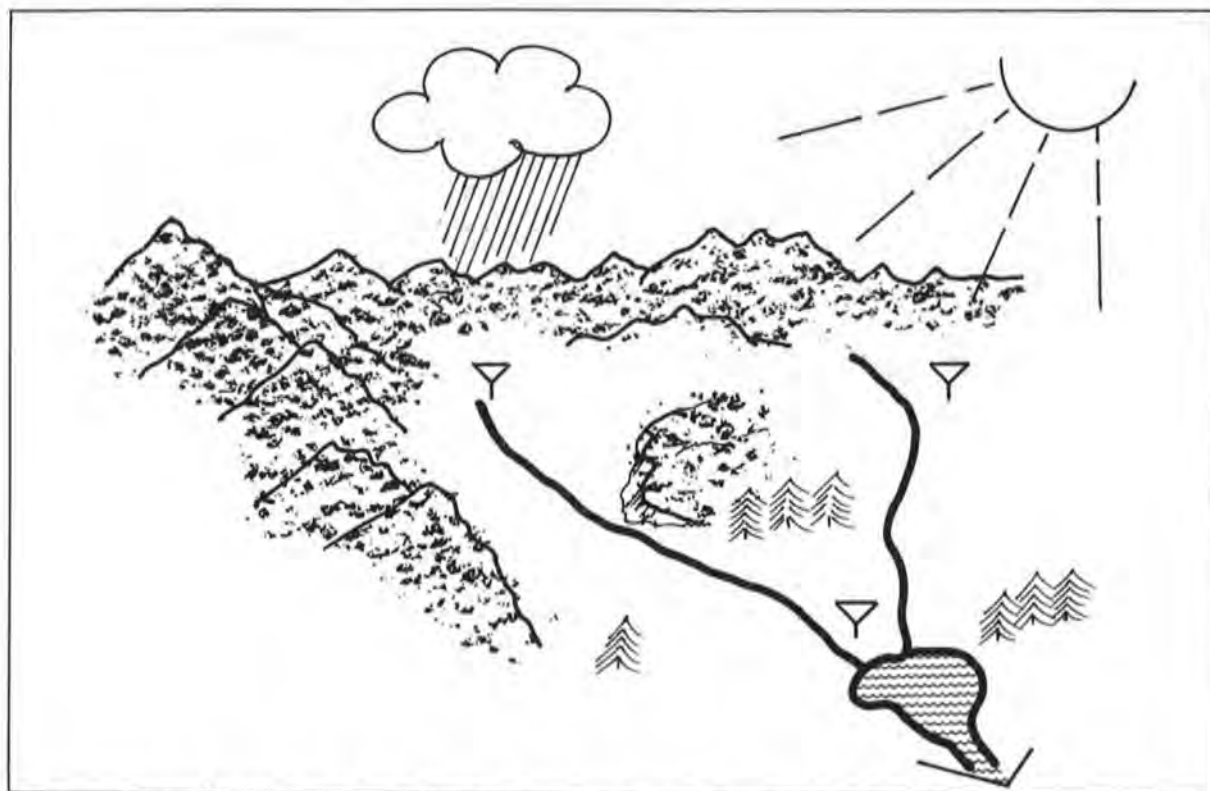




BESTÄMNING AV OPTIMALT KLIMAT- STATIONSNÄT FÖR HYDROLOGISKA PROGNOSER

Projektet är finansierat av Vattenregleringsföretagens
Samarbetsorgan (VASO)



