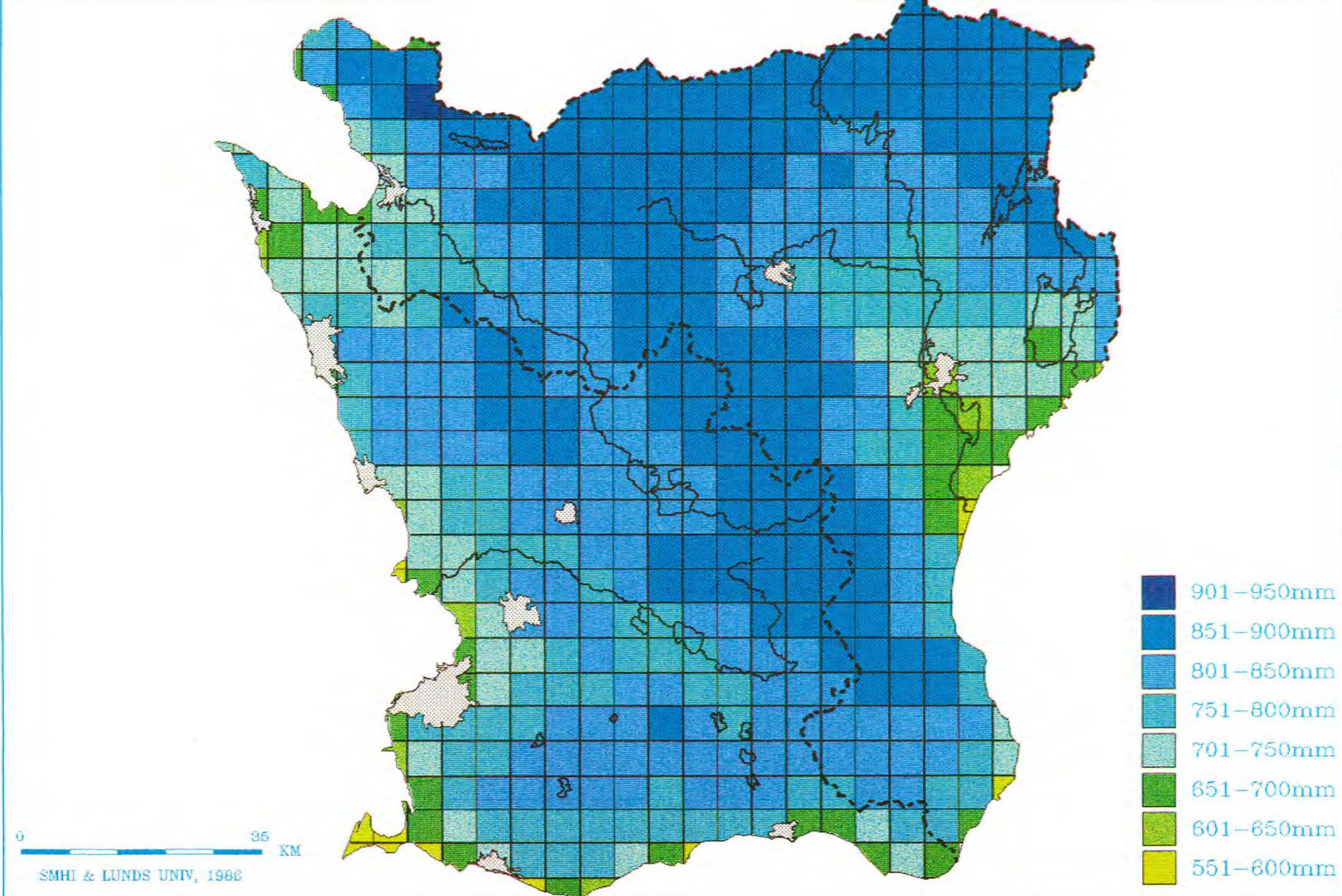
Synthetic approach to regional hydrology.

SMHI, Norrköping

- Gottschalk, L., Krasovskaia, I. (1980)
 Synthesis, processing and display of comprehensive hydrologic information.
 SMHI Rapporter, Hydrologi och Oceanografi, nr RHO 22
- Johansson, V. (1970)
 Beräkning av potentiell evaporation med ledning av observerade eller skattade värden för insolation, vindhastighet och ångtrycksdeficit.
 Grundförbättring, vol. 23, nr 3.4.
- Korzun, V.I., et al. (1977)
 World water balance and water resources of the earth. Studies and reports in hydrology.
 UNESCO
- Lenz, W. (1971)
 Monatskarten der Temperatur der Ostsee.
 Ergänzungsh. Deutsch. Hydr. Zeit, Reihe B(4⁰), Nr 11
- Morton, F.I. (1978)
 Estimating evapotranspiration from potential evaporation: Practicality of an iconoclastic approach.
 J. Hydrol., Vol. 38, pp 1 - 32
- Morton, F.I. (1983)
 Operational estimates of areal evapotranspiration and their significance to the science and practice of hydrology.
 J. Hydrol., Vol. 66, pp 1 -76
- Morton, F.I. (1983)
 Operational estimates of lake evaporation.
 J. Hydrol., Vol. 66, pp 77 - 100
- Rosenbrock, H.H. (1960)
 An automatic method for finding the greatest or least value of a function.
 Computer Journal 3
- Skåneförsöket (1985)
 ADB-baserat planeringunderlag. Ett samarbetsprojekt mellan Lantmäteriverket och Skåne-länsstyrelserna vintern 1984-85.
- SMHI och Finska Havsforskningsinstitutet (1982)
 Climatological Ice Atlas.
 Sjöfartsverket
- Sorooshian, S., Gupta, V.K. (1983)
 Automatic calibration of conceptual rainfall-runoff models: The question of parameter observability and uniqueness.
 Water Res. Res., Vol. 19, No. 1, pp 260 -268
- U.S. Army Coastal Engineering Research Center (1977)
 Shore Protection Manual.
- Vattenplaneringsutredningen (1980)
 Vattenplanering: Betänkande av vattenplaneringsutredningen, SOU ISSN 6375-250 X, 1980:39, Stockholm