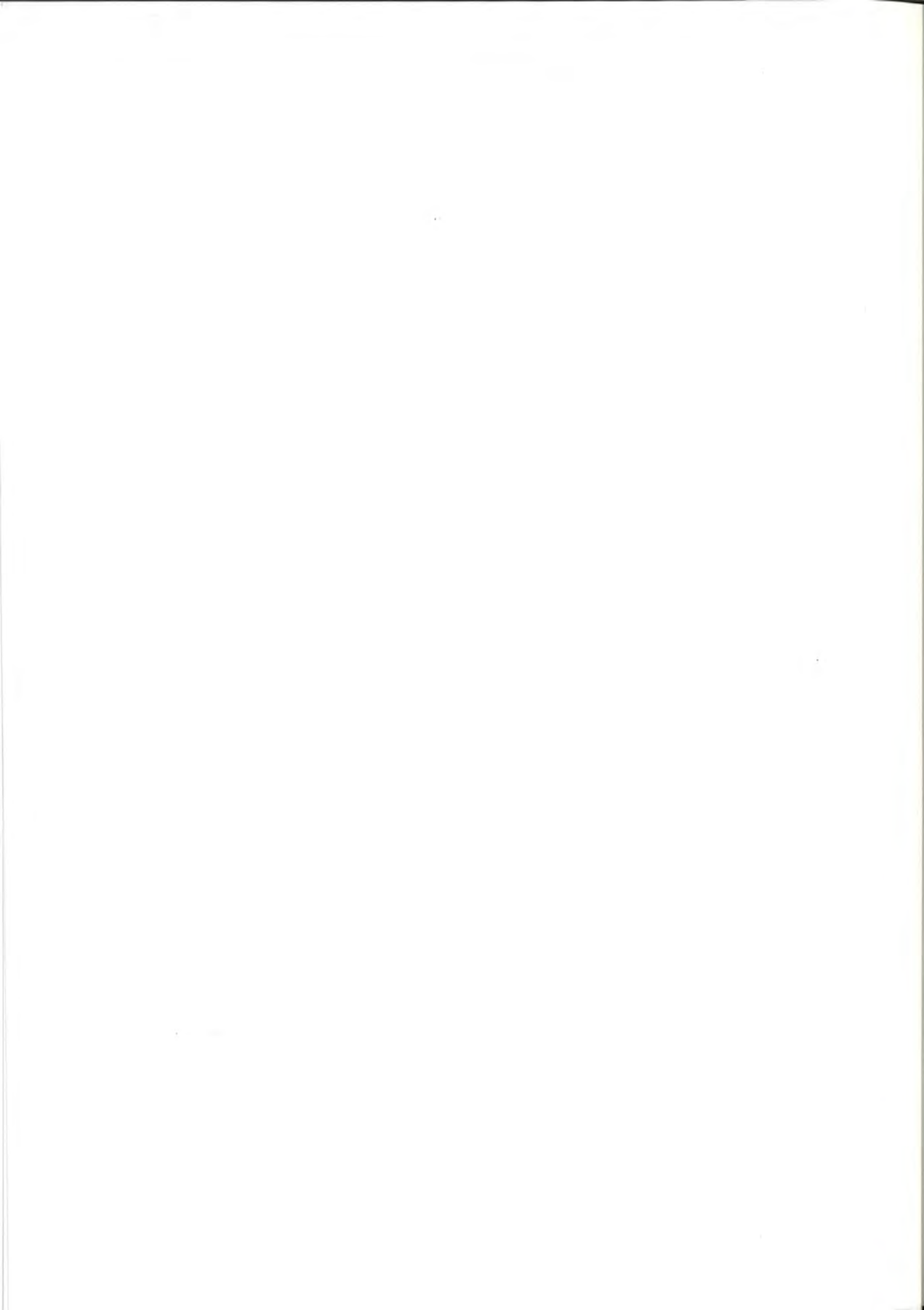
BESTÄMNING AV OPTIMALT KLIMAT-
STATIONSNÄT FÖR HYDROLOGISKA
PROGNOSER

Maja Brandt

INNEHÅLL

	sid.
INLEDNING	1
METODIK	1
RESULTAT AV SIMULERING MED ÄNDRAT ANTAL NEDERBÖRDS- STATIONER OCH VIKTNING	3
Höljes	3
Kultsjön	8
Sillre	10
Suorva	12
Sädvajaure	14
Torpshammar	16
RESULTAT AV SIMULERINGAR MED ÄNDRAT ANTAL TEMPERATUR- STATIONER	18
Sillre	18
Suorva	19
Torpshammar	20
SAMMANFATTNING	20
Nederbörd	20
Temperatur	24
SLUTSATSER	25
REFERENSER	27

Ordbehandling: Vera Kuylenstierna
Omslag: Eva-Lena Ljungberg
Figurer: Anita Bergstrand



BESTÄMNING AV OPTIMALT KLIMATSTATIONSNÄT FÖR HYDROLOGISKA PROGNOSE

INLEDNING

Det är lätt att avfärda dåliga prognosresultat med att klimatstationsnätet är för glest för att man skall kunna bestämma vinternederbörden korrekt.

För att testa antalet behövliga temperatur- och nederbördsstationer för olika typer av områden har vi därför prövat att ändra antalet temperatur- resp. nederbördsstationer och studerat hur det påverkar simuleringarnas precision.

Studien har finansierats av Vattenregleringsföretagens samarbetsorgan (VASO).

METODIK

Vi har valt följande områden, där HBV-modellen finns kalibrerad: Höljes i Klarälven, Kultsjön i Ångermanälven, Sillre i Indalsälven, Suorva i Luleälven, Sädvajaure i Skellefteälven och Torpshammar i Ljungan. Deras läge framgår av figur 1. Urvalet har styrts av att vi önskar få både skogs- och fjällområden representerade, där antalet nederbördsstationer varit relativt många.

De kalibreringar, som rutinmässigt används för prognos med HBV-modellen i dessa område, har omkalibrerats med gradvis minskande antal nederbördsstationer resp. med en temperaturstation i taget. Nederbördsstationernas vikter har successivt gjorts om, så att närliggande stationer fått överta de bortplockade stationernas vikt. Vid omkalibreringen med olika antal nederbördsstationer har nästan uteslutande PCORR, d v s nederbördskorrektionen i modellen, utnyttjats. Vid omkalibrering för ändring av temperaturstationsnätet har vid några

tillfällen tröskeltemperaturen, som avgör om snön smälter eller ej i modellen, kalibrerats om. Dessutom har vi känslighetstestat nederbördsstationernas viktning i ett område (Höljes). Som mått på anpassningen av simulerad vattenföring mot uppmätt har använts förklarad varians, R^2 , (Bergström, 1976) men med kravet, att den ackumulerade differensen mellan simulerad och uppmätt vattenföring skall ligga nära noll, d v s volymfelet skall vara litet för kalibreringsperioden. R^2 -värdet ger i första hand utslag på anpassningen under högvattenflöden. Dessutom har vi ibland utnyttjat medelvolymfelet under vårfloderna under kalibreringsperioden, d v s summan av absoluta volymfelet för samtliga vårfloder dividerat med antalet vårflöden, samt största volymfel en enskild vår under studerad period. Dessa ger ett bättre mått på precisionen av vårflödessimuleringen än enbart R^2 -värdet.



Figur 1.
Utnyttjade områden för test av
optimalt stationsnät.

RESULTAT AV SIMULERING MED ÄNDRAT ANTAL NEDERBÖRDSSTATIONER OCH VIKTNING

Höljes

Höljesmagasinets tillrinningsområde ligger i Klarälvens översta del. Det är knappt 6 000 km² stort och är till största delen beläget i Norge. I dess övre del dominerar stora sjöar, såsom Femunden, och fjällområden. I övrigt är området skogklätt. De för prognoserna utnyttjade nederbördsstationerna framgår av figur 2. Kalibreringsperioden är 1969-09-01--1984-09-01.



Figur 2. Höljes tillrinningsområde med utnyttjade nederbördsstationer för HBV-modellkalibrering. Siffrorna anger den ordningsföljd, i vilken nederbördsstationer plockats bort vid analysen med det högsta numret för den station som togs bort först.

Analysen utfördes så, att de sämst belägna nederbördsstationerna plockades bort successivt och vattenföringen kalibrerades om med hjälp av PCORR. Numret framför nederbördsstationerna i figur 2 anger ordningen med de lägsta siffrorna för de bäst belägna och således de sist borttagna stationerna.

I tabell 1 redovisas erhållna R^2 -värden (med ack. diff. nära noll) och volymfelet under vårflödena (medel- och största volymfel för ett antal av testfallen).

Tabell 1. R^2 -värdet och volymfelet under vårflödena för Höljes, när olika antal nederbördsstationer utnyttjats. Period 1969-09-01--1984-09-01.

ANTAL NEDER- BÖRDSSTATIONER	R^2	VOLYMFELET UNDER VÅRFLÖDEN (mm)	
		medel	största
8 (urspr.)	0.92	13	42
7	0.92	-	-
6	0.92	13	44
5	0.92	-	-
4	0.91	15	52
3	0.89	-	-
2	0.89	23	46
1	0.79	-	-

Om man minskar till 5 - 6 nederbördsstationer i Höljes tillrinningsområde och väljer de bäst placerade nederbördsstationerna, blir simuleringsresultatet likvärdigt med det ursprungliga med 8 nederbördsstationer. Rent visuellt syns inga märkbara skillnader, och det gör det inte för 4 nederbördsstationer heller utom vid ett fåtal flödestoppar. Vid 2 nederbördsstationer blir simuleringen synbart sämre. Vårflödestopparna får ungefär rätt form men är lite förskjutna i tiden. Detta framgår även av medelvolymfelet. Största skillnaden är två höstflöden 1982, som nästan försvinner vid

testen med 2 nederbördsstationer. Med enbart 1 nederbördsstation erhålls stora fel i vårflödet vissa år (t ex 1971, 1979 och 1983 med ca 60 mm volymfel vardera).

Känslighetstester utfördes för att vi ville undersöka om andra parameteruppsättningar kunde förbättra resultatet. En ändring av tröskeltemperaturen kunde inte förbättra R^2 -värdet. Höjdes graddagfaktorn från 2.7 till 3.6 mm/grad • dag, erhöles en förbättring i R^2 -värdet om 0.02 enheter, men detta förbättrade inte volymfelen under vårflödena.

Det är helt klart, att det behövs en bra nederbördsstation i den nordliga delen av området. Nederbördsstationerna Langen, Tufsingdal, Drevsjö och Glötvola är belägna på ungefär samma höjd (670 - 700 m) över havet, men Glötvola är ej tillräcklig för att representera hela den nordliga delen med dess fjällområde.

För att utröna betydelsen av viktningen av nederbördsstationerna gjorde vi ett stort antal känslighetstester. Dessa utfördes med PULS-modellen, där känslighetstester finns i dataprogrammet. Höljes har tidigare kalibrerats med PULS-modellen (Brandt, 1987), och därvid utnyttjades sex delområden. De fyra översta delområdena är belägna ovan Glötvola och de två nedre representerar de högre höjderna resp. dalarna i södra och mellersta delen av Höljes avrinningsområde.