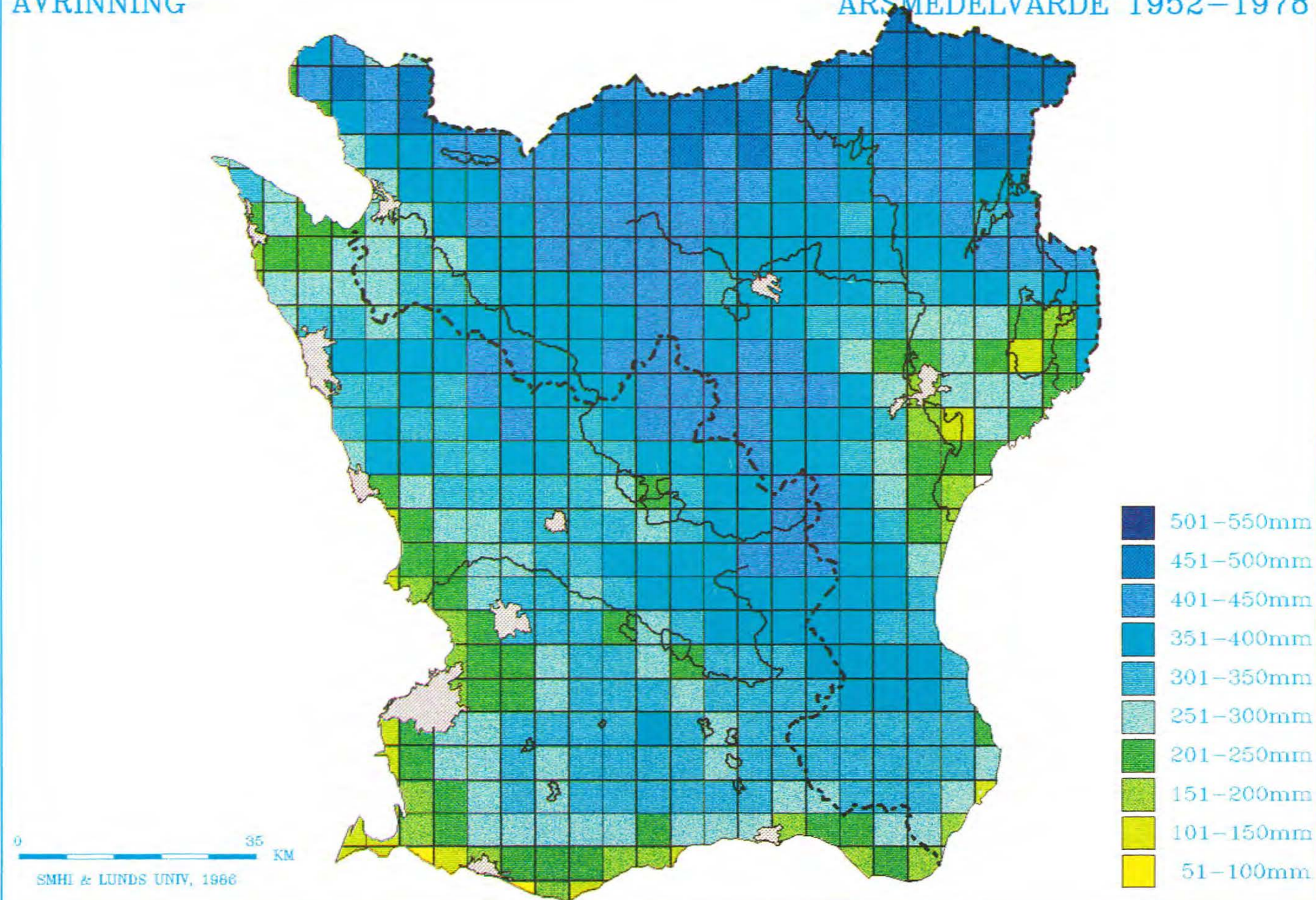
KORRIGERAD NEDERBÖRD

ÅRSMEDELVÄRDE 1952–1978



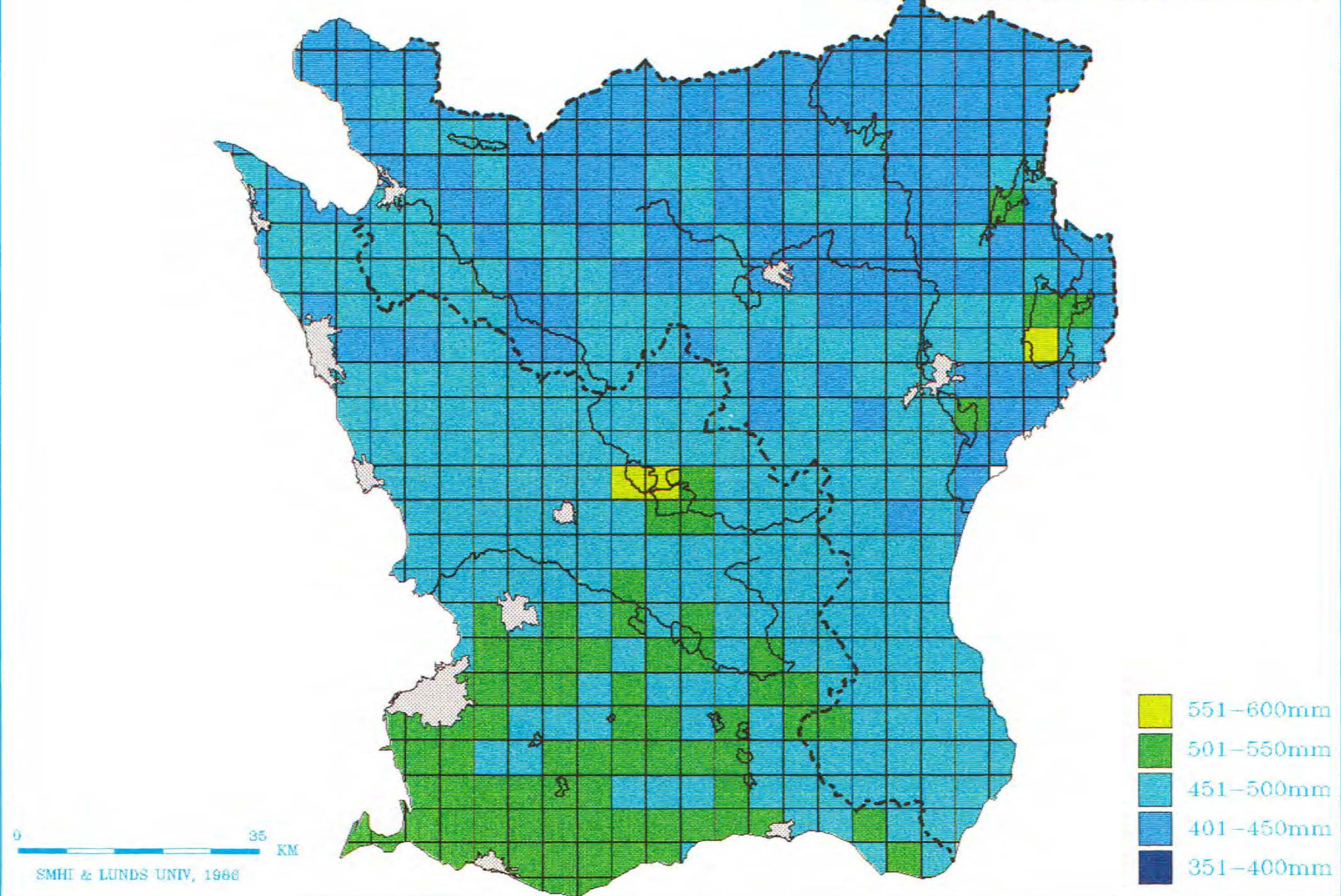
AVRINNING

ÅRSMEDELVÄRDE 1952–1978



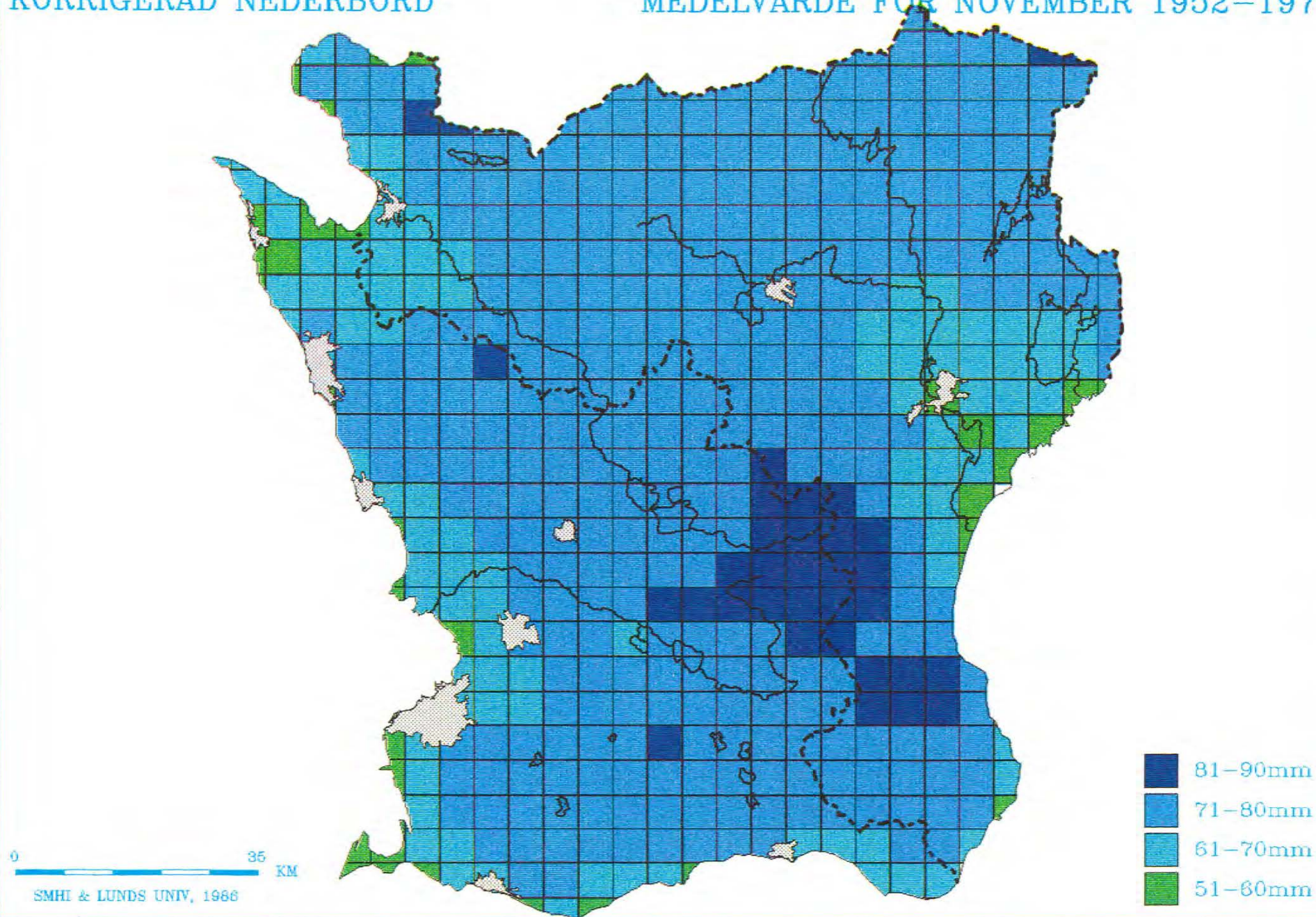
AVDUNSTNING

ÅRSMEDELVÄRDE 1952–1978



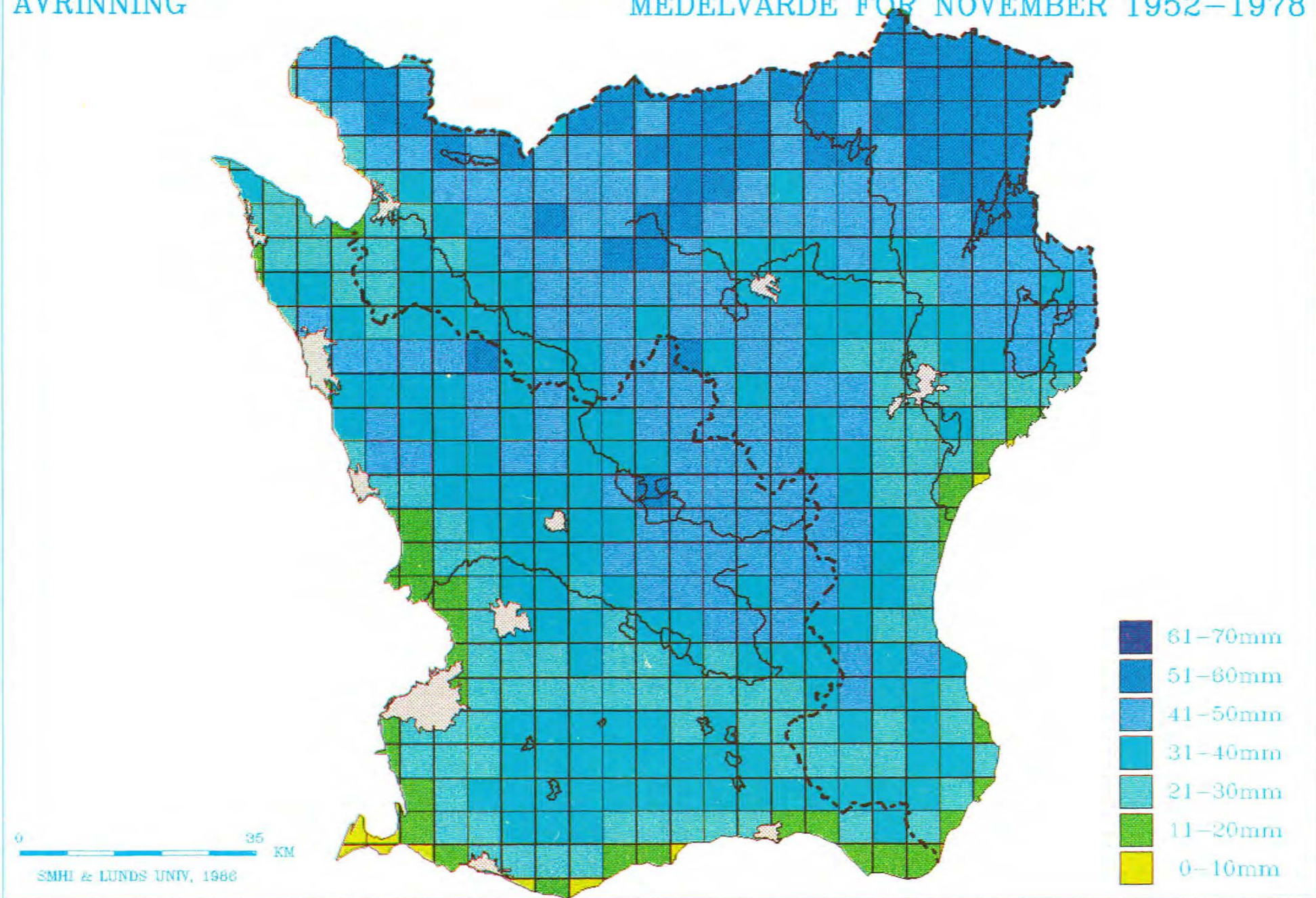
KORRIGERAD NEDERBÖRD

MEDELVÄRDE FÖR NOVEMBER 1952–1978



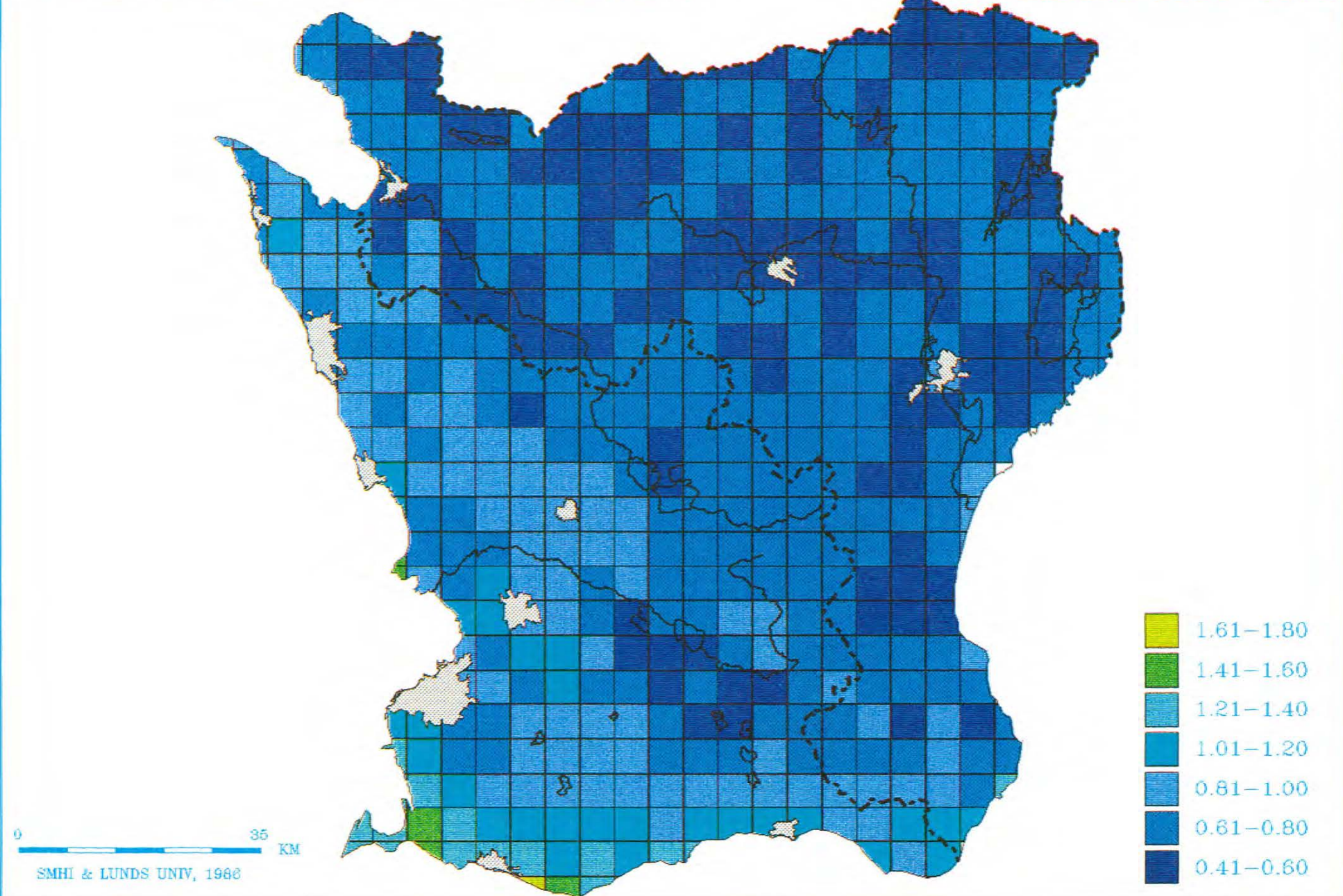
AVRINNING

MEDELVÄRDE FÖR NOVEMBER 1952–1978



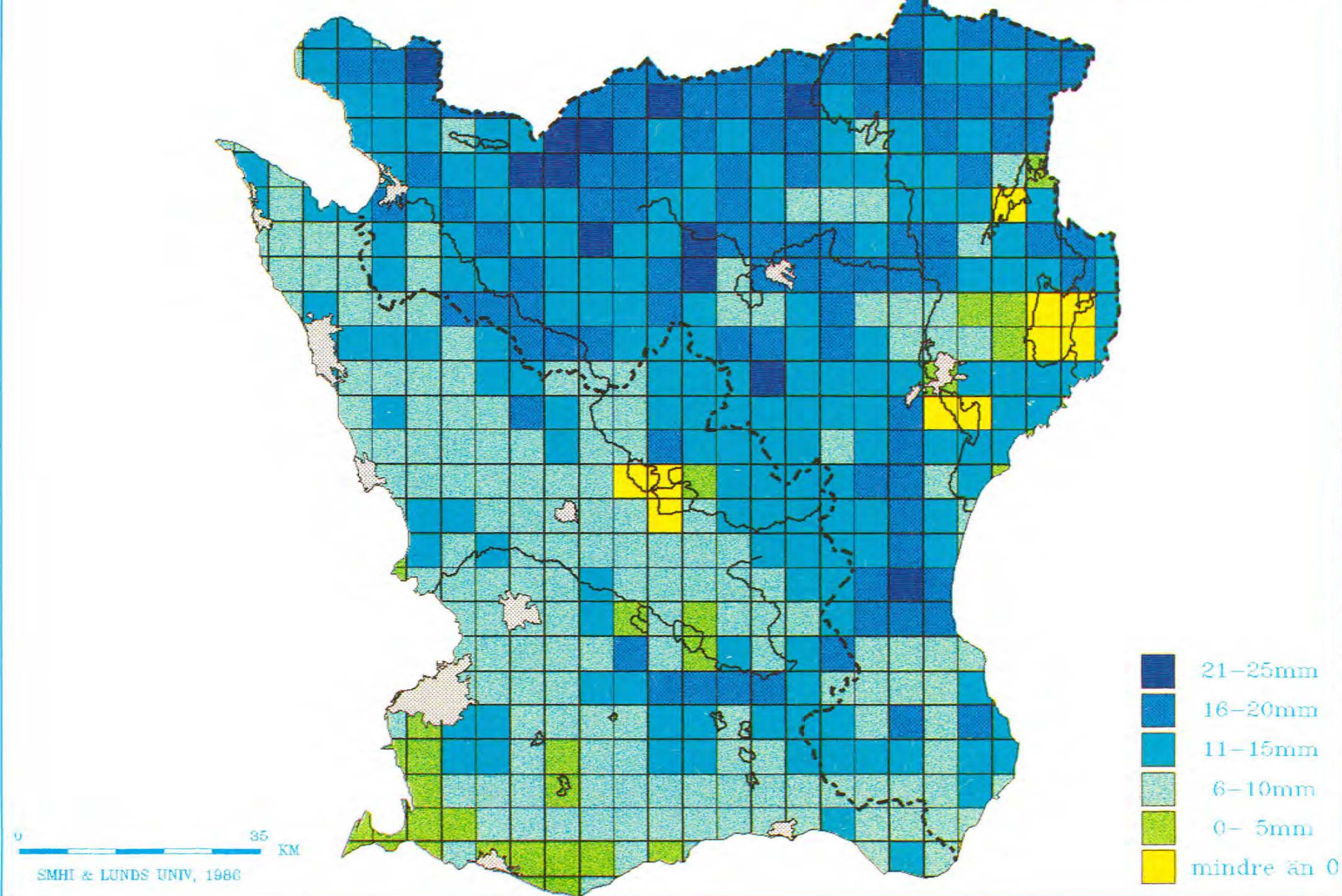
VARIATIONSKOEFFICIENT FÖR AVRINNING

NOVEMBER 1952–1978

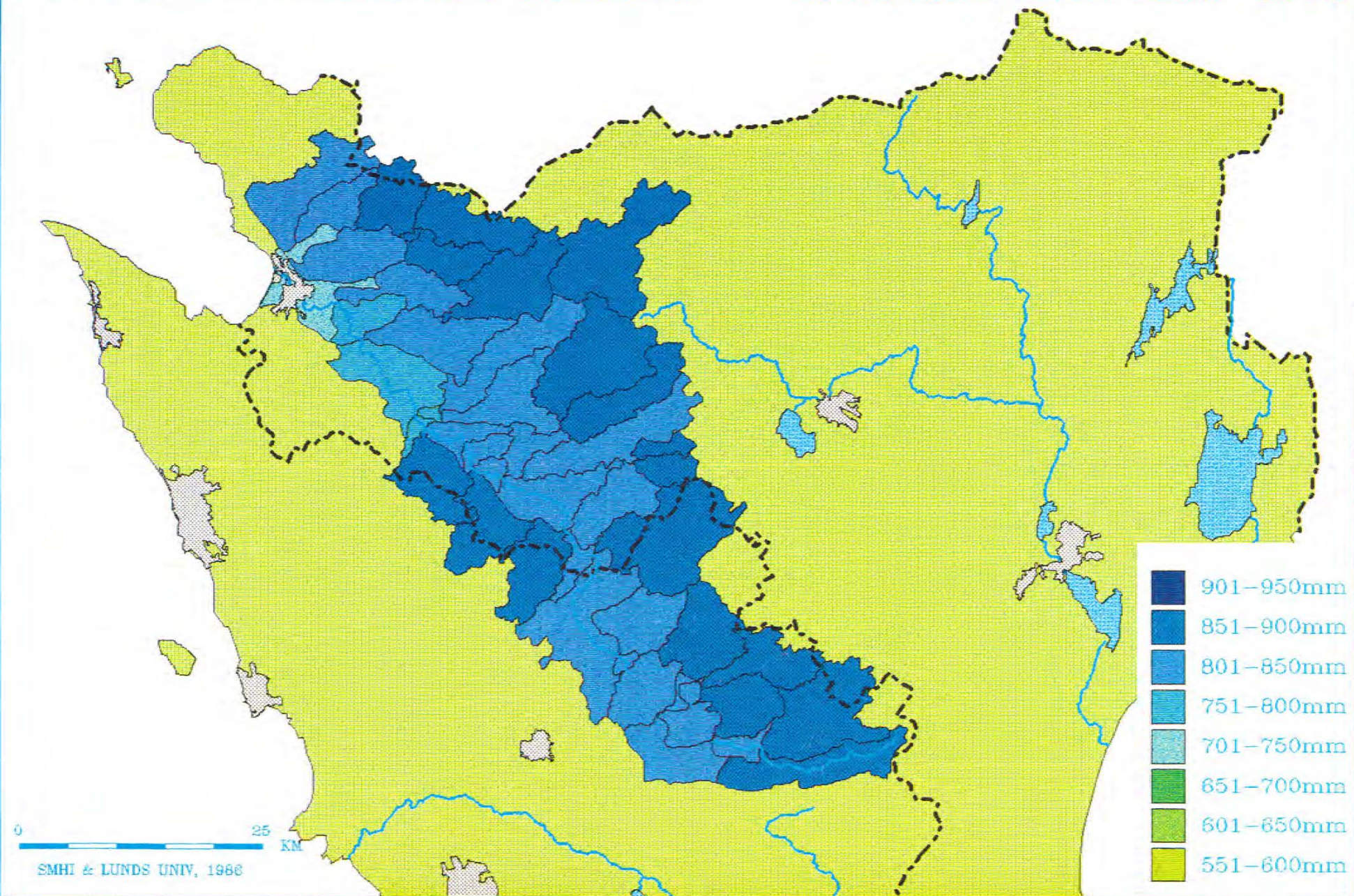


AVRINNING

MEDELVÄRDE FÖR JULI 1952–1978

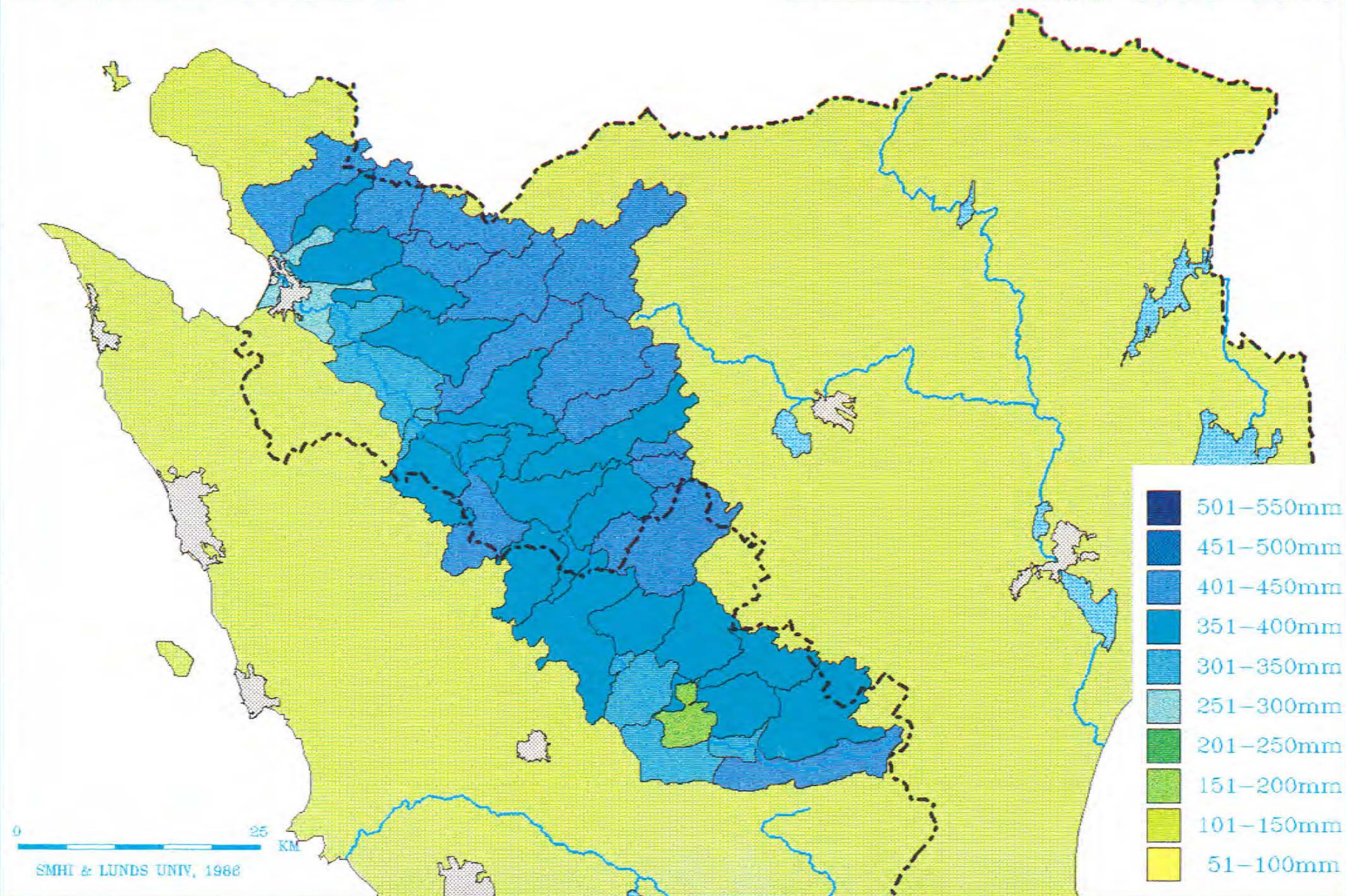


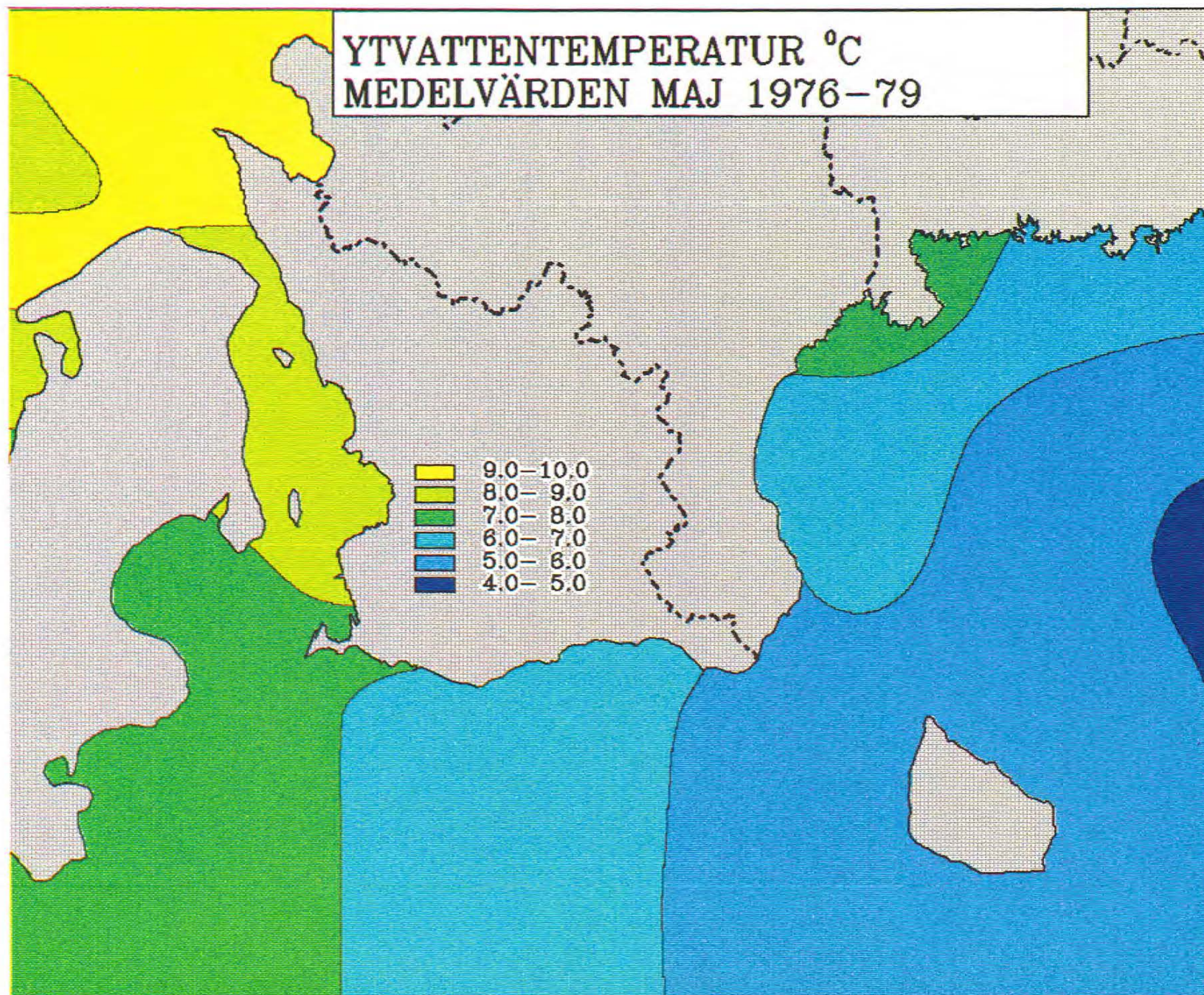
KORRIGERAD NEDERBÖRD RÖNNE Å ÅRSMEDELVÄRDE 1952–1978