De fyra nederbördsstationer, som plockats fram som väsentliga ur föregående analys, viktades subjektivt för varje delområde (se tabell 2), och en framkörning gjordes för perioden september 1969 t o m december 1980. R^2 -värdet blev 0.90. Därefter känslighetstestades nederbördsvikterna mellan 0 och 1 för varje delområde var för sig i tur och ordning. R^2 -värdet utnyttjades som mått på den bästa viktningen. I tabell 3 redovisas de erhållna vikterna för resp. delområde med känslighetstesterna, d v s objektivt optimerade. Med dessa nya värden gjordes en ny framkörning. Därvid erhöles samma R^2 -värde (= 0.90) som ovan trots de stora skillnaderna i vikter.

Tabell 2. Subjektiv nederbördsviktning för Höljes med fyra nederbördsstationer.

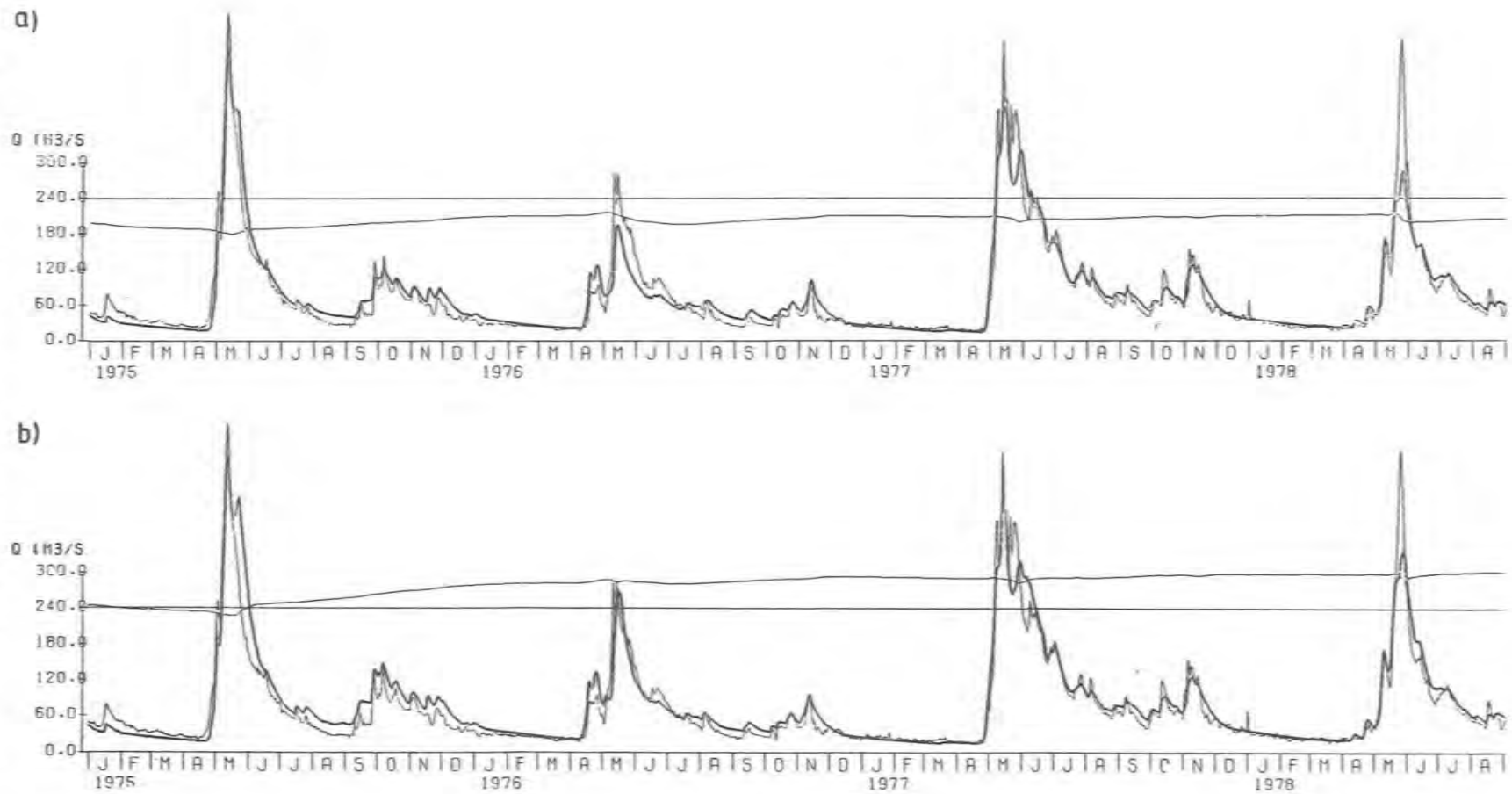
DELOMRÅDE	NEDERBÖRDSSTATION			
	Glötvola	Rörbäcksnäs	Tufsingdal	Tågmyra
1	-	0.5	-	0.5
2	0.7	-	-	0.3
3	0.5	-	0.5	-
4	0.5	-	0.5	-
5	0.5	-	0.5	-
6	0.3	-	0.7	-

Tabell 3. Bästa nederbördsviktning enligt känslighetstester för varje delområde var för sig i Höljes.

DELOMRÅDE	NEDERBÖRDSSTATION			
	Glötvola	Rörbäcksnäs	Tufsingdal	Tågmyra
1	-	0.8	-	0.2
2	-	-	0.4	0.6
3	0.2	-	0.8	-
4	0.2	-	0.8	-
5	0.2	-	0.8	-
6	0.2	-	0.8	-

Nederbördsstationen Glötvola fick betydligt lägre vikt vid känslighetstesterna än vad som subjektivt antagits. De tre väsentligaste stationerna visade sig vara Tufsingdal, Rörbäcksnäs och Tågmyra. Trots de stora skillnaderna i vikter blev R^2 -värdet lika, men simuleringarna blir inte lika. Vissa år gav den ena viktningen bättre vårflödessimuleringar och andra år sämre. Som illustration till detta redovisas framkörningen enligt de två viktningarna för några år i figur 3.

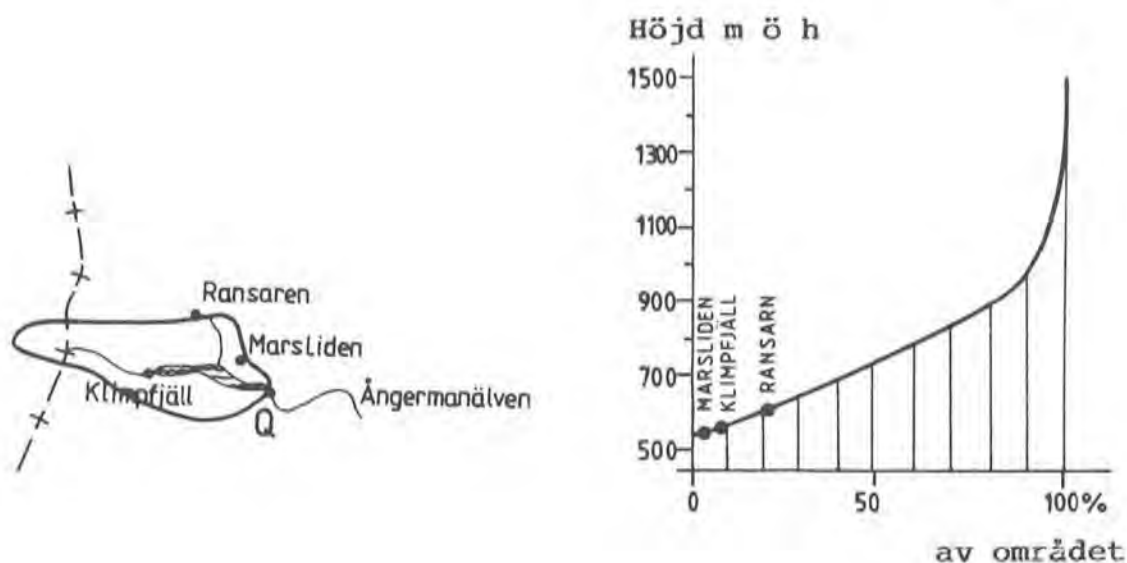
Figur 3. Utdrag ur simulering av vattenföringen med
a) subjektivt viktade nederbördsstationer resp.
b) känslighetstestade vikter för Höljes.



Testen visar för detta område, att nederbördsviktningen kan ge relativt olika resultat enskilda år på grund av de storskaliga väderförhållandena, men för en följd av år är den ej lika väsentlig och känslig. Det viktiga är att hitta goda och så representativa nederbördsstationer som möjligt.

Kultsjön

Kultsjöns lokala tillrinningsområde i övre Ångermanälven är drygt 1 000 km². Det består till hälften av kalfjäll. Höjdintervallet är 540 till 1 580 m ö h. I figur 4 återfinns en liten kartskiss med de tre nederbördsstationerna Klimpfjäll, Ransaren och Marsliden inlagda samt hypsografisk kurva med inlagda höjdlägen för nederbördsstationerna.



Figur 4. Kultsjöns lokala tillrinningsområde med de för HBV-modellen utnyttjade nederbördsstationerna. Hypsografisk kurva med inlagt höjdläge för nederbördsstationerna.

Antalet nederbördsstationer är här endast tre stycken, och de är lågt belägna i dalgångarna. De har lika vikt i den ursprungliga kalibreringen.

Modellen kalibrerades med var och en av stationerna som enda indata. Endast parametern PCORR utnyttjades vid omkalibreringarna. I tabell 4 redovisas erhållna R^2 -värden och volymfelet (medel- och största) under vårflödena samt utnyttjat PCORR.

Tabell 4. R^2 -värde, volymfelet under vårflödena för Kultsjön för tre nederbördsstationer resp. för varje enskild station. Period: 1963-10-01--1972-10-01.