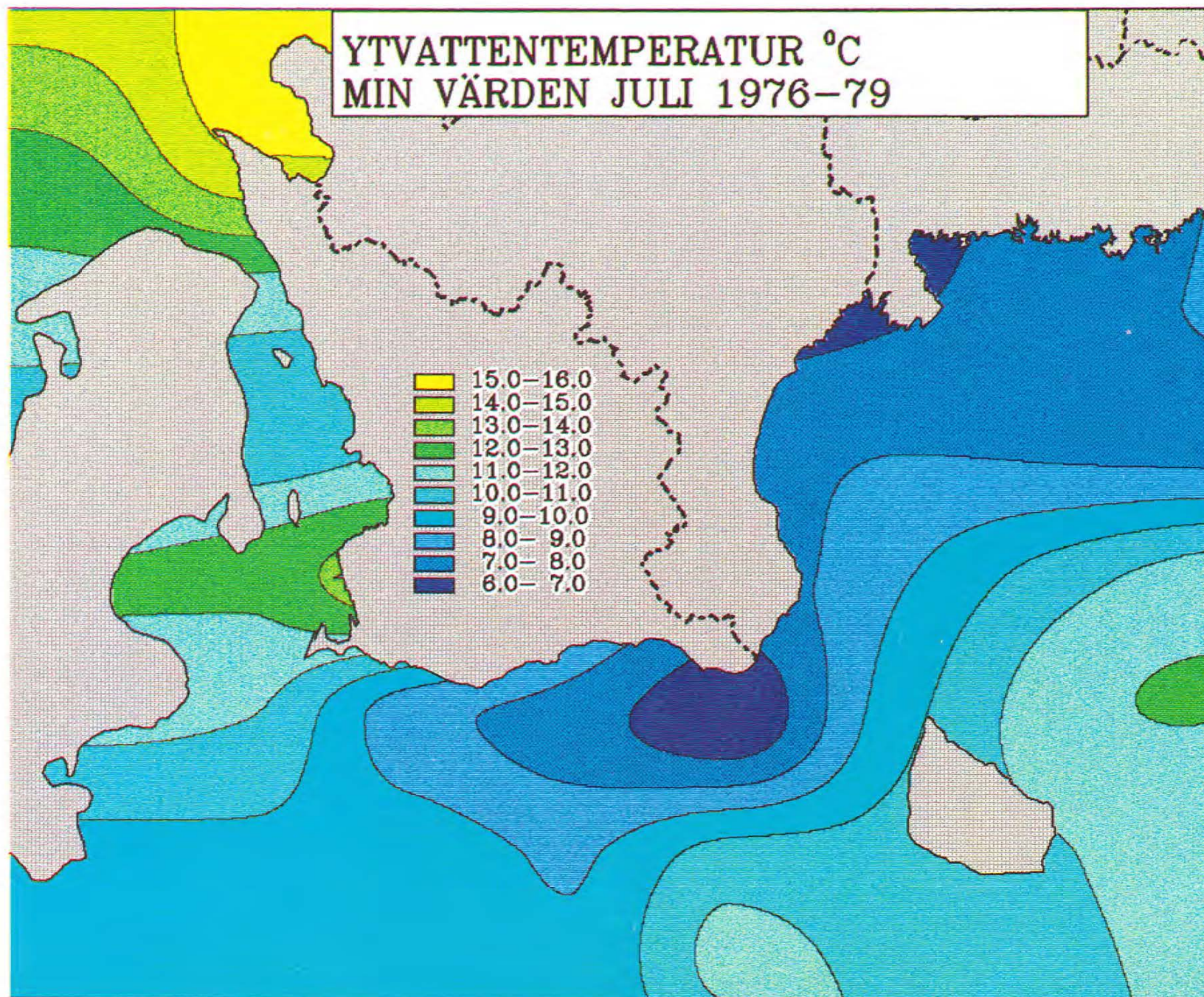
AVRINNING RÖNNE Å

ÅRSMEDELVÄRDE 1952-1978

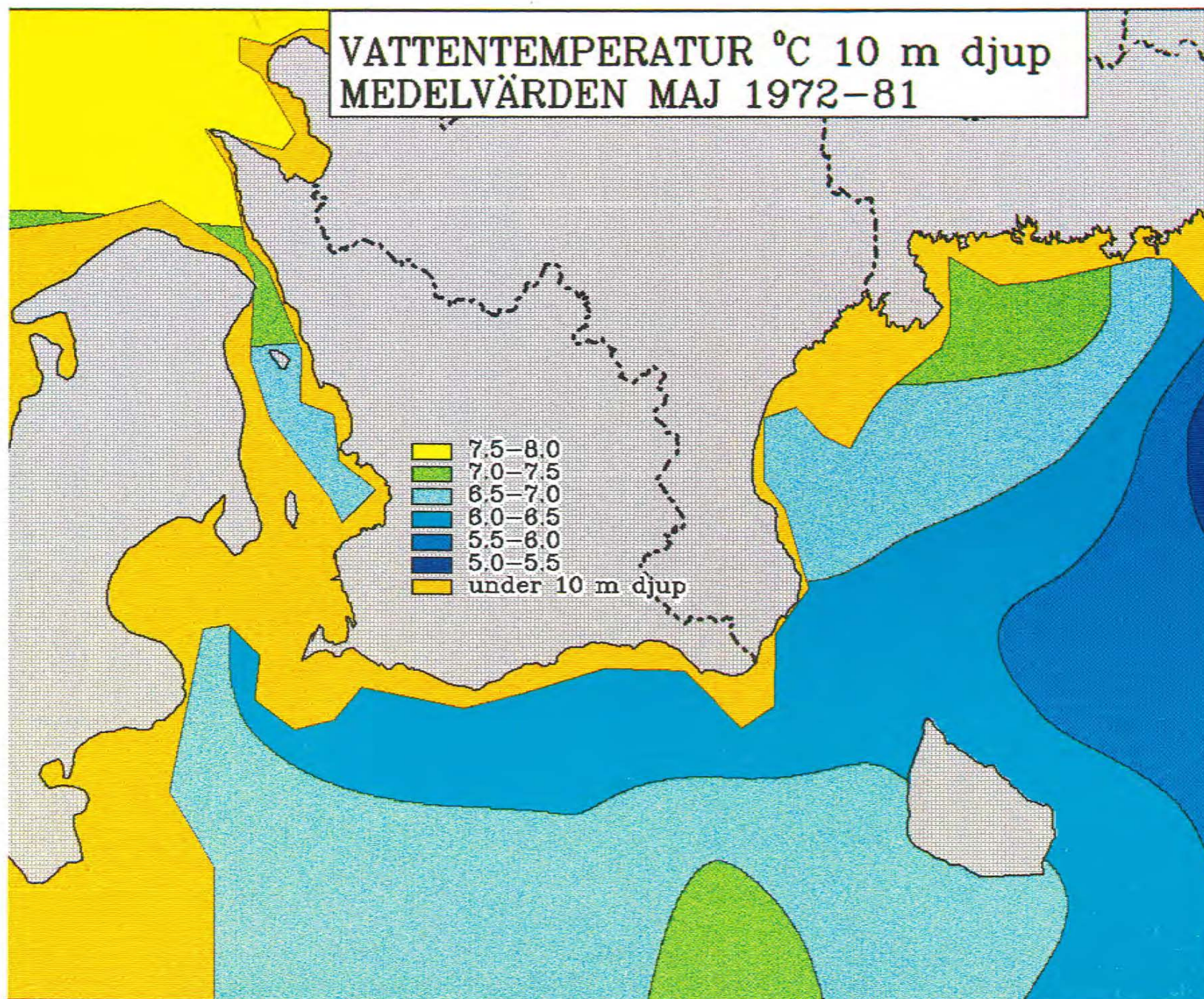




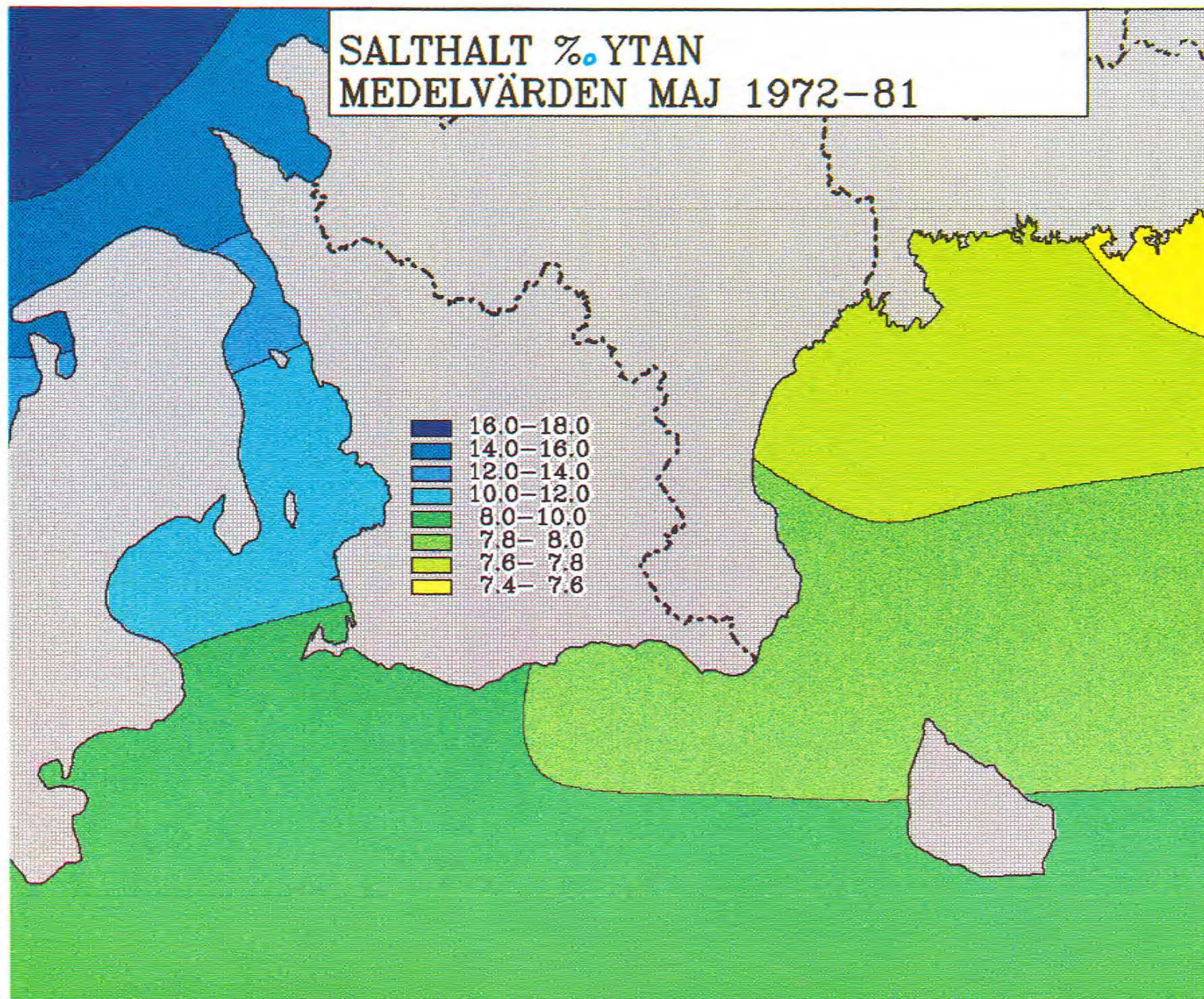
SMHI & LUNDS UNIV. 1986



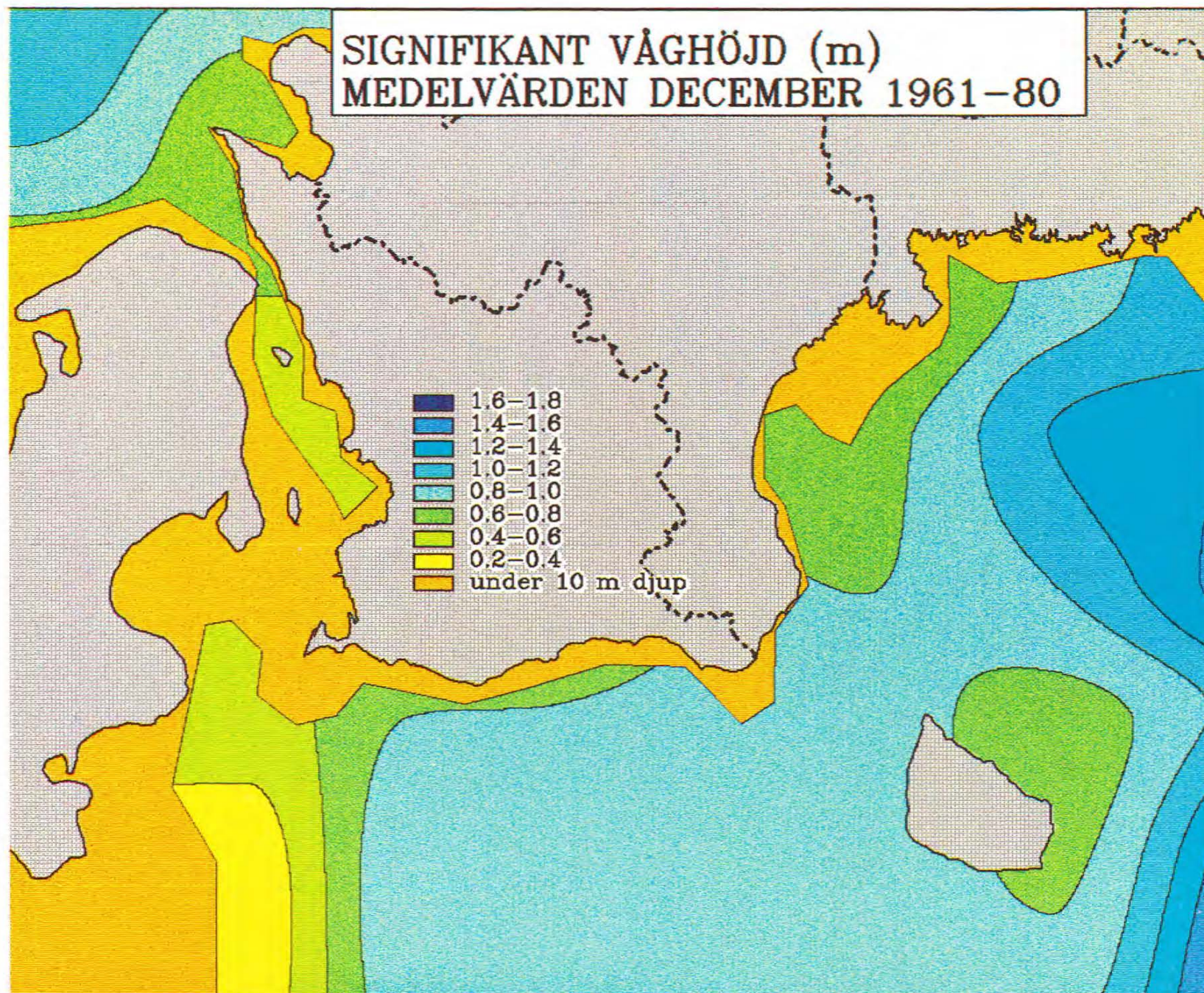
SMHI & LUNDS UNIV. 1988



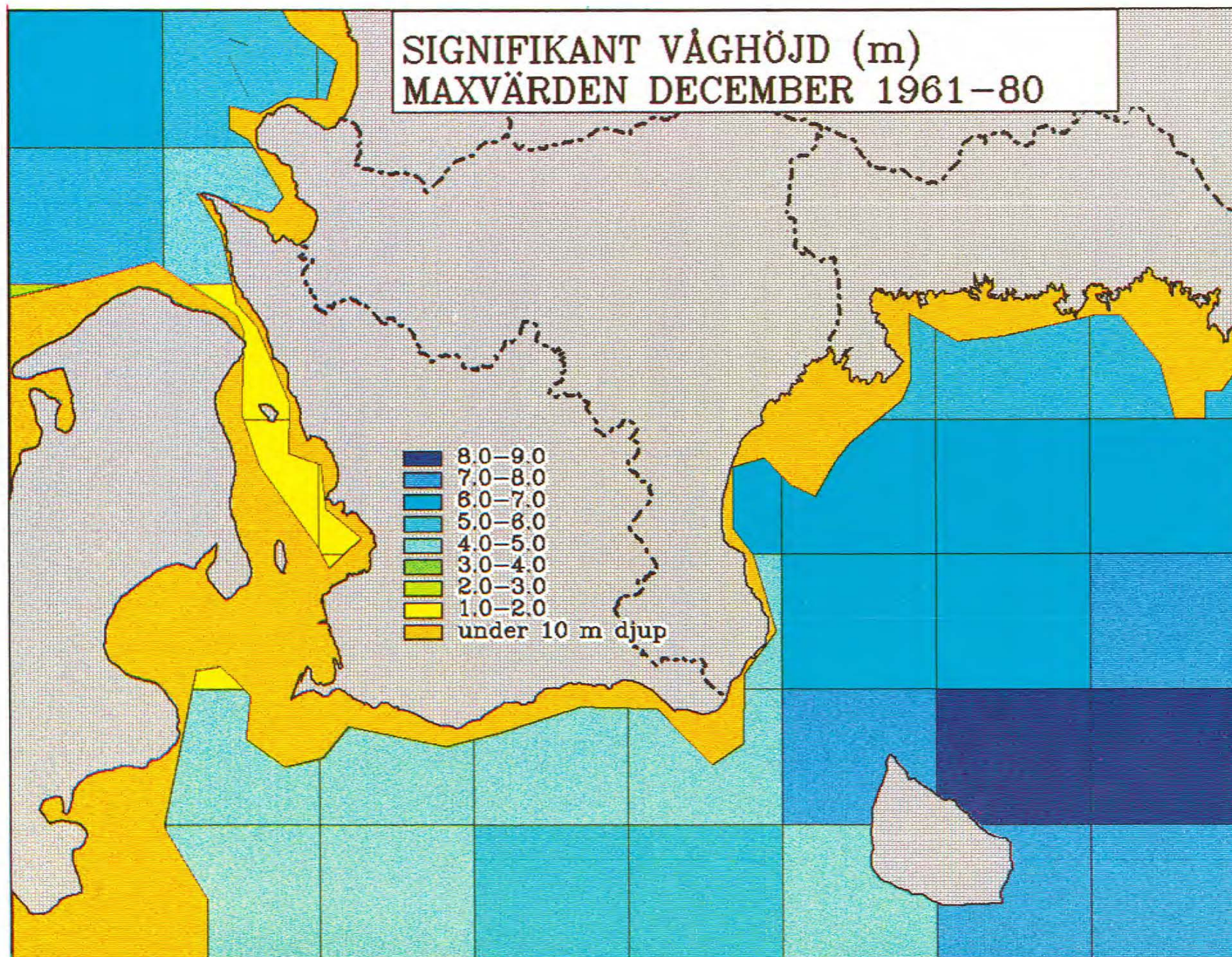
SMHI & LUNDS UNIV. 1986



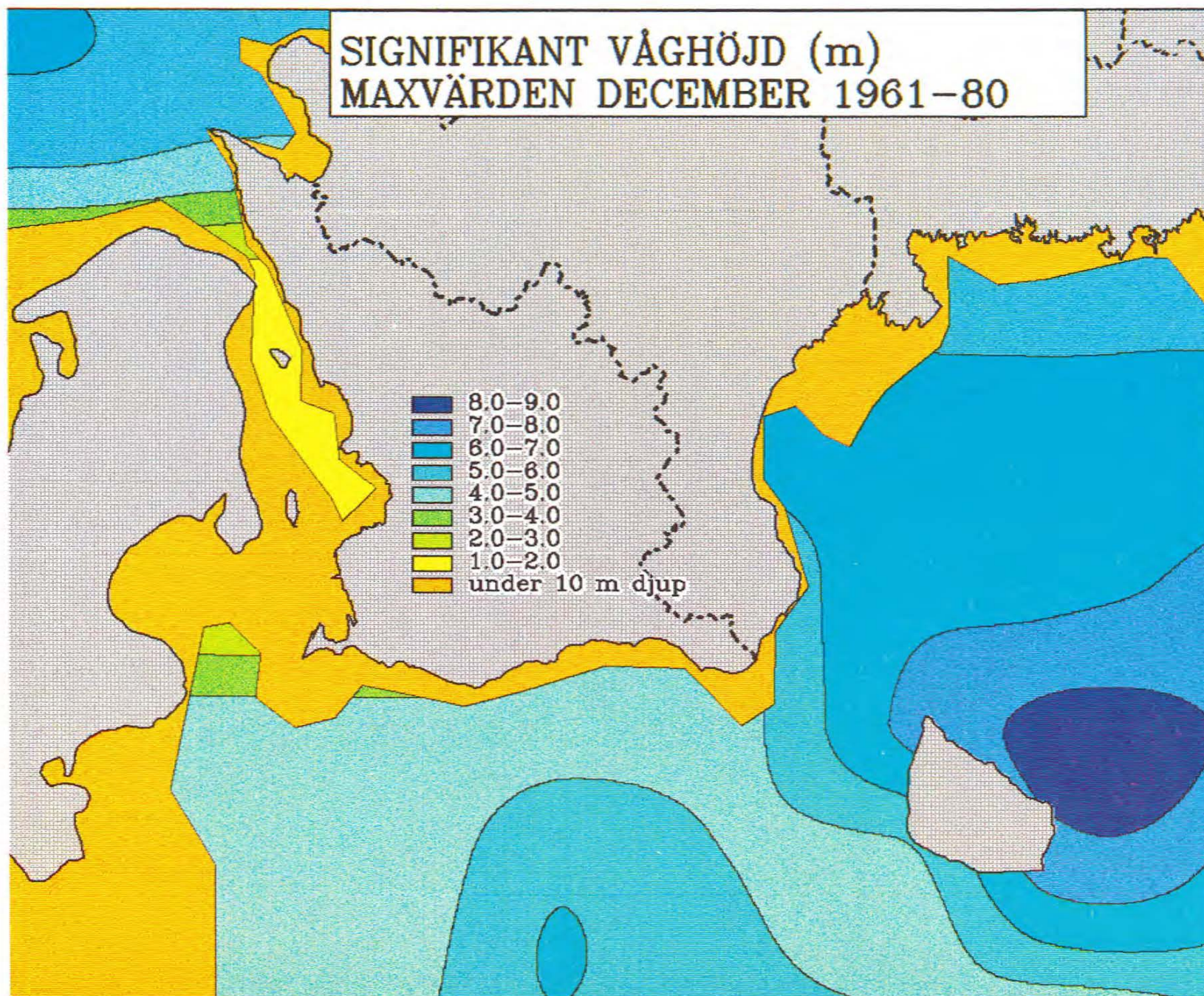
SMHI & LUNDS UNIV. 1986



SMHI & LUNDS UNIV. 1986



SMHI & LUNDS UNIV. 1986



SMHI & LUNDS UNIV. 1986

APPENDIX 1

INTERPOLERING MED EOF

Empiriskt ortogonala funktioner (EOF) är en transformering med många värdefulla egenskaper. Den användning, som metoden fått inom det här projektet, är som interpolationsverktyg och som ett medel för komprimering av de stora datamängderna.