NEDERBÖRDS-STATION	R^2	VOLYMFELET UNDER VÅRFLÖDENA (mm)		PCORR
		medel	största	
Samtliga 3 nederbördsstationer	0.84	24	57	0.97
Klimpfjäll	0.79	57	157	1.15
Ransaren	0.82	26	55	0.97
Marsliden	0.81	35	67	0.85

Av de tre enskilda nederbördsstationerna ger Klimpfjäll det sämsta resultatet. Vissa vintrar ger den en kraftig sänkning i ack. diff.-kurvan, såsom 1967 och 1970, medan den höjs märkbart våren 1972. Det förekommer även under sommaren, att nederbördsmätaren i Klimpfjäll ger för stora resp. för små nederbördsmätningar i förhållande till hela avrinningsområdet.

De två övriga nederbördsmätarna vid Marsliden och Ransaren ger mindre avvikelse från den ursprungliga simuleringen. I detta område behövs alla tre mätarna, och simuleringen skulle troligen bli bättre med ytterligare någon eller några bra belägna stationer.

De areella snövariationerna i Kultsjön har studerats närmare i samband med ett stort snömättningsprojekt med flygburen gammadetektor (Bergström och Brandt, 1984) och georadar-mätningar (Ulriksen, 1985). Mätningarna (1980 - 1985) visade ett snöavtagande mot ost samtliga år, men att snömängderna kunde vara förskjutna inom området (t ex åt sydost, där det saknas nederbördsstationer). De visar även, att snömängden ökar med höjden under trädgränsen, men ökningen varierar mellan olika år. Över trädgränsen förflyttas snön av vinden, och snömängden är mer beroende av läget i terrängen än av höjden.

Sillre

Sillre är ett i detta sammanhang litet avrinningsområde på 230 km². Det är ett biflöde till Indalsälven. Vid prognoskörningarna utnyttjas 5 nederbördsstationer. Stationernas läge framgår av figur 5.

Nederbördsstationernas ursprungliga vikter varierar mellan 0.15 för Rundbacken och Åkroken och 0.3 för Sillre. Vid analysen har nederbördsstationerna med de högsta numren tagits bort först, vikterna har omfördelats och omkalibrering med PCORR har utförts. Dessutom har enbart nederbördsstationerna Forse resp. Rundbacken testats för att man skall se hur en inlands-resp. kustnära station fungerar.



Figur 5.
Sillre avrinningsområde med utnyttjade nederbördsstationer. Numren anger antagen ordning mellan stationerna, så att de högsta tagits bort först vid analysen.

I tabell 5 redovisas erhållna R^2 -värden, volymfelet under vårflödena samt utnyttjat värde på PCORR.

Tabell 5. R^2 -värde och volymfelet under vårflödena för Sillre för olika antal nederbördsstationer. Period: 1972-06-01--1981-10-01.

NEDERBÖRDSSTATIONER		R ²	VOLYMFELET UNDER VÅRFLÖDENA (mm)		PCORR
			medel	största	
	5 (urspr.)	0.71	14	31	0.95
	4	0.71	14	31	0.93
	3	0.71	13	26	0.91
	2	0.70	12	31	0.91
En	[Sillre Forse Rundbacken	0.69	13	30	0.84
neder-		0.61	21	39	1.0
börds-		0.68	11	26	0.87
sta-					
tion					

Den ursprungliga kalibreringen för Sillre har ett lågt R^2 -värde, vilket delvis beror på osäkerheten i den beräknade tillrinningsserien. Vårflödet 1973 kommer dessutom för tidigt i simuleringen.

Om nederbördsstationerna Forse och Åkroken tas bort, kan man inte visuellt märka någon förändring i simuleringen. När även Rundbacken tas bort, blir vårflödesmaximum i regel för stort, men volymen blir lika under vårflödena.

Alla de tre nederbördsstationerna Sillre, Rundbacken och Forse ger var för sig relativt lika vårflöden med undantag för Forse 1972 och 1974. (1973 går dåligt för samtliga varianter av antal nederbördsstationer.) De största skillnaderna uppträder på sommaren och hösten, när mer lokala regn orsakar

flöden i delar av området. Stationen Forse inåt landet erhåller t ex stora regnmängder i juli 1974, och i simuleringarna erhålls ett mycket kraftigt flöde (jämförbart med de högsta vårfödena under perioden och betydligt högre än uppmätt flöde), medan regnen var mer måttliga vid Rundbacken med enbart ett litet flöde. I den ursprungliga simuleringen med viktade värden från samtliga stationer var flödessimuleringen samma tid relativt god. Nederbördsstationen Forse i inlandet erhåller större PCORR (1.0) än mer kustnära stationer som Rundbacken (0.87) och Sillre (0.84), vilket visar, att nederbördsmängderna avtar från kusten in mot landet.