Beskrivningen, som följer, är ingen ur matematisk synvinkel komplett redogörelse. Den är mera en förenklad beskrivning av hur metoden kan användas.

$$\left. \begin{array}{l} S_1(t) \\ S_2(t) \\ S_i(t) \\ S_n(t) \end{array} \right\} = m_i + v_{1i} \cdot \beta_1(t) + v_{2i} \cdot \beta_2(t) + \dots + v_{ki} \cdot \beta_k(t)$$

Figur A 1.1. EOF-metoden.

Vi har n stycken mätserier $S_i(t)$ ($i = 1, n$). Av dessa ursprungliga mätserier bildas en uppsättning nya tidsserier $\beta_k(t)$ ($k = 1, n$), med tillhörande uppsättningar viktkoefficienter v_{ki} ($k = 1, n$ $i = 1, n$). Se figur A 1.1. De nya tidsserierna $\beta_k(t)$ - vi kallar dem amplitudfunktioner - har skapats så, att den första amplitudfunktionen, $\beta_1(t)$, beskriver så mycket som möjligt av informationen i samtliga mätserier. Vi får i nästa amplitudfunktion, $\beta_2(t)$, så mycket som möjligt av den information, som ej beskrivs av $\beta_1(t)$ o s v. Vi får en koncentration av information så till vida, att ett litet antal amplitudfunktioner förmår beskriva en stor del av variationerna i alla mätserierna.

Amplitudfunktionerna beskriver variationerna i tiden, medan viktkoefficienterna avspeglar den rumsliga variationen. Ur EOF-utvecklingen får vi en uppsättning viktkoefficienter för varje ursprunglig mätserie.

EOF-metoden som interpolationsredskap har här applicerats på de klimatologiska variablerna. Vi söker en variabls värde för varje beräkningsenhet (ruta om $5 \times 5 \text{ km}^2$ = ekonomiskt kartblad). Först utvecklas de ursprungliga mätserierna i EOF. Interpolationen kräver, att vi beskriver medelvärdets och viktkoefficienternas variation i rummet. I det här fallet användes regressionsanalys. Samvariation mellan olika landskaps- och lägesbeskrivande variabler och viktkoefficienternas resp. medelvärdenas rumsvariation undersöktes. Det visade sig, att användbara variabler var mätstationens position (x- och y-koordinater) och höjdläge.

I interpolationen har här högst tre amplitudfunktioner använts. Ett mått på metodens användbarhet är i vilken grad de ursprungliga mätserierna kan återskapas med ett fåtal amplitudfunktioner.

Tabell A 1.1. Varianstäckning (%) vid olika antal amplitudfunktioner.

VARIABEL	β_1	$\beta_1 + \beta_2$	$\beta_1 + \beta_1 + \beta_3$
Nederbörd/regn	81	86	88
Nederbörd/snö	90	93	95
Temperatur	100	100	100
Vind	58	75	82
Luftfuktighet	98	98	99
Molnighet	82	88	92

Antalet amplitudfunktioner, som tas med i interpolationen, är i första hand beroende av i vilken utsträckning viktkoefficienternas rumsvariation kan beskrivas. Högst tre amplitudfunktioner kunde i det här fallet inkluderas - för vind, luftfuktighet och molnighet endast den första amplitudfunktionen.

I bedömningen av angivelserna i tabell A 1.1. måste häsyn tas till den skiftande betydelse variablerna har i modellberäkningarna. Av störst betydelse är beskrivningen av nederbördens och temperaturens variationer. Vilken varianstäckning man måste försöka uppnå blir också en avvägning i förhållande till hur stort inslaget av slumpmässiga variationer är.

Väsentligt för osäkerhetsbedömningen är också hur väl medelvärden och viktkoefficienternas rumsvariation kan beskrivas. De ur regressionsanalyser erhållna multipla korrelationskoefficienterna redovisas.

Tabell. A 1.2. Multipla korrelationskoefficienter från regressionsanalys för medelvärden och viktkoefficienter.

Variabel	Korrelationskoefficient för			
	medelvärde	vikt-koeff. 1	vikt-koeff. 2	vikt-koeff. 3
Nederbörd/regn	0.71	0.68	0.87	-
Nederbörd/snö	0.73	0.74	0.56	0.33
Lufttemperatur	0.83	0.66	0.67	0.96
Vind	-	0.52	-	-
Luftfuktighet	0.64	0.90	-	-
Molnighet	0.90	0.66	-	-

Beskrivningen av rumsvariationen för nederbördens medelvärden visade sig bli något svag. Speciellt i gränzonen för det område, som omfattas av de utvalda stationerna, kan skattningarna då vara behäftade med relativt stora fel. Detta kan också konstateras för den nordliga avgränsningen till den studerade regionen. Detta kan dock avhjälpas via en inkludering av stationen även utanför gränslinjen.

HYDROLOGISKA MODELLBERÄKNINGAR

A 2.1. INLEDNING

Två olika vattenbalansmodeller, baserade på månadsvärden, har prövats inom Skåne-projektet. De betecknas i fortsättningen Modell 1 respektive Modell 2 och skiljer sig främst åt genom metoden för avdunstningsberäkningar.

Genom att basera vattenbalansberäkningarna på månadsvärden bortser man från den effekt nederbördens fördelning under månaden har på avrinningen. Det är en avvägningsfråga, om den ökade noggrannhet, som dygnsvisa beräkningar innebär, kan motivera den större arbetsinsats, som krävs. På SMHI används för förlängning av hydrologiska tidsserier och för vattenföringsprognoser HBV-modellen (Bergström, 1976), som utnyttjar dygnsvärden av nederbörd och temperatur som indata. För att få en uppfattning om hur mycket bättre resultat, som kan erhållas med dygnsvärden, har vi kalibrerat HBV-modellen för två områden och utnyttjas resultaten för jämförelser.

A 2.2. MODELLJÄMFÖRELSE - ALLMÄNT

I en artikel av Alley (1984) redogörs för en jämförelse mellan några olika vattenbalansmodeller, där beräkningarna gjorts på månadsvärden. Bl a undersöks om man kan se någon skillnad i hur pass bra modellerna simulerar avrinningen.

De modeller, som prövas av Alley, kan sägas vara uppdelade i en markvattendel och en grundvattendel. Avdunstningens storlek antas i samtliga modeller vara proportionell mot det beräknade markvattenmagasinets storlek. Grundvattenbildning antas i ett par av modellerna ske först, när modellens markvattendel är helt fylld - i övriga modeller sker grundvattenbildning även när man har ett visst markvattenunderskott. Snö och snösmältning är inte inkluderade i någon av modellerna.

50-års vattenföringsserier har använts, varav 10 år utnyttjats för kalibrering. Det visade sig omöjligt att avgöra vilken modell, som ger bäst resultat. Medelfelet i beräknade månadsvärden är för alla modellerna strax under 40 % (av medelvärdet) och i beräknade årsvärden ca 15 %. Däremot skiljer sig resultatet för olika månader, så att t ex en del modeller konsekvent underskattar avrinningen för någon månad. I artikeln visas också, att det inte är lämpligt att använda modellernas tillståndsvariabler (t ex markvatten) som något annat än ett beräkningshjälpmedel, eftersom värdena varierar alltför mycket mellan olika modeller. Det är också osäkert, om de parametrar, som används, kan ges en fysikalisk betydelse.

A 2.3. EN TIDIGARE ANVÄND MODELL FÖR KARTFRAMSTÄLLNING

För svenska förhållanden har Gottschalk och Krasovskaia (1979) gjort månadsvisa beräkningar av vattenbalansen i Mälardalen. I den studien prövades mer en beräkningsmetodik, och de anger inga siffror på noggrannheten i resultaten. Den modell de använde hade tagits från "Atlas of World Water Balance", där vattenbalanselementen beräknats för hela jordklotet (Korzun, 1977). Nedan beskrivs kortfattat det tillvägagångssätt, som där använts för beräkning av avdunstning och grundvattenbildning, vilket i huvudsak är samma metod som använts i Modell 2. Principen för hur beräkningarna genomförs är ganska typisk för vattenbalansmodeller, baserade på månadsvärden.

Givetvis utnyttjar man vattenbalansen:

$$P = E + QTOT + \Delta W$$

P = nederbörd,
 E = avdunstning (evapotranspiration),
 ΔW = $W_2 - W_1$ = förändring av markvatteninnehållet,
 W_1 = markvatteninnehåll i början av månaden,
 W_2 = " " slutet " "
 $QTOT$ = avrinningsbildning.

Avdunstningen antas vara proportionell mot potentiell avdunstning och markvatteninnehåll:

$$E = EPOT \quad \bar{W} > WMAX$$

$$E = EPOT \cdot \frac{\bar{W}}{WMAX} \quad \bar{W} < WMAX$$

EPOT = potentiell avdunstning,

$\bar{W}$ = medelmarkvatteninnehåll = $\frac{W1+W2}{2}$

WMAX = gräns i markvatteninnehåll, över vilken avdunstningen är lika med den potentiella.

Avrinningsbildningen blir en funktion av nederbörd, beräknat markvatteninnehåll och potentiell avdunstning.

$$QTOT = \gamma \cdot P \cdot \frac{\bar{W}}{WK} \quad WK = \text{fältkapacitet}$$

$$\gamma = \gamma_0 \quad P < EPOT$$

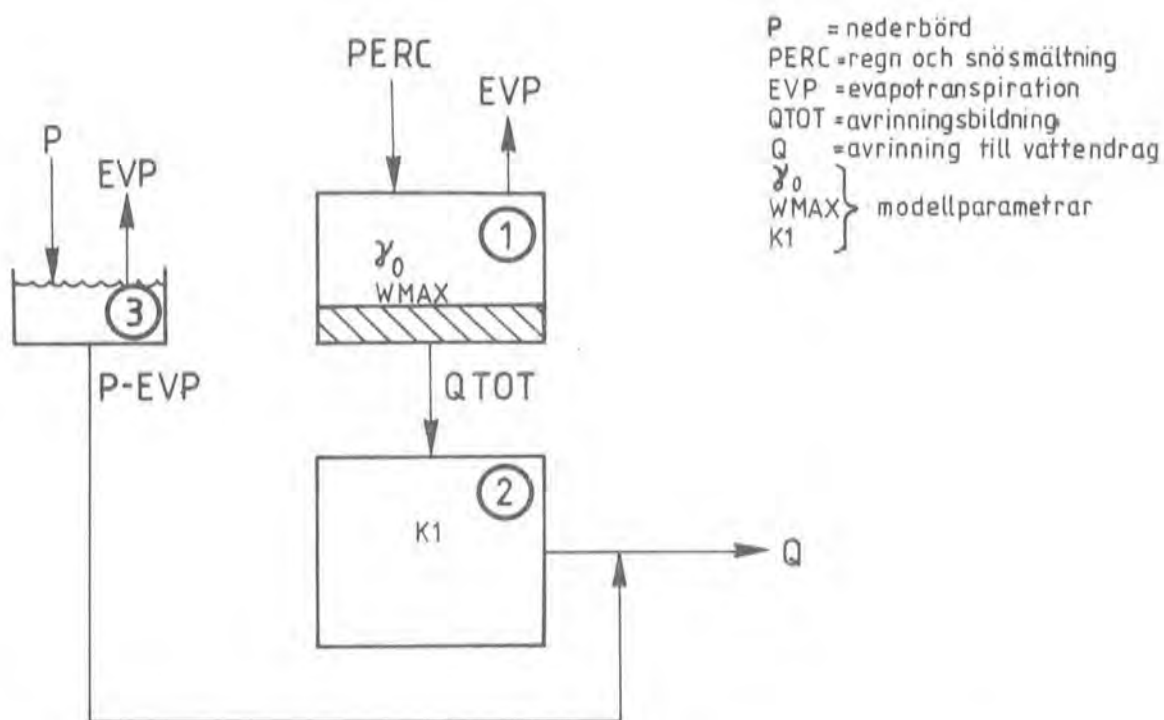
$$\gamma = \sqrt{\gamma_0^2 \left\{ 1 - \left(1 - \frac{EPOT}{P} \right)^2 \right\} + \left(1 - \frac{EPOT}{P} \right)^2} \quad P > EPOT \quad (1)$$

där γ_0 = konstant.

Enligt den här beräkningsmetoden sker alltså avrinningsbildning även då markvatteninnehållet understiger fältkapaciteten. Faktorn γ ökar, när kvoten $\frac{EPOT}{P}$ minskar, och blir lika med 1, då den potentiella avdunstningen är noll.

A 2.4. MODELL 1 OCH MODELL 2

Strukturen för de modeller, som används inom Skåne-projektet, kan beskrivas av figur A 2.1.



Figur A 2.1. Modellstruktur för Modell 1 och Modell 2.

Indata till modellerna är:

- regnnederbörd,
- snönederbörd,
- snösmältning,
- temperatur,
- ångtryck,
- molnighet,
- vind (för Modell 2)

Snösmältningen har beräknats utifrån dygnsvärden med hjälp av graddagmetoden. Graddagfaktorn har satts till 3.5 mm/(dygn $^{\circ}C$) för öppen mark och till 2.0 mm/(dygn $^{\circ}C$) för skog.

Utöver klimatdata utnyttjas även landskapsinformation. Som nämnts ovan, skiljer sig modellerna åt genom metoderna för avdunstningsberäkningarna.

A 2.5. AVDUNSTNINGSBERÄKNINGAR I MODELL 1

I Modell 1 används ett beräkningssätt för avdunstning, som utvecklats av Morton (se Morton, 1978, 1983). Det bygger på tesen, att den potentiella och den verkliga avdunstningen för ett område är ömsesidigt beroende. Vid konstant instrålning orsakas en höjning av den potentiella avdunstningen (enligt Penmans formel) av ett ökat ångtrycksdeficit ($e_m - e$). Ökningen av $e_m - e$ beror antingen på en ökning av temperaturen (leder till en ökning av e_m) eller en minskning av luftfuktigheten (d v s minskat e). Det här är företeelser, som kan tänkas vara orsakade av det ökade värmeflöde och det minskade vattenångeflöde, som följer på en minskad tillgång på vatten för avdunstning. Resonemanget är enbart giltigt för större områden och för en längre tidsperiod. Den metod, som Morton redogör för i artikeln från 1978, har utvecklats vidare i artikeln från 1983. För beräkningarna inom Skåne-projektet har artikeln från 1978 använts som underlag.

Morton utgår från att vid konstant instrålning gäller sambandet enligt ekvation (2). Sambandet kan inte härledas teoretiskt, men det kan visas, att det har en viss verklighetsförankring. (Intresserade hänvisas till Morton, 1983).

$$\Delta E_T + \Delta E_{TP} = 0 \quad (2)$$

E_{TP} = den potentiella avdunstningen, beräknad ur exempelvis Penmans formel, från en hypotetisk, fuktig yta med samma albedo etc. som omgivande ytor, men så liten att effekten av avdunstningen på förbipasserande luft är försumbar.

E_T = verklig areell evapotranspiration.

Lösningen till ekvation (2) är:

$$E_T + E_{TP} = \text{konstant}$$

I en omgivning med obegränsad vattentillgång blir den verkliga avdunstningen densamma som den potentiella, d v s:

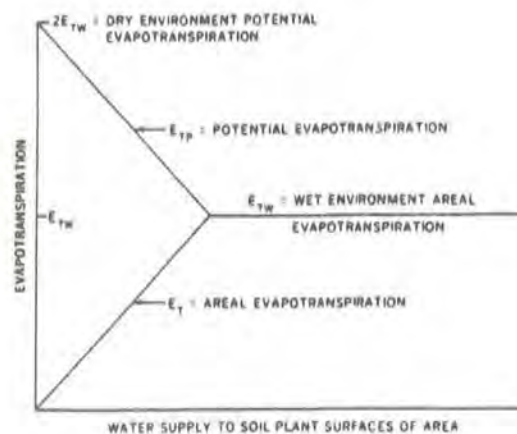
$$\text{konstant} = 2E_{TW}$$

E_{TW} = evapotranspiration vid obegränsad vattentillgång.

Alltså är

$$E_T + E_{TP} = 2E_{TW} \quad (3)$$

När inget vatten finns tillgängligt, blir den verkliga avdunstningen 0, och den potentiella avdunstningen blir följaktligen $2E_{TW}$. Figur A 2.2. presenterar sambandet schematiskt. Sambandet gäller alltså vid konstant instrålning och kan förenklat tolkas på följande sätt: Om tillgången på vatten för avdunstning höjs, så att avdunstningen ökar, ökar vattenångeflödet från marken, varvid e_m -e minskar och den potentiella avdunstningen sjunker.



Figur A 2.2. Schematisk presentation av sambandet mellan verklig areell och potentiell avdunstning (från Morton, 1983).

Mätresultatet som stöder ekvation (3) presenteras av Morton från bl a Malawi. En figur av samma typ som A 2.2. har konstruerats för årsvärden från 4 avrinningsområden. Årlig nederbörd har satts som ett mått på vattentillgången, potentiell avdunstning har beräknats enligt Penman och verklig areell avdunstning har bestämts ur vattenbalansen. Avdunstningen i en omgivning med obegränsad vattentillgång beräknas utifrån nettostrålningen (jämför Penmans formel). I formeln för beräkningen ingår två konstanter, som bestämts vid kalibrering av modellen i ökenområden (där $E_{TP} = 2E_{TW}$). Några lokalt optimerade parametrar krävs inte.

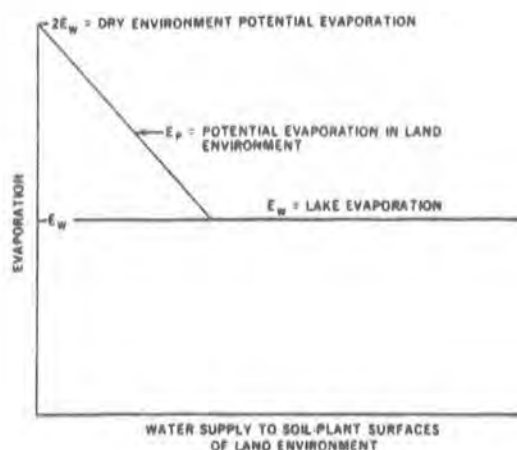
Morton presenterar tester av modellen för 143 områden i Nordamerika, Afrika, Irland, Australien och Nya Zeeland. Modellberäknad årsavdunstning jämförs med avdunstning beräknad ur skillnaden mellan observerad nederbörd och avrinning. Medelavvikelsen är 3.4 %, och den maximala avvikelsen är knappt 10 %.

Den stora fördelen med metoden är att avdunstningen kan bestämmas enbart ur klimatdata. Det markvattenmagasin, som traditionellt används som hjälpmedel vid avdunstningsberäkningar i vattenbalansmodeller för månadsvärden, är ett begrepp, som det är svårt att hitta en fysikalisk motsvarighet till.

För beräkning av potentiell avdunstning använder Morton (1978) en modifierad Penmans formel. Globalstrålningen beräknas ur molnigheten med ett linjärt samband (Johansson, 1970). Albedot beräknas enligt Morton (1978), där det vid beräkningarna tas hänsyn till årsnederbörd, latitud, höjd över havet och solhöjden vid olika tider på året. För månader med medeltemperaturen större än 0 ligger albedovärdet runt 0.20. Ingen skillnad görs mellan skog och öppen mark. Beräkning av långvägig nettostrålning görs på traditionellt sätt, den intresserade hänvisas till Morton (1978).

A 2.6. AVDUNSTNING OCH AVRINNINGSBILDNING FRÅN SJÖAR I MODELL 1 OCH MODELL 2

Även för avdunstning från sjöar används metoden utvecklad av Morton (1983). Hänsyn tas där till att mätningar av temperatur och ångtryck på land inte är representativa för klimatet över sjön. Skillnaden mot beräkning av avdunstning från land ligger i andra värden på albedo, emissivitet och ett par av de kalibrerade konstanterna. Figur A 2.3. visar det teoretiska sambandet mellan potentiell avdunstning i landmiljö (klimatmässigt) och avdunstning över en sjö. Sjön antas i det här fallet vara så stor, att jämvikt kunnat ställa in sig mellan luften över sjön och sjön. Man försummar också värmemagasineringsen i sjön.



Figur A 2.3. Schematisk presentation av samband mellan avdunstning från grunda sjöar och potentiell avdunstning i landklimat vid konstant strålnings- och energitillförsel.

Vid beräkning av avrinningen från sjön antas, att ingen magasinering sker från en månad till en annan. Avrinningen från sjön en viss månad blir alltså skillnaden mellan denna månads nederbörd och avdunstning (se vidare figur A 2.1.).