Den längst bort belägna stationen Forse tillför inte något till kalibreringen. Enbart nederbördsstationen Sillre ger inte helt goda simuleringar. Det gäller främst sommar- och höstflöden.

Suorva

Suorvas tillrinningsområde är beläget i övre delen av Luleälv och är drygt 4 500 km². För HBV-prognoserna utnyttjas sex nederbördsstationer, varav tre är belägna i Norge. Det är till övervägande delen ett högfjällsområde med stora nederbördsvariationer inom området. Den högst belägna delen inom området är Sulitelma-massivet på upp mot 1 900 m höjd. Medelhöjden är över 800 m för hela området. Det är enbart kring de stora sjöarna Virihauri, Vastenjaure och Akkajaure man återfinner fjällskog, mestadels i form av björk. Nederbördsmängderna är störst i den västra delen och avtar österut.

Den ursprungliga uppsättningen av nederbördsstationen kan inte anses vara speciellt representativ (se figur 6). Det är endast en station - Ritsem, som är belägen inom området. Två av de norska - Kråkmo och Sør fjordvatn - är belägna nära norska fjordar på 60 - 80 m ö h. Sulitelma-stationen är lika så belägen i en djup dalgång 142 m ö h.



Figur 6. Suorvas tillrinningsområde. Namnen anger utnyttjade nederbördsstationer, och siffrorna anger den ordningsföljd, i vilken de plockats bort vid analysen, med det högsta numret först.

Den analyserade perioden är relativt kort - från 1981-03-01 till 1986-12-31. I tabell 6 redovisas R^2 -värdet, volymfelet under vårflödena och utnyttjat PCORR för olika uppsättningar av nederbördsstationer.

Tabell 6. R^2 -värde och volymfelet under vårflödena för Suorva för olika antal nederbördsstationer. Period: 1981-03-01--1986-12-31.

ANTAL NEDERBÖRDS- STATIONER	R^2	VOLYMFELET UNDER VÅRFLÖDENA (mm)		PCORR
		medel	största	
6 (urspr.)	0.87	20	43	<1.00
5	0.87	17	33	<1.00
4	0.87	18	30	<1.00
3	0.85	55	101	1.22
2	0.80	72	140	1.6
1 (Ritsem)	0.82	63	105	1.75

Suorva är uppdelat i fem delområden. Det är endast i ett delområde, som nederbördsstationen Sørffjordvatn utnyttjas (vikt 0.25), och endast mycket små förändringar syns i plottningarna, när denna station utgår. Vid den ursprungliga kalibreringen har delområdena 1 och 2 i sydvästra delen av området en viktning på totalt 0.85 för respektive delområde och för delområde 3 i nordväst 0.95 mot det normala 1 för att kompensera för de höga nederbördsmängderna på västra sidan av fjällkedjan, där nederbördsmätarna är belägna. Det är ett sätt att sänka PCORR i vissa delområden.

Det går bra att ta bort nederbördsstationerna Sørffjordvatn och Aluokta, men när Kråkmo utgår på västra sidan, blir det problem (trots att Sulitelma är kvar). Viktningen gjordes om, så att alla delområden fick totala vikten 1. Trots det fick PCORR höjas till 1.22 för att ack. diff. skulle närma sig noll för perioden.

Det framgår av volymfelet (medel- och största värde) i tabell 6, att precisionen på vår- och sommarflödena blir sämre, när stationen Kråkmo tas bort (d v s 3 stationer kvar i tabell 6). Främst är det åren 1984 och 1985, då volymen blir för liten resp. för stor under våren/sommaren. Borttas även stationerna Sulitelma och Kvikkjokk, tvingas man att höja PCORR ytterligare till 1.6 resp. 1.75, och felen blir ännu större.

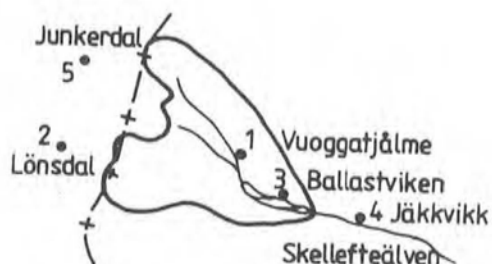
För ett fjällområde av denna typ är det över huvud taget svårt att finna representativa nederbördsstationer. Det är viktigt att de är belägna på alla sidor av området för att man skall kunna fånga upp nederbördsvariationerna.

Sädvajaure

Sädvajaures tillrinningsområde är beläget i översta delen av Skellefteälven och är knappt 1 500 km² stort. Även detta område ligger på gränsen mot Norge, och två norska nederbördsstationer utnyttjas. Totalt används fem nederbördssta-

tioner för prognoserna (figur 7).

Området är främst ett högfjällsområde med höjder upp mot 1 600 m ö h. Kring sjön Sädvajaure på 470 m ö h återfinns skog. Nederbördsstationerna är belägna mellan 400 och 500 m ö h utom Junkerdal på 210 m ö h.