A 2.7. BERÄKNING AV AVRINNINGSBILDNING I MODELL 1

För beräkningarna av avrinningsbildning har utgått ifrån den metod, som används i "Atlas of World Water Balance" (Korzun, 1977).

$$QTOT = \gamma \cdot \frac{W1+W2}{2 \cdot WMAX} \cdot PERC \quad (5)$$

QTOT = avrinningsbildning,

γ = koefficient som varierar under året,

W1, W2 = beräknat markvattenmagasin i början resp. slutet av månaden,

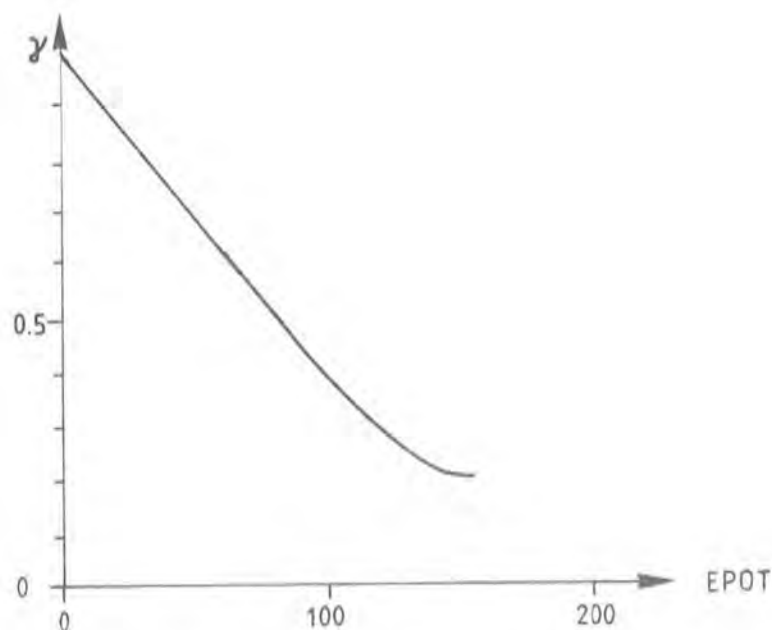
WMAX = maximalt markvattenmagasin,

PERC = regn + snösmältning.

Det visar sig dock, att det uttryck, som används för γ i världsatlasen, ger otillfredsställande resultat för Skåne. Framför allt underskattas avrinningen i april, och avrinningen i juni-juli överskattas. Ett uttryck, som ger ett högre värde på γ i april och ett lägre under sommaren, är därför att föredra. Genom att i ekvation (1) ersätta $\frac{EPOT}{P}$ med $\frac{EPOT}{konstant}$ får man γ att variera på det sättet, samtidigt som egenskapen att vara lika med 1, då den potentiella avdunstningen är lika med 0, kvarstår. 150 mm är en övre gräns för månadsavdunstning och kan därför vara ett lämpligt värde på konstanten, d v s

$$\gamma = \sqrt{\gamma_0^2 \left\{ 1 - \left(1 - \frac{EPOT}{150} \right)^2 \right\} + \left(1 - \frac{EPOT}{150} \right)^2} \quad (6)$$

Figur A 2.4. visar hur γ enligt formel (6) varierar med den potentiella avdunstningen för $\gamma_0 = 0.2$. Andra värden än 150 på konstanten prövades men gav sämre resultat.

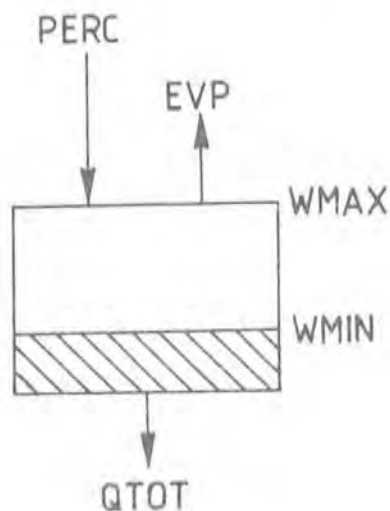


Figur A 2.4.
 γ som funktion av
 den potentiella
 avdunstningen, då
 $\gamma_0 = 0.2$.

Ekvation (5) innehåller två obekanta värden, Q_{TOT} och W_2 . Den måste alltså kombineras med vattenbalansekvationen.

$$PERC = Q_{TOT} + EVP + (W_2 - W_1) \quad (7)$$

Eftersom det beräknade markvattenmagasinet inte utnyttjas för att begränsa den beräknade avdunstningen, kan man vissa månader ta ut mer vatten än vad som finns tillgängligt i magasinet. För att detta inte skall leda till felaktigheter i beräkningarna införs en undre gräns för magasinets storlek, W_{MIN} . När markvattenmagasinet är mindre än W_{MIN} , sker ingen avrinningsbildning. Däremot kan vattnet under nivån W_{MIN} utnyttjas för avdunstning.



Figur A 2.5.
 Schematisk bild av mark-
 vattenrutinen. Ingen av-
 rinningsbildning sker, då
 $W < W_{MIN}$.

Med denna utformning av markvattenrutinen får ekvation (5) formen:

$$\left[\begin{array}{l} QTOT = \gamma \cdot \frac{(W1-WMIN)+(W2-WMIN)}{2 \cdot (WMAX-WMIN)} \cdot PERC \\ W2 - WMIN = PERC - EVP - QTOT + (W1-WMIN) \end{array} \right. \quad W1, W2 > WMIN$$

$$\left[\begin{array}{l} QTOT = \gamma \cdot \frac{(W2-WMIN)}{2 \cdot (WMAX-WMIN)} \cdot (PERC - (WMIN-W1)) \\ W2 - WMIN = PERC - EVP - QTOT + (W1-WMIN) \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} W2 > WMIN, \\ W1 < WMIN \end{array}$$

$$\left[\begin{array}{l} QTOT = \text{Max}(0., PERC - EVP + (W1-WMIN)) \\ W2 - WMIN = 0 \text{ om } QTOT > 0 \\ W2 - WMIN = PERC - EVP + (W1-WMIN) \text{ om } QTOT = 0 \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} W1 > WMIN, \\ W2 < WMIN \end{array}$$

$$\left[\begin{array}{l} QTOT = 0 \\ W2 - WMIN = PERC - EVP + (W1-WMIN) \end{array} \right. \quad \begin{array}{l} W1 < WMIN, \\ W2 < WMIN \end{array}$$

A 2.8. BERÄKNING AV AVDUNSTNING OCH GRUNDTVATTENBILDNING I MODELL 2

I Modell 2 har i princip samma metoder använts för att beräkna avdunstning och grundvattenbildning som i "Atlas of World Water Balance" (jämför avsnitt A 2.3.). Vi har dock inte skilt mellan fältkapacitet och gräns för potentiell avdunstning, och γ har beräknats med samma uttryck som i Modell 1. Albedot har satts till 0.20 för öppen mark och till 0.15 för skog.

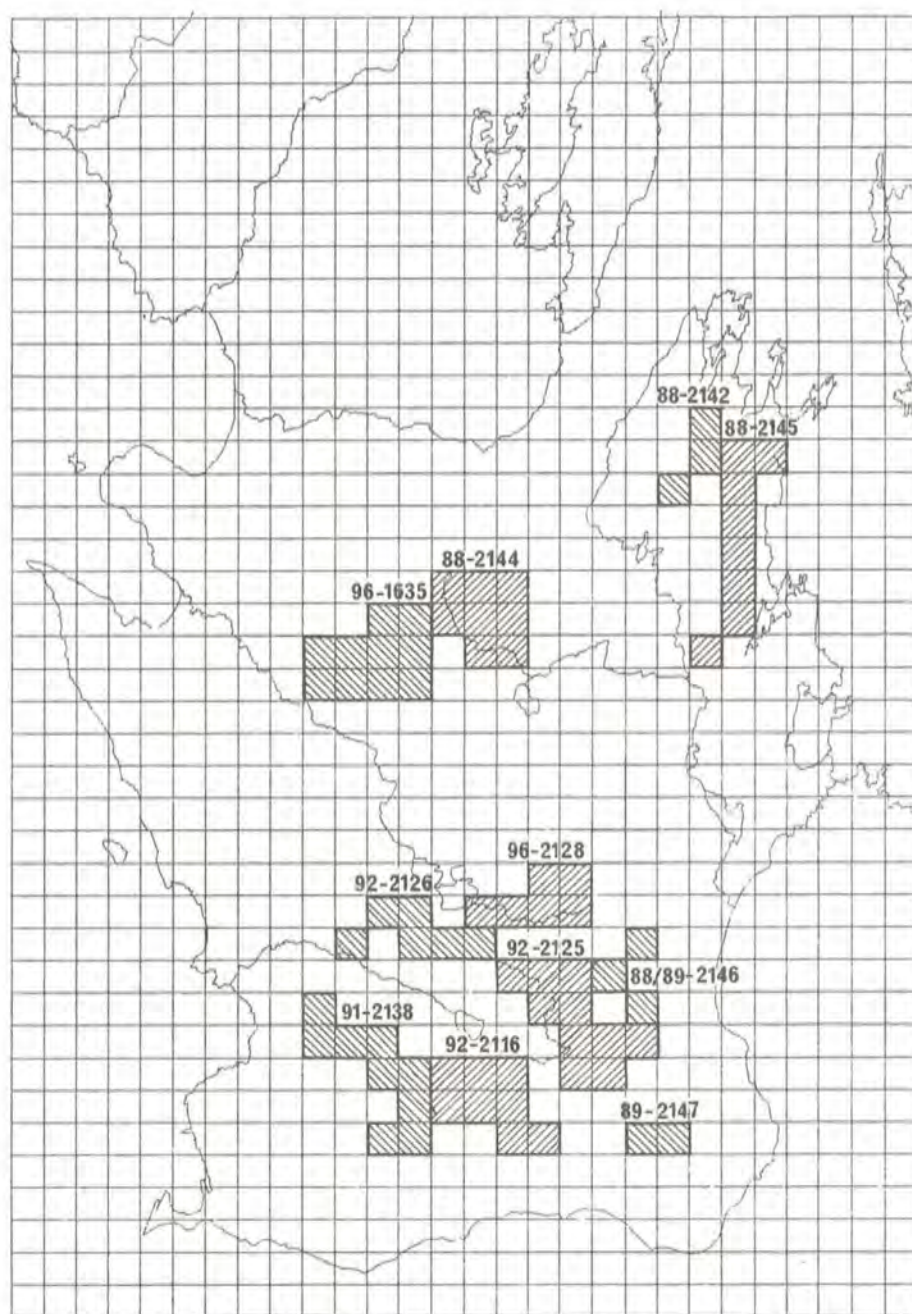
A 2.9. BERÄKNING AV AVRINNINGEN TILL VATTENDRAGEN I MODELL 1 OCH MODELL 2

Det grundvatten, som bildas, antas passera ett linjärt magasin med tidskonstanten K_1 , innan det når vattendraget (se figur A 2.1.). K_1 definieras på så sätt, att utflödet från magasinet vid tiden t , $Q(t)$, sätts till $\frac{1}{K_1} \cdot S(t)$, där $S(t)$ är magasinssinnehållet. Att använda sig av linjära grundvattenmagasin är ett vanligt sätt att beräkna avrinningen till vattendragen i vattenbalansmodeller, både i sådana baserade på månadsvärden och i sådana baserade på dygnsvärden. Tester med två linjära grundvattenmagasin - ett snabbt och ett långsamt - har gjorts inom Skåne-projektet men gav inte så stor förbättring av resultaten, att det kunde anses motiverat att införa ytterligare en parameter i modellen.

A 2.10. KALIBRERING AV MODELLERNA - OMRÅDESBESKRIVNING

Efter några inledande kalibreringsförsök valdes Modell 1 för konstruktion av vattenbalanskartan för hela Skåne. Den kalibrerades för 11 avrinningsområden, vars storlek varierade mellan ca 50 km² och 250 km². För jämförelser med Modell 2 valdes fyra områden ut, i olika delar av Skåne och med olika jordarter och markanvändning. Två av dessa områden användes också för jämförelser med HBV-modellen. Vid beräkningarna med månadsmedelvärden antogs avrinningsområdenas utbredning vara sådan, att de täcktes av ett antal ekonomiska kartblad (se figur A 2.6.). De områden, för vilka beräkningarna gjorts, stämmer alltså inte helt överens med områdenas verkliga utbredning, men skillnaden är så pass liten, att det inte torde påverka beräkningsresultatet. Den ruta om 5 x 5 km², som motsvaras av det ekonomiska kartbladet, används också som beräkningsenhet. Avrinning, avdunstning etc. från hela området beräknas som medelvärdet av de rutor, som ingår i området.

Beträffande landskapsinformationen har i andel öppen mark vid beräkningarna inkluderats myr och tätort. För Modell 1 har andel skog och öppen mark enbart betydelse för bestämning av den snösmältning, som används som indata till modellen. I Modell 2 påverkas också avdunstningsberäkningarna. De olika jordarterna (sand, morän, lera, torv) har tagits ut manuellt från den geologiska kartan. Därvid har inte gjorts någon



Figur A 2.6. Karta över områden använda vid kalibrering.

bestämning av fördelningen mellan jordarterna inom ett ekonomiskt kartblad. Om t ex enbart sand och morän finns inom en ruta, antas att andelen av båda är 0.5. Mängden torv är så liten, att det för den inte är möjligt att bestämma några karaktäristiska parametervärden, utan torv har inkluderats i andelen lera. Figur A 2.6. visar områdenas läge, och tabell A 2.1. ger de fysiografiska egenskaperna.

Tabell A 2.1. Fysiografiska egenskaper för områden använda vid kalibrering.

OMRÅDESNR	AREA km ²	ANDEL ÖPPEN MARK %	ANDEL SKOG %	ANDEL MYR %	ANDEL SJÖ %	ANDEL MORÄN %	ANDEL LERA %	ANDEL SAND %	MEDEL- HÖJD m
88-2145	215	24	62	13	1	63	31	6	112
88-2142	79	24	66	10	0	45	28	27	139
88-2144	207	33	57	9	1	52	27	21	113
96-1635	239	40	53	6	1	62	22	16	96
96-2128	142	64	30	5	1	50	50	0	144
92-2126	157	94	6	0	0	0	100	0	56
92-2125	260	88	11	1	0	22	63	15	112
92-2116	196	70	26	0	4	0	25	75	60
91-2138	223	83	17	0	0	6	83	11	52
88/89-2146	78	51	49	0	0	83	0	17	138
89-2147	63	98	02	0	0	0	50	50	66

A 2.11. KALIBRERINGSMETOD

Kalibreringen av Modell 1 och Modell 2 har gjorts med en automatisk optimeringsmetod, som är en modifierad version av Rosenbrocks metod (Rosenbrock, 1960, Clarke, 1973). Vid optimeringen minimeras en funktion av de i modellen ingående parametrarna. Denna funktion kan väljas på olika sätt, och de optimerade parametervärdena blir ofta beroende av vilken funktion, som används (se t ex Alley, 1984). En vanlig optimeringsfunktion, som också utnyttjats inom Skåne-projektet, är roten ur summan av kvadraterna på skillnaden mellan observerad och beräknad avrinning.

$$F = \sqrt{\sum_{i=1}^m (QREC_i - QCOM_i)^2}$$

$QREC_i$ = observerad avrinning månad i
 $QCOM_i$ = beräknad " " i
 m = antal månader.

Försök har även gjorts med en logaritmerad funktion:

$$F' = \sqrt{\sum_{i=1}^m (\ln(QREC_i) - \ln(QCOM_i))^2}$$

Skälet till att använda logarimterade värden hänger samman med den stora variationen i månadsvärdena. Vid användningen av de för Skåne framtagna månadsmedelvärdena är det möjligt, att ett fel på 1 mm under en månad med 5 mm avrinning är lika betydelsefullt som ett fel på 10 mm under en månad med 50 mm avrinning. Vid optimeringen ledde dock logaritmerade värden till större försämringar under månader med hög avrinning än till förbättringar under månader med låg avrinning.

Det finns många invändningar mot att använda automatiska kalibreringsmetoder. Eftersom parametrarna inte är inbördes oberoende, kan flera kombinationer ge samma värde på optimeringsfunktionen, d v s man får inte entydiga resultat (se t ex Soroochian och Gupta, 1983). Det är inte heller möjligt att göra subjektiva bedömningar eller sälla bort uppenbara fel i observerade värden. Men med den stora mängd kalibreringskörningar, som en utvidgning av systemet för hela Sverige skulle innebära, är förmodligen en automatisk kalibreringsmetod nödvändig.

A 2.12. KALIBRERING AV MODELL 1

Modell 1 har kalibrerats för de 11 områden, som visas i figur A 2.6. För de flesta av områdena finns mätningar endast från början eller mitten av 70-talet. De optimerade värdena på parametrarna γ_0 , WMAX och K1 ges i tabell A 2.2.

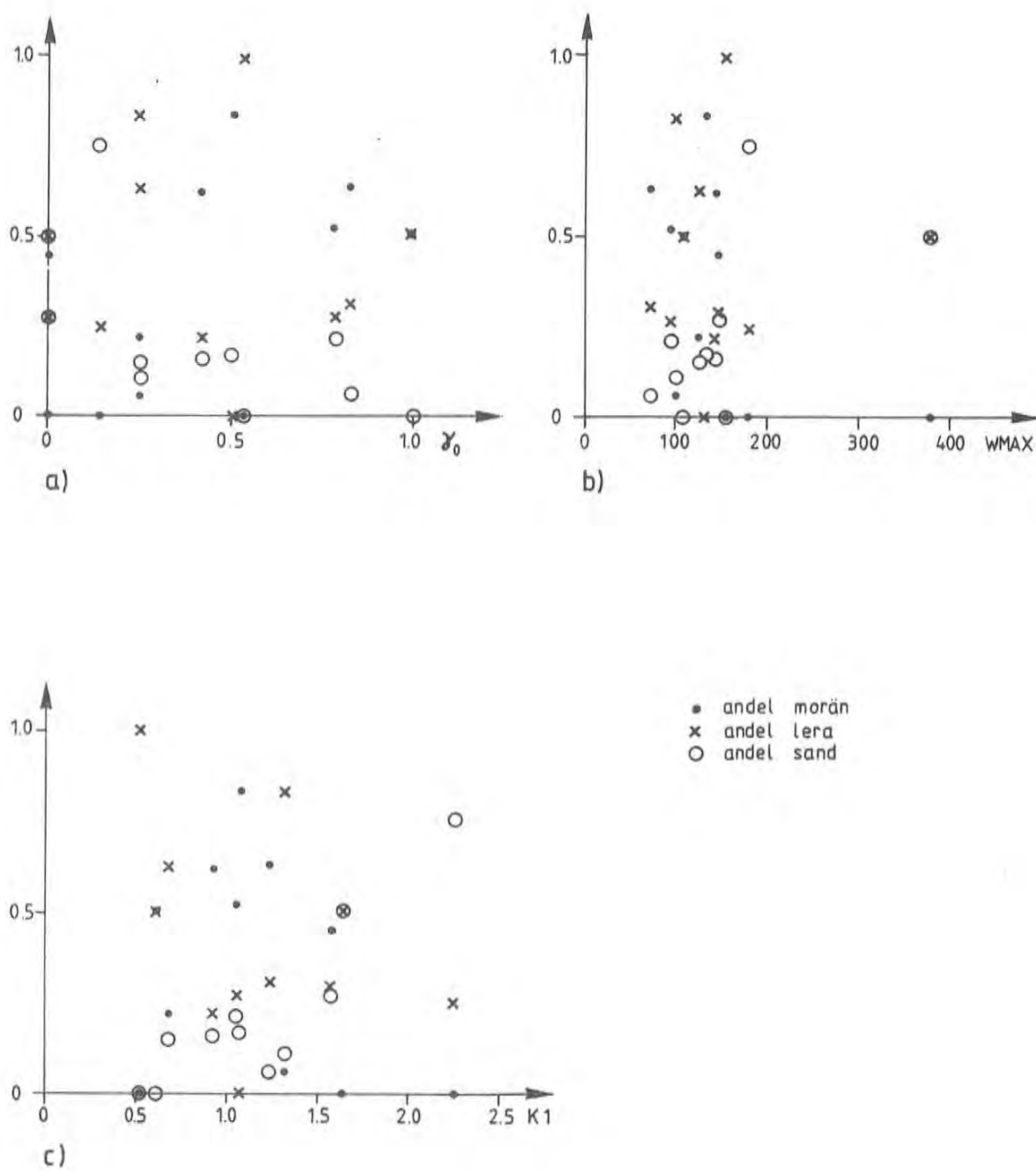
Tabell A 2.2. Optimerade parametervärden vid kalibrering med Modell 1.

OMRÅDESNR	γ_0	WMAX	K1	Kalibreringsperiod
88-2145	0.83	73	1.23	7410-8009
88-2142	0.00	148	1.57	7410-8009
88-2144	0.79	94	1.05	7410-8009
96-1635	0.42	143	0.92	6110-7809
96-2128	1.00	107	0.61	7310-8009
92-2126	0.53	155	0.52	7310-8009
92-2125	0.25	125	0.68	7310-8009
92-2116	0.14	179	2.25	7210-8009
91-2138	0.25	100	1.32	7310-8009
88/89-2146	0.50	133	1.07	7410-8009
89-2147	0.00	380	1.63	7410-8009

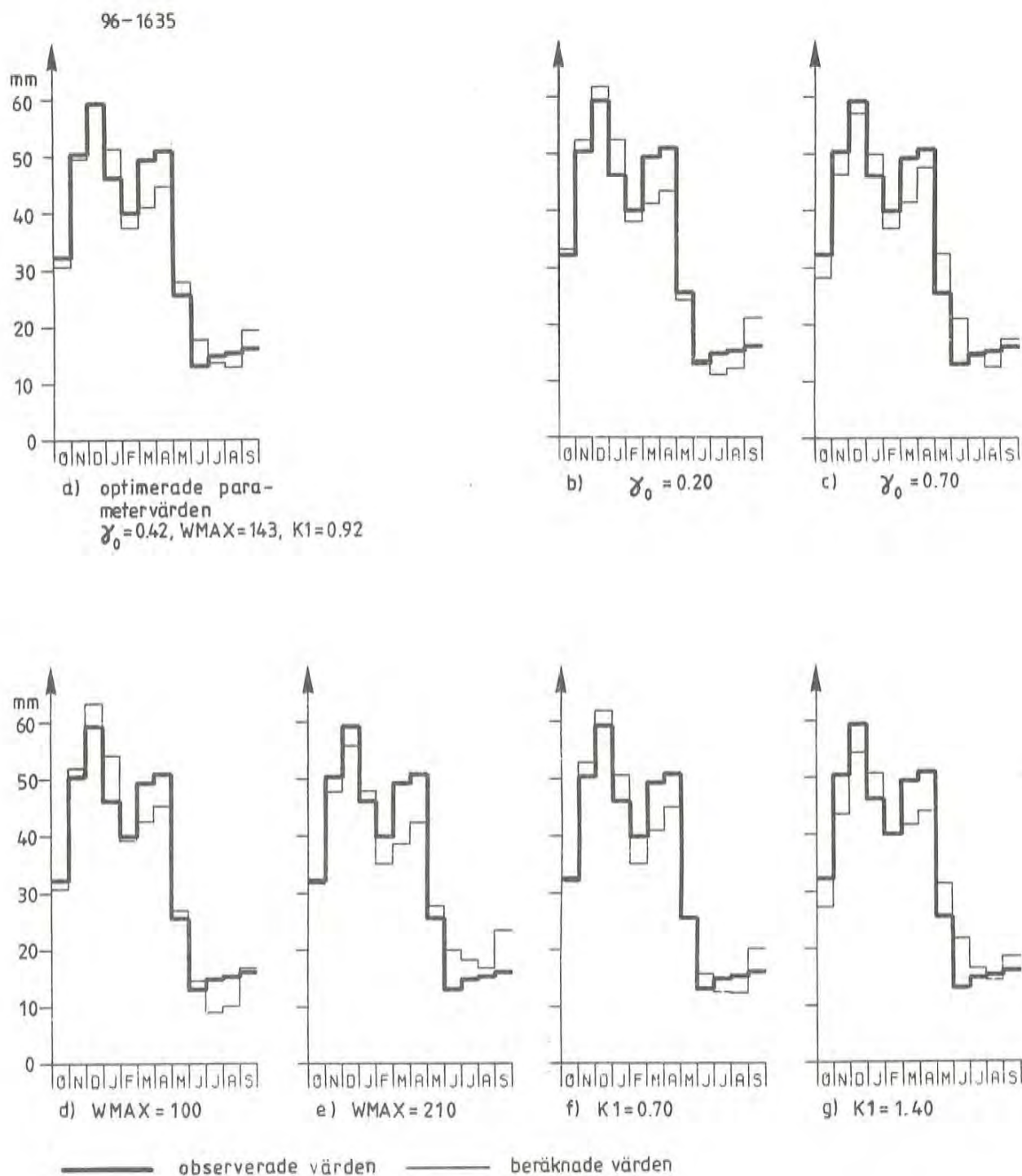
Som synes, varierar de optimerade parametervärdena kraftigt. Det är svårt att se något samband mellan parametervärden och fysiografiska data. I figurerna A 2.7. a) - c) har parametervärden plottats mot andel morän, sand och lera.

Möjligen kan slutsatsen dras, att hög andel sand medför höga värden på K1, och att hög andel lera ger låga värden på K1. För några områden är värdena på K1 t o m mindre än 1, vilket egentligen, enligt definitionen på tidskonstanten är omöjligt. Värdena har ändå accepterats, eftersom de inte leder till orimliga resultat.

De enskilda parametrarnas inverkan på beräknade månadsmedelvärden framgår av figurerna A 2.8. a) - g), där parametervärdena varierats kraftigt. Resultaten i a) är erhållna med optimerade parametervärden. Figurerna b) - e) visar, att minskat WMAX eller minskat γ_0 ger högre höst- och vinterflöden och lägre sommarflöden. Med högre K1 lagras mer vatten under vintern, vilket sedan rinner av under sommarmånaderna.



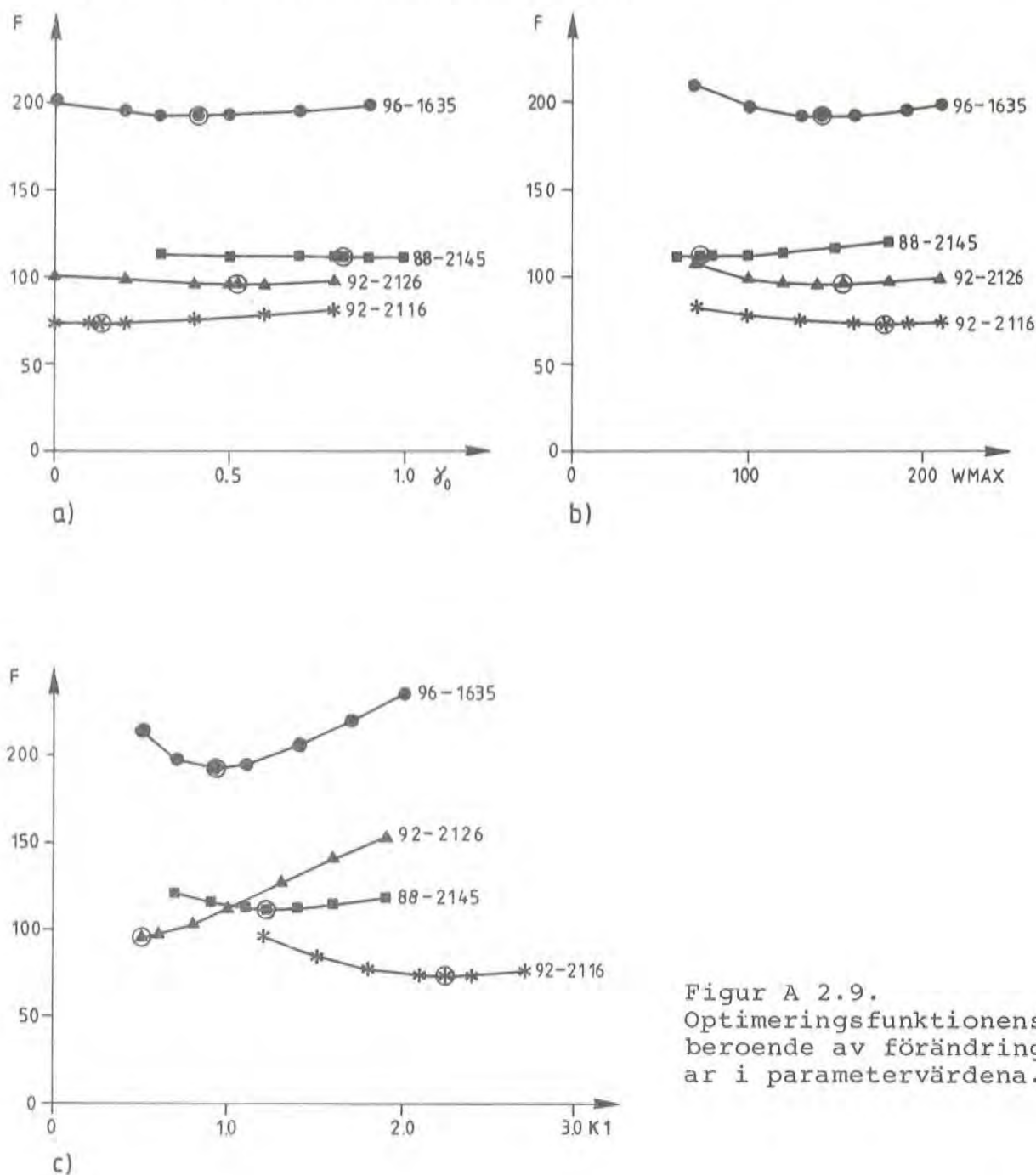
Figur A 2.7. De olika jordarternas andelar, plottade mot optimerade parametervärden.



Figur A 2.8. Olika parametervärdens inverkan på beräknade månadsmedelvärden av avrinning.

A 2.13. GENERALISERING AV PARAMETRAR

För att ett bättre underlag skall fås vid generaliseringen av parametrarna till hela Skåne har en förenklad känslighetsanalys gjorts för några områden. Både områden med extrema och "normala" parametervärden har valts ut. En parameter i taget har varierats och plottats med optimeringsfunktionens värde (figurerna A 2.9. a) - c). Mest känslig är optimeringsfunktionen för variationer i K_1 , medan måttliga förändringar av γ_0 och WMAX är av mindre betydelse.



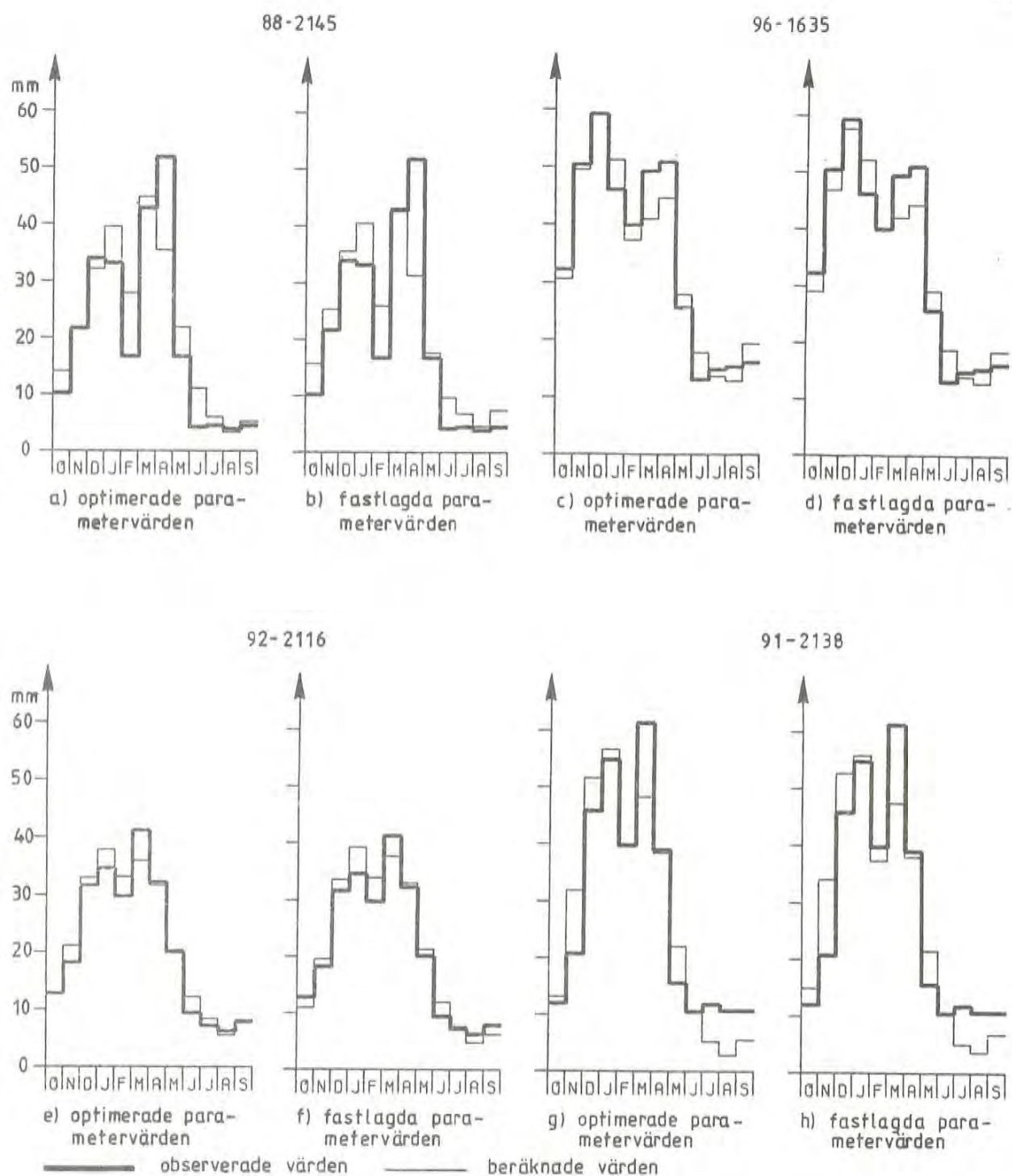
Figur A 2.9.
Optimeringsfunktionens
beroende av förändring-
ar i parametervärdena.

Resultaten från kalibreringskörningarna ger ingen grund för att γ_0 och WMAX skall kunna tilldelas värden utifrån geografiskt läge eller fysiografiska egenskaper. Känslighetsanalysen visar också, att det inte leder till alltför stora fel, om γ_0 och WMAX ges konstanta värden för hela Skåne. Vad beträffar K_l finns det visserligen få områden med hög andel sand, men eftersom högt K_l stämmer med hur ett sandområde förväntas fungera, finns det fog för att sätta ett stort värde på K_l för sand. Resultaten från kalibreringarna är mer motstridiga, när det gäller att kunna skilja lera och morän. Några områden med hög andel lera har mycket låga K_l -värden (92-2126, 92-2125, 96-2128), men detta gäller inte område 91-2138, som klart domineras av lera. Det är också otillfredsställande att tilldela K_l ett värde, som är mindre än 1, om inte starka skäl finns för det.

Underlagsmaterialet är så pass litet, att det inte går att med en statistisk metod fastställa parametervärden, som skall gälla för hela Skåne. Om man betraktar figurerna A 2.7. och A 2.9., tycks 130 vara ett lämpligt värde på WMAX. Det är större spridning på de optimerade γ_0 -värdena, men optimeringsfunktionen F tycks ändras mer, när γ_0 ges ett högre värde än det optimerade än vid motsatsen (se exempelvis område 88-2145, där F påverkas mycket lite, när γ_0 ändras från 0.83 till 0.30). Troligen bör därför ett lågt värde väljas för γ_0 , förslagsvis 0.35. Ett värde på K_l , som är 1.0 för lera och morän och 2.5 för sand, ger K_l något över 1 för de flesta områdena.

Att utgående från ett så här pass löst resonemang fastlägga parametervärden kan tyckas vårdslöst, men det är viktigt att komma ihåg, att det finns stora osäkerheter och felkällor både i modellansatsen och i indata till modellen.

Tabell A 2.3. ger optimeringsfunktionens värde för de 11 kalibrerade områdena, med optimerade och fastlagda parametervärden. Figur A 2.10. visar motsvarande kurvor för månadsmedelvärden för fyra områden i olika delar av Skåne.



Figur A 2.10. Månadsmedelvärden av avrinning, beräknade med optimerade och fastlagda parametervärden.

Tabell A 2.3. Optimeringsfunktionens (F) värde vid optimerade parametervärden och vid fastlagda parametervärden.

OMRÅDESNR	F-OPTIMERADE PARAMETERVÄRDEN	F-FASTLAGDA PARAMETERVÄRDEN
88-2145	111.4	114.5
88-2142	136.1	137.2
88-2144	121.2	123.7
96-1635	191.5	195.2
96-2128	124.4	137.1
92-2126	96.6	108.2
92-2125	104.5	120.1
92-2116	73.1	76.6
91-2138	128.7	128.1
88/89-2146	212.9	214.1
89-2147	95.0	112.6

För de flesta områdena blir skillnaden mellan beräkningarna med optimerade och fastlagda parametrar små. Störst blir försämringen för område 89-2147 med ett mycket högt WMAX vid optimeringen samt för områdena med låga Kl-värden.

A 2.14. NEDERBÖRDSKORREKTION

De parametrar, som optimeras vid kalibreringen av Modell 1, påverkar inte avdunstningen, d v s de har ingen betydelse för avrunnen volym under en längre tidsperiod. Eventuell brist på överensstämmelse mellan observerad och beräknad avrunnen volym måste därför korrigeras genom att nederbörden multipliceras med en faktor. Orsakerna till ett volymsfel i beräkningarna kan vara flera. Den fallna nederbörden underskattas i allmänhet vid mätningar på grund av att nederbörd blåser förbi mätaren, att vatten avdunstar och att inte mätaren töms helt vid avläsning. Hur stort mätfelet blir beror på mätarens placering och vindförhållanden. Eriksson (1983) har gjort uppskattningar av de korrektioner, som kan gälla för svenska nederbördsstationer. För stationer i Skåne har han erhållit värden mellan 1.13 och 1.30 för årsnederbörden. I volymsfelet ingår också felet i skattningen av avdunstningen.

Som redogjorts för tidigare i rapporten har inte samma klimatstationer utnyttjats för nederbördsinterpolationen under hela beräkningsperioden. Den korrektion av nederbörden, som krävs, kan därför variera mellan delperioderna. Vad beträffar korrektionen för snö måste den sättas innan snösmältningen beräknas och interpoleras. Det är därför besvärligt att pröva sig fram till en lämplig korrektion vid vattenbalansberäkningarna, utan ett konstant värde på 1.2 har satts. De korrektioner, som senare erhöles för regn, tyder på att snöfallskorrektionen borde ha satts något högre.

Vid kalibreringarna har det hydrologiska året utnyttjats, d v s beräkningsperioden har startat i oktober och avslutats i september. Detta har gjorts för att magasineringen under perioden skall bli så liten som möjligt.

Nederbördskorrektionen har då beräknats enligt ekvation (8):

$$P_{\text{rain}} \cdot PCORR + P_{\text{snow}} \cdot 1.2 = QREC + EVP \quad (8)$$

P_{rain} = regnnederbörd,

P_{snow} = snönederbörd,

$PCORR$ = korrektionsfaktor för regn,

$QREC$ = observerad avrinning,

EVP = beräknad avdunstning.

Som tidigare nämnts, finns mycket få vattenföringsstationer tillgängliga för hela perioden 1951-80. För beräkningen av nederbördskorrektioner har därför vattenföringsserier, förlängda med hjälp av regression, använts. De värden, som erhöles, varierade kraftigt, både mellan avrinningsområden och i tiden - se vidare tabell A 2.4.

Tabell A 2.4. Beräknade nederbördskorrekktioner för kalibrerade områden.

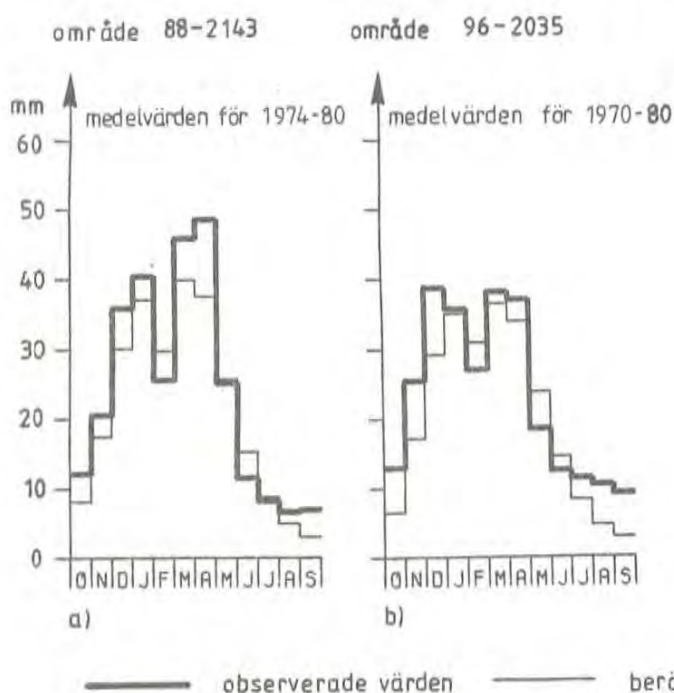
OMRÅDESNR	PCORR 51-60	PCORR 61-67	PCORR 68-72	PCORR 73-80
88-2145	1.16	1.01	0.94	0.85
88-2142	1.15	1.04	0.89	0.90
88-2144	1.29	1.22	1.12	1.03
96-1635	1.37	1.32	1.20	1.11
96-2128	1.39	1.32	1.23	1.10
92-2126	1.32	1.25	1.19	1.07
92-2125	1.34	1.26	1.24	1.11
92-2116	1.30	1.17	1.22	1.11
91-2138	1.42	1.34	1.38	1.25
88/89-2146	1.53	1.48	1.38	1.24
89-2147	1.37	1.25	1.36	1.13
Medelvärde (ej 2145, 2142, 2146)	1.35	1.27	1.24	1.11

För område 88-2145 och 88-2142 överskattas nederbörden vid interpolationen, vilket hänger samman med att enbart klimatstationer från Skåne använts. De värden, som erhålls på nederbördskorrekktionen där, är alltså inte representativa för övriga områden. Avrinningen från område 88/89-2146 skiljer sig avsevärt från övriga områden. Detta speglas i den beräknade nederbördskorrekktionen, som blir mycket hög. De stora skillnaderna i värden mellan olika tidsperioder kan inte förklaras i skillnader i mätmetodik, däremot är antalet stationer betydligt större under 70-talet än tidigare under perioden.

Något geografiskt mönster i värdena på nederbördskorrekktionen går inte att finna. För varje delperiod har därför vid beräkningarna för hela Skåne ett medelvärde för områdena i tabell A 2.4. använts. Områdena 88-2145, 88-2142 och 88/89-2146 har uteslutits vid medelvärdesbildningen.

A 2.15. RESULTAT MED GENERALISERADE PARAMETERVÄRDEN OCH NEDERBÖRDSKORREKTIONER

Körningar med de slutligt valda parametervärdena och nederbördskorrektionerna har gjorts för samtliga områden, som användes vid kalibreringen. Dessutom har simuleringar gjorts för två större områden, som inte utnyttjats för kalibreringar, 96-2035 och 88-2143. De beräknade månadsmedelvärdena för dessa områden framgår av figur A 2.11.



Figur A 2.11.
Beräknade och observerade avrinningsvärden, med fastlagda parametervärden och nederbördskorrektioner, för områden ej använda vid kalibreringen.

Medelfelet i de enskilda månadsvärdena har beräknats till 46 % av medelvärdet. De områden, som använts för bestämning av detta värde, är samma områden som nederbördskorrektionen beräknats från, samt 96-2035 och 88-2143. Siffran 46 % kan jämföras med de 40 % Alley (1984) ger för modellberäkning i kalibrerade områden. Även medelfelen i de beräknade månadsmedelvärdena har bestämts och ges i tabell A 2.5.

Vid bedömningen av medelfelet bör man observera, att medelvärdena är beräknade för olika tidsperioder och att det inte kan antas, att felet är normalfördelat, så att medelfelet anger ett 67 %-igt konfidensintervall för medelvärdet. En mer

djupgående feluppskattning hade varit önskvärd för ett bättre fastställande av noggrannheten i medelvärdena. En sådan är emellertid tidskrävande och har inte rymts inom Skåne-projektet.

Tabell A 2.5. Medelfel i beräknade månadsmedelvärden.

	MEDEFEL (mm)	MEDELVÄRDE (mm)
OKT	4.4	15.7
NOV	5.5	27.3
DEC	7.4	46.3
JAN	8.5	44.1
FEB	8.9	29.6
MAR	12.7	52.7
APR	10.1	43.0
MAJ	7.4	18.1
JUN	4.6	9.9
JUL	4.0	9.9
AUG	4.6	7.8
SEP	5.8	8.9
ÅR	43.9	287.4

A 2.16. JÄMFÖRELSE MED MODELL 2

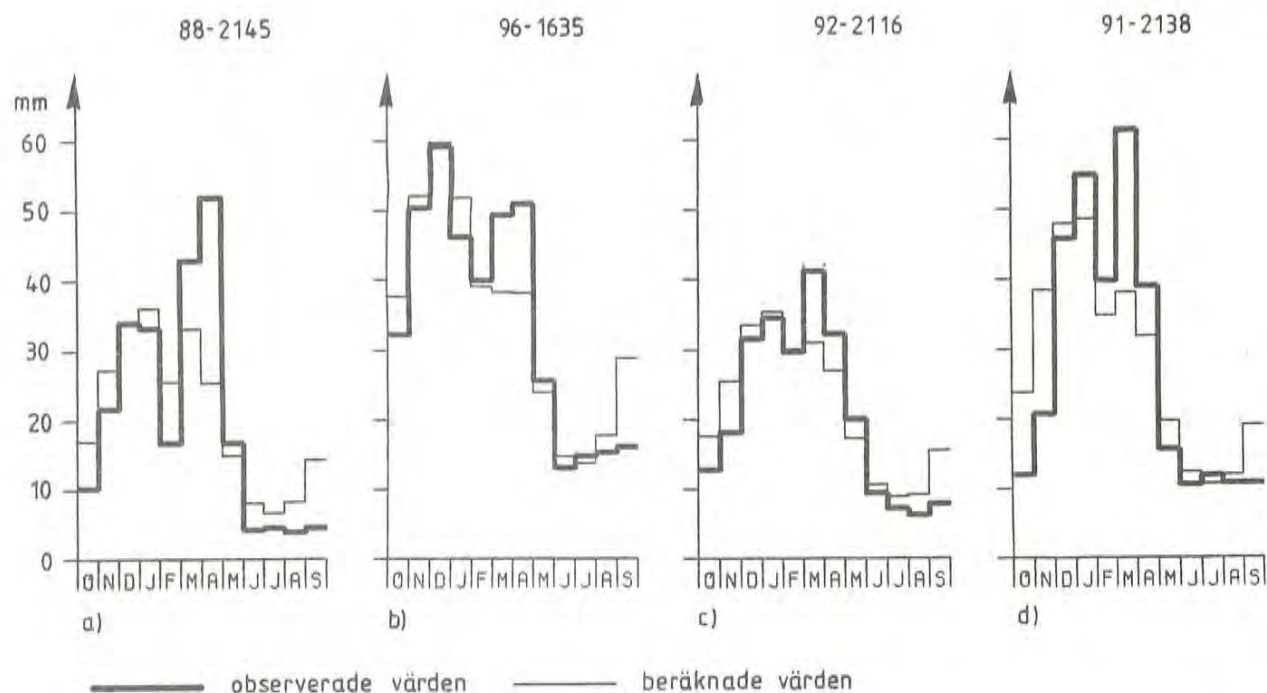
Jämförelsen mellan Modell 1 och Modell 2 har genomförts för områdena 88-2145, 96-1635, 92-2116 och 91-2138.

I Modell 2 påverkas den beräknade avdunstningens storlek av värdena på parametrarna γ_0 och WMAX. Det är därför inte möjligt att beräkna en nederbördskorrektion på samma sätt som gjordes för Modell 1. I stället får man pröva sig fram med olika korrektioner tills volymerna stämmer. Som en första ansats användes här de korrektioner, som bestämts för Modell 1. För områdena 88-2145 och 96-1635 gav de en bra volymsöverensstämmelse, men för de två andra fick korrektionen minskas med över 10 %. I tabell 6 ges optimeringsfunktionens värde för Modell 2 efter kalibrering. Figur A 2.12. visar beräknade och observerade månadsmedelvärden av avrinning. Tabell A 2.6. kan jämföras med tabell A 2.3. och figur A 2.12. med figur A 2.10.

Tabell A 2.6. Optimeringsfunktionen F för områden kalibrerade med Modell 2.

OMRÅDESNR	F-OPTIMERADE PARAMETERVÄRDEN
88-2145	134.7
96-1635	209.3
92-2116	85.3
91-2138	153.3

Framför allt av figurerna framgår, att Modell 2, åtminstone med den automatiska optimeringsmetoden, ger sämre resultat än Modell 1.



Figur A 2.12. Månadsmedelvärden av avrinning, beräknade med Modell 2 med optimerade parametervärden.

A 2.17. JÄMFÖRELSE MED HBV-MODELLEN

För jämförelsen med Modell 1 har HBV-modellen kalibrerats för områdena 96-1635 och 92-2116.

HBV-modellen har ett ganska stort antal parametrar. Vid kalibreringen görs körningar med olika parameteruppsättningar. De beräknade vattenföringsserierna bedöms av en hydrolog, som avgör vilken parameteruppsättning, som är "bäst". Vid den här gjorda jämförelsen har helt normala kalibreringar gjorts, men det skulle vara möjligt att lägga fast de flesta parametervärdena och endast variera ett fåtal för att förenkla kalibreringen.

Som ett hjälpmedel vid bedömningen av vattenföringsserierna används för HBV-modellen R^2 -värdet, som beräknas enligt (9). För dem, som är vana vid att använda R^2 -värdet, anges detta vid jämförelsen mellan Modell 1 och HBV-modellen.

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^m (QREC_i - QMED)^2 - \frac{1}{m} \left(\sum_{i=1}^m (QREC_i - QCOM_i) \right)^2}{\sum_{i=1}^m (QREC_i - QMED)^2} \quad (9)$$

$QREC_i$ = observerad avrinning månad i ,
 $QMED$ = medelavrinning,
 $QCOM_i$ = beräknad avrinning månad i

R^2 -värdet är 1 vid perfekt överensstämmelse mellan observerad och beräknad avrinning.

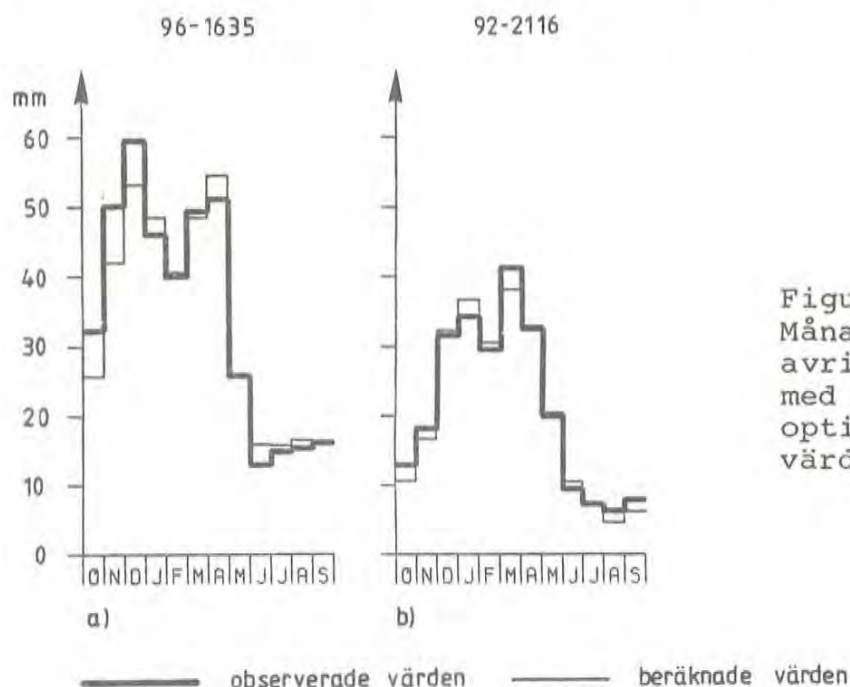
Vid HBV-modellkörningarna har nederbörd från tre närbelägna stationer använts. De har viktats mot avståndet från områdets tyngdpunkt. De parameteruppsättningar, som erhållits för de två områdena, skiljer sig åt för 8 parametrar. Den enda nederbörds-korrektion, som använts, är 1.1 för snö. Optimeringsfunktionens (F) värde för 96-1635 (perioden 1961-78) blir för HBV-modellen (på månadsvärden) 148.3 och R^2 -värdet 0.86.

Motsvarande värden för Modell 1 är 191.5 respektive 0.76. För område 92-2116 (perioden 1972-80) blir med HBV-modellen $F = 49.1$ och $R^2 = 0.89$, och med Modell 1 blir $F = 73.1$ och $R^2 = 0.77$.

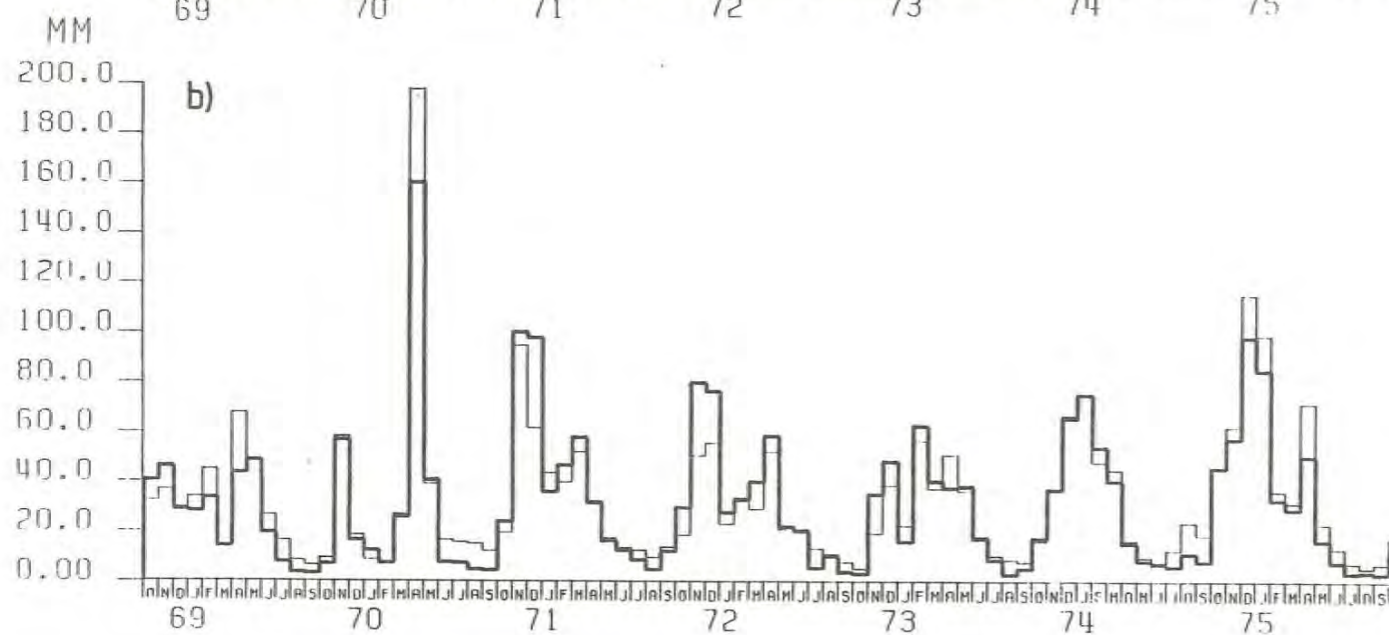
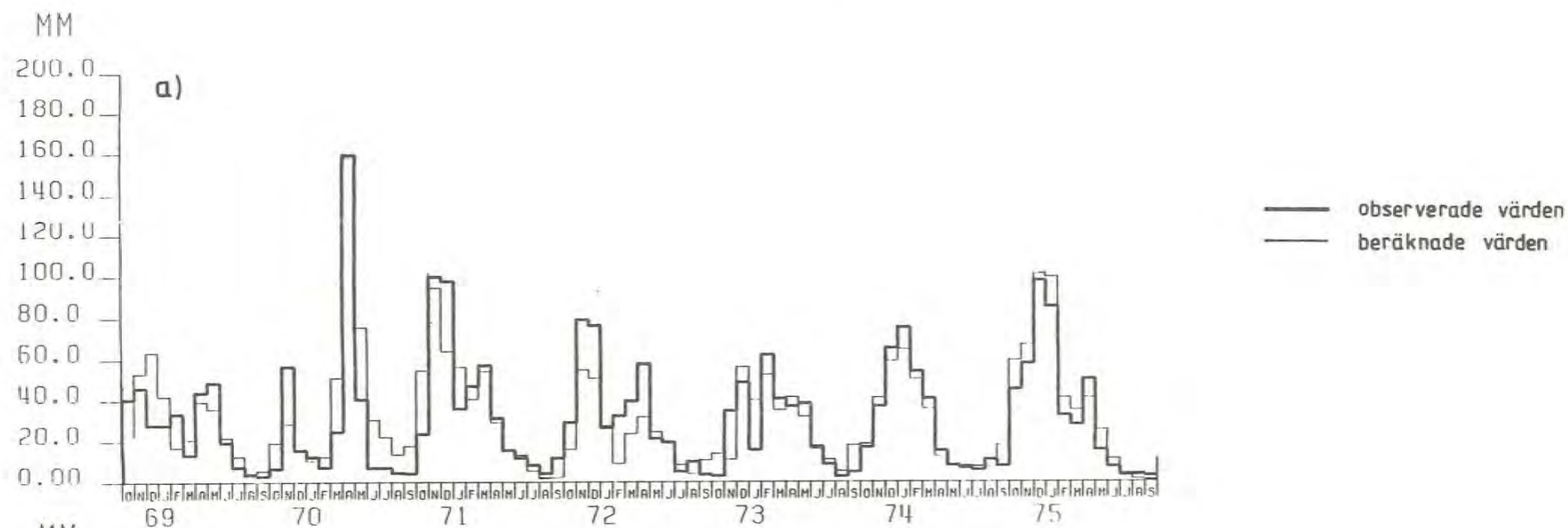
I figur A 2.13. har observerade och HBV-modellberäknade månadsmedelvärden av avrinningen plottats. Om man jämför figur A 2.13. med figurerna A 2.10. c) och e), ser man att för 96-1635 ger Modell 1 bättre värden under oktober till december men går sedan sämre. För 92-2116 ger HBV-modellen allmänt bättre värden, Modell 1 går en aning bättre för augusti till oktober. Mest utmärkande är att marsvärdet blir lägre med Modell 1 än med HBV-modellen.

Av de här jämförelserna är det inte möjligt att dra slutsatsen att beräkningar med dygnsvärden ger avsevärt bättre månadsmedelvärden än beräkningar med månadsvärden. De felkällor, som kommer till vid generalisering av parametrar och nederbördskorrekktioner, blir lika stora för dygnsbaserade avrinningsmodeller.

De högre R^2 -värdena för HBV-modellen visar, att dygnsvisa beräkningar bättre beskriver variationer i tidsserien.



Figur A 2.13
Månadsmedelvärden av avrinning, beräknade med HBV-modellen med optimerade parametervärden.



Figur A 2.14.
Observerade och beräknade
månadsvärden av avrinning.
a) Beräkningar med
Modell 1,
b) beräkningar med
HBV-modellen

Figur A 2.14. är en plottning av enskilda månadsvärden, beräknade med Modell 1 respektive HBV-modellen.

A 2.17. SKÅNES VATTENBALANS

Med de generaliserade parametervärdena har 30-årsmedelvärden av vattenbalanselementen beräknats för Skåne med Modell 1. De variabler, som redovisas, är nederbörd, avdunstning, total avrinning och avrinning.

30-årsmedelvärdena presenteras i kartform, dels ges värdena rutvis, dels delavrinningsområdesvis. För varje ruta resp. delavrinningsområde anges ett intervall, inom vilket 30-årsmedelvärdet ligger. Intervallets bredd har valts till dubbla medelfelet i avrinningen, vilket bestämts enligt avsnitt A 2.15. Intervallbredden varierar då mellan månaderna - tabell A 2.7. ger siffrorna.

Tabell A 2.7. Intervallbredd för kartpresenterade vattenbalansvärden, om bredden väljs till 2 x medelfelet i avrinningen.

	O	N	D	J	F	M	A	M	J	J	A	S	ÅR
INTERVALL- BREDD (mm)	10	10	15	20	20	25	20	15	10	10	10	10	100

I de provkartor, som finns med i den här rapporten, är den valda intervallbredden mindre. Därigenom fås en bättre uppfattning om hur stora variationerna är för Skåne, men det ger en överdriven bild av noggrannheten i beräkningarna.

Förutom provkartor med medelvärden finns ett exempel med, som visar variationskoefficienten för avrinningen. En förutsättning för att det skall vara meningsfullt att ange variationskoefficienten för de beräknade tidsserierna är att modellen, som används, väl beskriver variansen i de observerade serier-

na. Modellens R^2 -värde är för de 10 områden, som tidigare använts för felberäkningar, som lägst 0.65 och ligger för de allra flesta områdena mellan 0.7 och 0.8 - som högst 0.81. Detta är så pass höga värden, att den angivna variationskoefficienten bör vara användbar.

A 2.18. SLUTSATSER AV MODELLTESTER

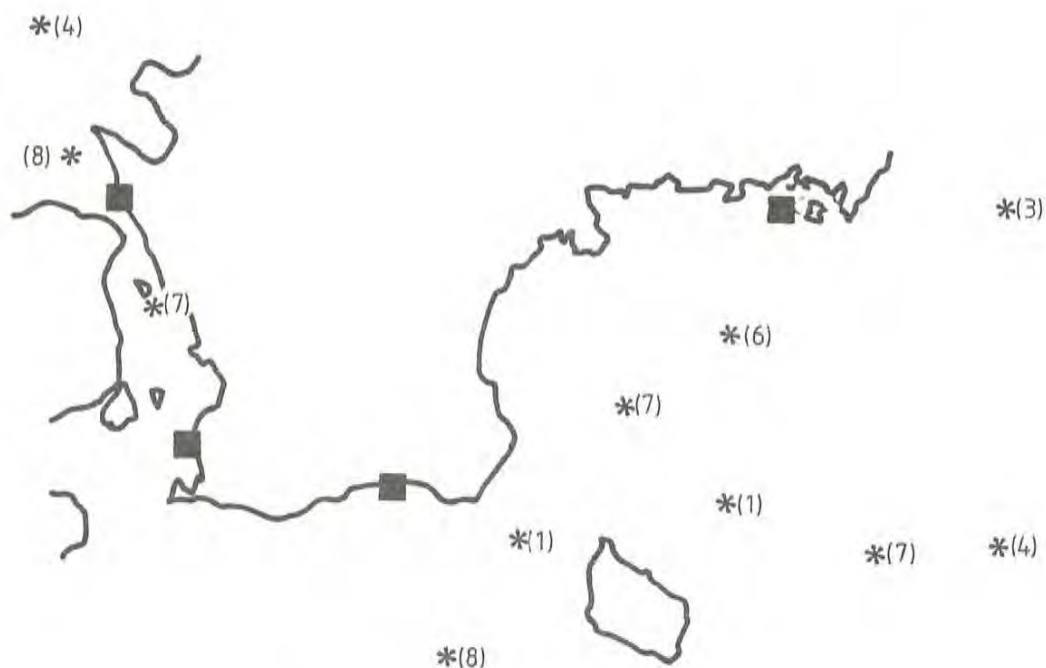
För den modell, som valts för beräkning av vattenbalanselementen för hela Skåne, har medelfelet i månadsvärden av avrinning bestämts till 46 % av medelvärdet. Detta medelfel gäller för generaliserade modellparametrar och nederbördskorrektioner. Vid den noggranna genomgång av olika vattenbalansmodeller baserade på månadsvärden, som redovisas av Alley (1984), har medelfelet för samtliga modeller bestämts till 40 % av medelvärdet vid optimerade parametervärden. Man kan därför förmoda, att med månadsbaserade modeller kan endast marginella förbättringar uppnås jämfört med Modell 1.

En ökad precision erhålls med dygnsbaserade modeller, men de jämförelser, som gjorts med HBV-modellen, tyder inte på en så stor förbättring, att det motiverar den ökade beräkningsinsatsen.

ANDRA OCEANOGRAFISKA UPPGIFTER

Vattenkemiska data, vattenstånd, ström, spridningsförhållanden, isförhållanden är andra grundläggande oceanografiska uppgifter, vars karaktäristika vore värdefullt att i någon form ha framställda på kartbilder regionalt för ett vattenområde.

Totalfosfor är en relativt väl observerad vattenkemisk variabel (se figur), men tillgängligt material har i detta projekt inte bedömts medge en yttäckande regional kartbild. Detta utesluter inte, att redovisning av punktuppgifter på karta kan vara en lämplig framställning. Yttäckande kartbilder i riksskala med mindre krav på upplösning är troligen möjliga att ta fram.



* Stationer för totalfosfor och antal observationer i olika program maj 1972 - 81

■ SMHI:s vattenståndsstationer

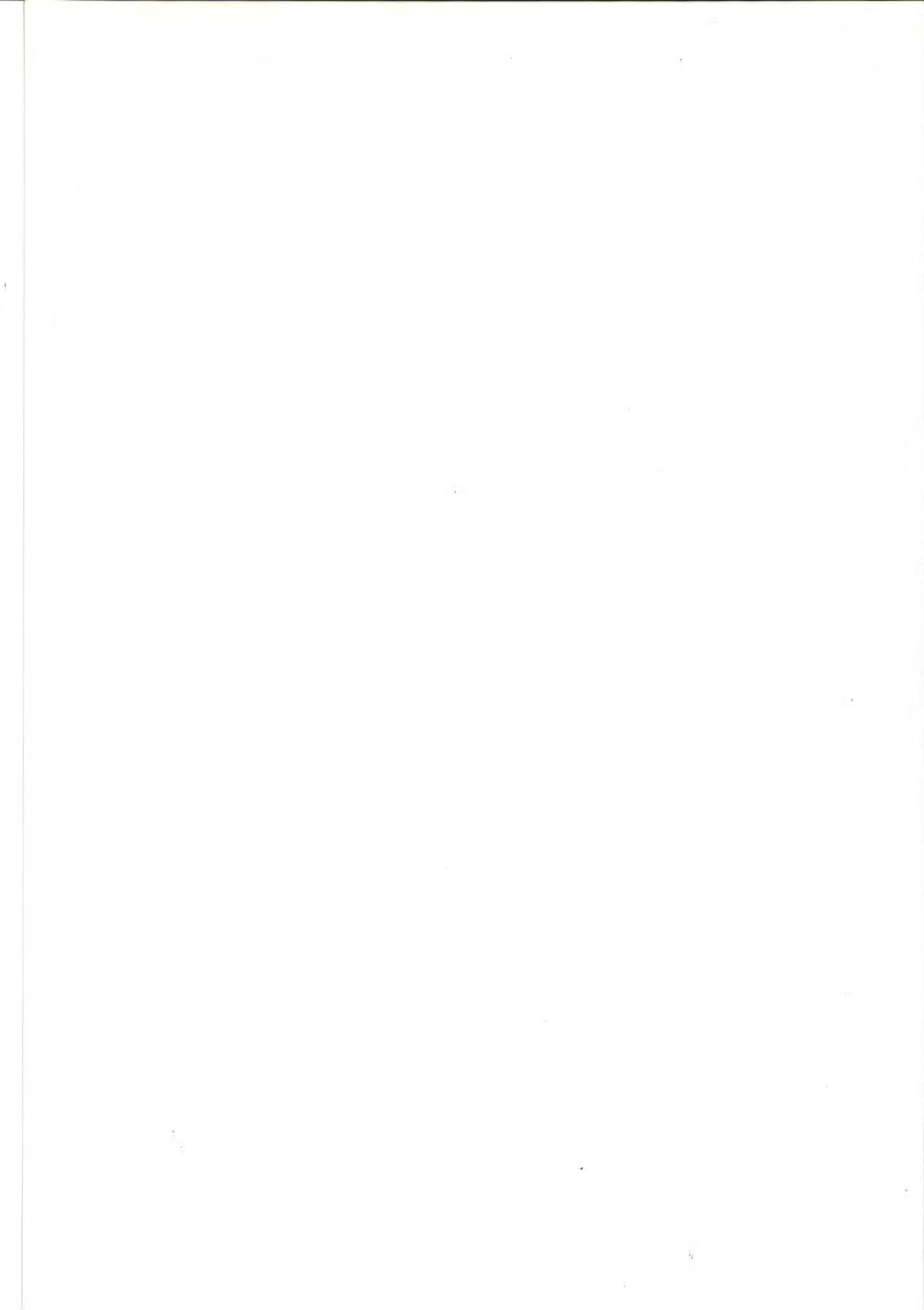
Stationslägen med antal observationer.

Vattenstånd, som huvudsakligen observeras längs kustlinjen, har inte i detta projekt bedömts meningsfullt att framställa på karta. Tillgängliga karaktäristiska uppgifter i tabell eller diagram med stationslägen på karta, t ex som i klassiska Bergsten (1951), förefaller alltså som en lämplig presentationsform. Figuren visar var SMHIs vattenståndsstationer i området ligger. Särskilda beräkningsmodeller och/eller modern fjärranalys kan ge andra möjligheter, exempelvis yttäckande karaktäristiska uppgifter även ute i havet och särskilda karaktäristiska längs kustlinjen i en upplösning, som medger redovisning av särdrag för större vikar och fjärdar.

Från Öresund finns ett omfattande material av mätningar och beräkningar av ström inklusive skisserde strömbilder, se t ex Wändahl, Bergstrand (1972). I övrigt finns punktvisa eller kortvariga observationsserier samt försök med strömsimuleringar i numerisk modell, se t ex Gidhagen (1984). Med hjälp av simuleringar i numerisk modell och verifierande observationer kommer det troligen att bli möjligt att framställa karaktäristiska strömuuppgifter på karta i regional skala, exempelvis huvudströmriktningar och strömhastigheter med deras spridning för olika vindsituationer och/eller årstider.

Undersökningar, som ger en uppfattning om spridningsförhållanden, t ex spårämnesförsök, finns vid en del utsläppslägen, liksom försök med simulering av spridning i numerisk modell. Spridning uttrycker egentligen en relation mellan en källa med bestämt läge och resulterande halter på andra ställen och kan i så måtto inte framställas fullständigt på en kartbild. Däremot kan man välja någon särskild karaktärisering för en kartbild, och det är troligen möjligt att på så vis ge en värdefull överblick över ett område - exempelvis genom att i en områdesindelning i standardrutor eller andra områdesformer ange uppskattade utbytestider eller medelhalter i delområdena för tänkta enhetsutsläpp, kompletterat med frekvensbilder för halter från valda utsläppspunkter för att ge en uppfattning om avstånds- och riktningsberoende.

Uppgifter om karaktäristiska isförhållanden finns tidigare redovisade på rikskarta (SMHI och Finska Havsforskningsinstitutet, 1982).



HB-RAPPORTER

- | | | | |
|----|--|----|--|
| Nr | Titel | | |
| 1 | Hydrologiska undersökningar i Kasasjöåns representativa område
Meddelande nr III: Vattenomsättningen i Lilla Tiv-sjöns område 1966/67 - 1972/73
av A Waldenström
Stockholm 1974 | 26 | Strömmätningar i Himmerfjärden 1976
av E Bergstrand
Norrköping 1977 |
| 2 | Hydrologiska undersökningar i Lappträskets representativa område
Meddelande nr IV: Nederbörd och vattenomsättning
av M Persson
Stockholm 1974 | 27 | Oceanografiska observationer i Östersjön 1977 med kustbevakningens båtar
av U Ehlin och B Juhlin
Norrköping 1978 |
| 3 | Oceanografiska observationer i Östersjön 1973 med kustbevakningens båtar samt från isbrytare
av U Ehlin och B Juhlin
Stockholm 1974 | 28 | Slutrapport över hydrologiska undersökningar i Velens representativa område
av A Waldenström
Norrköping 1977 |
| 4 | Oceanografiska undersökningar i Ålands hav
Meddelande nr 1: Mätningar juni - september 1973
av U Ehlin och C Ambjörn
Stockholm 1974 | 29 | Slutrapport över hydrologiska undersökningar i Kasasjöåns representativa område
av A Waldenström
Norrköping 1977 |
| 5 | SMHI-rapport
Verification of heated water jet numerical model
by James G Weil
Stockholm 1974 | 30 | Oceanografiska undersökningar i Ålands hav
Meddelande nr 5: Mätresultat 1977, vatten- och materialtransportberäkningar ur 1974 och 1975 års mätningar
av C Ambjörn
Norrköping 1978 |
| 6 | Hydrologiska undersökningar i Lappträskets representativa område
Meddelande nr V: Markvattenstudier
av T Milanov
Stockholm 1975 | 31 | Basnät för vattentemperatur
Stationsförteckning 1978-01-01
av O Cabelis och A Moberg
Norrköping 1978 |
| 7 | Hydrologiska undersökningar i Lappträskets representativa område
Meddelande nr VI: Vattenomsättningen 1968-73 med feluppskattning
av M Persson
Stockholm 1975 | 32 | Operational Hydrological Forecasting by Conceptual Models
av S Bergström, M Persson och B Sundqvist
Norrköping 1978 |
| 8 | Hydrologiska undersökningar i Kasasjöåns representativa område
Meddelande nr IV: Snötaxering 1974 och vattenomsättning 1969-73
av A Waldenström
Stockholm 1975 | 33 | Slutrapport över hydrologiska undersökningar i Lappträskets representativa område
av M Persson
Norrköping 1978 |
| 9 | Snösmältningen i en punkt som funktion av meteorologiska data
av S Jönsson
Stockholm 1975 | 34 | Oceanografiska observationer runt svenska kusten med kustbevakningens båtar
av U Ehlin och B Juhlin
Norrköping 1979 |
| 10 | Oceanografiska undersökningar i Ålands hav
Meddelande nr 2: Mätningar okt-dec 1973 och juli - sept 1974
av U Ehlin och C Ambjörn
Stockholm 1975 | 35 | Utvärdering av 1979 års vårflödesprognoser
av S Bergström och S Jönsson
Norrköping 1979 |
| 11 | Oceanografiska observationer i Östersjön 1974 med kustbevakningens båtar samt från isbrytare
av U Ehlin och B Juhlin
Stockholm 1975 | 36 | Oceanografiska observationer i Östersjön 1979 med kustbevakningens båtar
av U Ehlin och B Juhlin
Norrköping 1980 |
| 12 | Vattenomsättningsstudier och flöde i Stormyra-området
av L Liljequist och L Sterner
Stockholm 1975 | 37 | Vårflödesvolymprognoser baserade på analys av nederbördskartor
av S Jönsson
Norrköping 1980 |
| 13 | Hydrologiska undersökningar i Lappträskets representativa område
Meddelande nr VII: Avrinningen och dess variationer inom området
av M Persson
Norrköping 1976 | 38 | Resultat och erfarenheter av förätkvarksamhet med utökad vattenprovtagning från kustbevakningens båtar
av B Juhlin och B Carlsson
Norrköping 1980 |
| 14 | Vattenomsättningsstudier m m i Velens och Kasasjöåns representativa områden
av A Waldenström
Norrköping 1976 | 39 | Sedimenttransport i svenska vattendrag 1979
av M Brandt
Norrköping 1980 |
| 15 | Strömmätningar i sundet mellan Värmlandsjön och Dalbojön, Väner
Vänerundersökningen. Meddelande nr 1
av B Carlsson och M Brandt
Norrköping 1976 | 40 | Sluttransport till Miljödatanämnden över projekt MI - 01.2. Systemutredning rörande samordnade uttag av information ur MI och SMHIs maskinella register
av T Milanov och B Sundqvist
Norrköping 1980 |
| 16 | Oceanografiska observationer i Östersjön 1975 med kustbevakningens båtar samt från isbrytare
av U Ehlin och B Juhlin
Norrköping 1976 | 41 | Användning av vädersatellitdata för att studera ytvattentemperatur
av G Wennerberg
Norrköping 1980 |
| 17 | Oceanografiska undersökningar i Ålands hav 1975
Meddelande nr 3: Mätningar 1974-75. Vattentransporter
av U Ehlin och C Ambjörn
Norrköping 1976 | 42 | Nordisk hydrologi i utveckling. Tillägnad Ragnar Melin
av A Forsman, J Otnes, M Falkenmark, E Kuusisto, R Lemmela och J Lundager-Jensen
Norrköping 1980 |
| 18 | Tillämpning av HBV-2 modeller på regleringsmagasin i Ångermålvägen
av S Bergström och S Jönsson
Norrköping 1976 | 43 | Beräkning av en föroreningstransport och blandning i en grund istäckt sjö
av U Ehlin, I Hork och J Svensson
Norrköping 1980 |
| 19 | Grundvattenståndsmätningar i Ångermålvägens övre tillrinningsområde
av T Milanov
Norrköping 1976 | 44 | Utvärdering av 1980 års vårflödesprognoser
av S Bergström, M Haggström och M Persson
Norrköping 1980 |
| 20 | Beräkning av frekvenser av torrår
av L Gottschalk
Norrköping 1976 | 45 | Mätningar av sjötemperatur vid SMHI
av A Moberg
Norrköping 1981 |
| 21 | Hydrografi och sändaugning
av M Brandt
Norrköping 1976 | 46 | Oceanografiska observationer runt svenska kusten med kustbevakningens båtar 1980
av B Juhlin
Norrköping 1981 |
| 22 | Hydrologiska undersökningar i Lappträskets representativa område
Meddelande nr VIII: Vattenomsättning och avdunstning under perioden 1968-76
av M Persson
Norrköping 1976 | 47 | Temperaturmätningar vid Visby
av B Broman
samt
Spridning av utsläppt vatten
av B Vasseur
Norrköping 1981 |
| 23 | Oceanografiska observationer i Östersjön 1976 med kustbevakningens båtar
av U Ehlin och B Juhlin
Norrköping 1977 | 48 | Användning av satellitdata från Landsat för studium av vattengränslinor
av G Wennerberg
Norrköping 1981 |
| 24 | Oceanografiska undersökningar i Ålands hav
Meddelande nr 4: Mätningar 1975-76, vatten-, värme- och materialtransportberäkningar
av U Ehlin och C Ambjörn
Norrköping 1977 | 49 | Utvärdering av 1981 års vårflödesprognoser
av S Bergström, M Haggström och M Persson
Norrköping 1981 |
| 25 | Ström- och vattentransportstudier i norra Öresund, sydöstra Kattegatt och i Skälderviken
av M Brandt
Norrköping 1977 | 50 | Oceanografiska observationer runt svenska kusten med kustbevakningens båtar 1981
av B Juhlin
Norrköping 1982 |
| | | 51 | Sedimenttransport i svenska vattendrag 1980
av M Brandt
Norrköping 1982 |
| | | 52 | The areal precipitation index method - A simple method to forecast the spring flood volume
by M Haggström
Norrköping 1982 |
| | | 53 | Vågdata från svenska kustvatten 1981
av J Svensson
Norrköping 1982 |

HO-RAPPORTER

- 1 Metod för homogenitetkontroll av meteorologiska och hydrologiska observationsserier av Sven-Erik Westman Norrköping 1982
- 2 Utvärdering och modelsimulering av grundvattenmätningarna i Ångermanälvens övre tillrinningsområde av O Sandberg Norrköping 1982
- 3 Oceanografiska observationer runt svenska kusten med kustbevakningens båtar 1982 av B Juhlin Norrköping 1983
- 4 Utvärdering av 1982 års vårflödesprognoser av M Håggström och M Persson Norrköping 1983
- 5 Vågdata från svenska kustvatten 1982 av Jonny Svensson Norrköping 1983
- 6 The new harbour in Landakrona - oceanographic investigations by Jonny Svensson Norrköping 1983
- 7 Operational hydrological forecasting in Sweden by Magnus Persson Norrköping 1983
- 8 Vattenutbyte mellan Bottniska Viken och Östersjön av Cecilia Ambjörn Norrköping 1983
- 9 Var vintern 1982/83 extrem? En jämförande studie av vattentemperatur i några mellansvenska sjöar av Gun Zachrisson Norrköping 1983
- 10 Sedimenttransport i svenska vattendrag 1981. Resultat från sedimenttransportnätet av Maja Brandt Norrköping 1983
- 11 Föroäk med automatisk vattenprovtagning i Marviken av Bo Juhlin Norrköping 1983
- 12 Värmeuttag ur Helgasjön - Möjligheter och konsekvenser av Gun Zachrisson och Barry Broman Norrköping 1984
- 13 Oceanografiska observationer runt svenska kusten med kustbevakningens fartyg 1983 av Bo Juhlin Norrköping 1984
- 14 Åtgärder mot förorening i Velen. Erfarenheter från utförd behandling med kalk och soda samt förelag till fortsatta åtgärder. En utredning för Töreboda kommun av Ingemar Holmström Norrköping 1984
- 15 Vågdata från svenska kustvatten 1983 av Jonny Svensson Norrköping 1984
- 16 Beräkning av daglig vattenföring vid Ulva kvarn i Fyrisån 1951-82 av Magnus Persson och Sven-Erik Westman Norrköping 1984
- 17 Utvärdering av 1983 års vårflödesprognoser av Martin Håggström och Magnus Persson Norrköping 1984
- 18 Vattenståndsprognoser för Hammarajön - Helge å. En utredning för Kristianstad län av Barbro Johansson
- 19 Utvärdering av 1984 års vårflödesprognoser av Martin Håggström Norrköping 1984

- 20 Svenskt Sjöregister - Uppdatering av Torbjörn Lindkvist och Christina Thoms-Hjärpe Norrköping 1984
- 21 Snömätning med flygburen gammapektrometer i Kultsjöns avrinningsområde 1980 - 1984 av Sten Bergström och Maja Brandt
- 22 PROBE - An Instruction Manual by Urban Svensson Norrköping 1984
- 23 Kartläggning av ytvattentemperaturen med satellitdata av Thomas Thompson Norrköping 1985
- 24 Oceanografiska observationer runt svenska kusten med kustbevakningens fartyg av Bo Juhlin Norrköping 1985
- 25 Vindförhållanden vid mätning av snönederbörd med SMHI-nederbördsräknaren av Bengt Carlsson Norrköping 1985
- 26 Svenskt Vattendragsregister av Torbjörn Lindkvist Norrköping 1985
- 27 Svenskt Sjöregister av Kurt Ehlert (projektledare) Norrköping 1985
- 28 Aplicación del modelo HBV a la cuenca del Lago de Arenal en Costa Rica av Barbro Johansson, Magnus Persson, Göran Sandberg och Edgar Kobles (ICE) Norrköping 1985
- 29 Beräknat markvattenunderskott i Simlångens avrinningsområde 1934-83 av Gun Grahn, Barbro Johansson och Barbro Norlander Norrköping 1985
- 30 Beräknat markvattenunderskott i Emåns avrinningsområde 1934-83 av Gun Grahn, Barbro Johansson och Barbro Norlander Norrköping 1985
- 31 Application of the HBV-model to pilot basins in Burma av Oha Gyaw och Magnus Persson Norrköping 1985
- 32 Vattenbalanskartor över Sverige - månadsmedelvärden för 1911 - 1960 av nederbörd, avdunstning och avrinning av Todor Milanov Norrköping 1985
- 33 Vågdata från svenska kustvatten 1984 av Jonny Svensson Norrköping 1985

H-RAPPORTER

- 1 Hydrokemiska data från de svenska fältforskningsområdena av Bengt Carlsson Norrköping 1985
- 2 Utvärdering av 1985 års vårflödesprognoser av Martin Håggström och Magnus Persson Norrköping 1986
- 3 Riktlinjer och praxis vid dimensionering av utskov och dammar i USA. Rapport från en studieresa i oktober 1985 av Sten Bergström, Ulf Ehlin, SMHI, och Per-Eric Ohlsson, VASO Norrköping 1986

O-RAPPORTER

- 1 En hydrodynamisk modell för spridnings- och cirkulationsberäkningar i Östersjön av Lennart Funkquist Norrköping 1985
- 2 Spridningsundersökningar i yttre fjärden Riteå av Barry Broman och Carsten Pettersson Norrköping 1985
- 3 Utbyggnad vid Halmö hamn; effekter för Lommabuktens vattenutbyte av Cecilia Ambjörn Norrköping 1986



Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut
601 76 Norrköping. Tel 011-15 8000. Telex 64400 smhi s.