Figur 7. Sädvajaures tillrinningsområde och utnyttjade nederbördsstationer. Siffrorna anger den ordningsföljd, i vilken nederbördsstationerna plockats bort vid analysen, med det högsta numret för den station som togs bort först.

I tabell 7 redovisas erhållna R^2 -värden och volymfelet under vårflödena. Endast PCORR har använts vid omkalibreringen.

Tabell 7. R^2 -värde, volymfelet under vårflödena samt utnyttjat PCORR för Sädvajaure. Period: 1976-09-01-1986-12-31.

ANTAL NEDERBÖRDS- STATIONER	R^2	VOLYMFELET UNDER VÅRFLÖDET (mm)		PCORR
		medel	största	
5 (urspr.)	0.82	23	69	1.00
4	0.82	32	89	1.06
3	0.81	34	118	1.12
2	0.81	38	88	1.15
1	0.76	62	153	1.12

Det är inga stora skillnader i simuleringarna, när antalet nederbördsstationer minskar från fem till två. Medelvolympfelet liksom största volymfel ökar dock, när antalet stationer sjunker från fem till fyra. När endast stationen Vuoggatjålme inom området fanns kvar, föll R^2 -värdet märkbart.

Torpshammar

Torpshammar i Gimån, ett tillflöde till Ljungan, har en areal av drygt 4 000 km². De högsta höjderna når upp mot 550 m ö h och de lägsta mot 180 m ö h. Området är till stor del skogtäckt.

Antalet utnyttjade nederbördsstationer är stort (10 st). Deras läge samt ordningsföljd vid analysen framgår av figur 8. Eftersom det är många stationer, är vikten för respektive station låg. De varierar mellan 0.05 och 0.15 i den ursprungliga kalibreringen.



Figur 8. Torpshammars tillrinningsområde och utnyttjade nederbördsstationer. Siffrorna anger den ordningsföljd, i vilken nederbördsstationerna plockats bort vid analysen, med det högsta numret för den station som togs bort först.

I tabell 8 redovisas högsta R^2 -värde och i några fall medelvolympfelet under vårflödena. Nederbördsstationerna har successivt ändrat viktning, när stationer tagits bort. Vid omkalibreringarna har enbart PCORR utnyttjats. När endast fem stationer var kvar, ökades PCORR till 1.03 och sedan till 1.12, när antalet nederbördsstationer sjönk från fyra till en.

Tabell 8. Högsta R^2 -värde samt i några fall medelvolympfelet under vårflödena för Torpshammar. Period: 1978-10-01--1986-12-31.

ANTAL NEDERBÖRDS- STATIONER	R^2	VOLYMFELET UNDER VÅRFLÖDEN (mm)	
		medel	största
10 (urspr.)	0.87	10	17
9	0.87	-	-
8	0.87	-	-
7	0.87	-	-
6	0.86	10	17
5	0.87	-	-
4	0.87	12	20
3	0.87	-	-
2	0.88	-	-
1	0.85	15	36

Skillnaderna i simuleringarna, om tio eller två nederbördsstationer utnyttjas, är mycket små vid en visuell granskning. Även förändringarna av R^2 -värdet och medelvolympfelet är små. När endast nederbördsstationen Sösjö, som är centralt belägen i området, utnyttjas, blir vårflödets topp inte helt rätt under två vårar av perioden.

RESULTAT AV SIMULERINGAR MED ÄNDRAT ANTAL TEMPERATURSTATIONER

Sillre

För prognoskörningarna utnyttjas två temperaturstationer: Fränsta och Sundsvall. Båda är belägna 4 mil utanför området (sydväst resp. syd). Sundsvall är en kuststation, belägen vid havsytan, och Fränsta en inlandsstation 110 m ö h.

I tabell 9 redovisas erhållna R^2 -värden för de två temperaturstationerna resp. för vardera temperaturstationen. Tröskeltemperaturen, som avgör om snön smälter eller ej, har omkalibrerats.

Tabell 9. R^2 -värde för två resp. en temperaturstation för Sillre. Period juni 1972 till oktober 1981.

TEMPERATUR-STATION	2 TEMPERATUR-STATIONER	FRÄNSTA	SUNDSVALL
R^2	0.71	0.69 ¹⁾	0.69 ²⁾

¹⁾ Tröskeltemperaturen ändrad med + 0.3 °C.

²⁾ " " " - 0.2 °C.

De två temperaturstationerna ger här bättre resultat än om bara en av de två stationerna utnyttjas på grund av skillnader i temperaturklimat vid kusten resp. i inlandet.

Suorva

För prognoskörningarna av Suorva används tre temperaturstationer: Aloukta, Kvikkjokk och Ritsem (se figur 6), varav endast Ritsem är belägen inom avrinningsområdet. Ritsem har vikten 0.9 - 1.0 i tre av delområdena, Kvikkjokk har vikten 1.0 resp. 0.5 i två av delområdena och Aloukta har 0.1 i ett och 0.5 i ett annat av områdena.

I testen sattes vikten för resp. temperaturstation till 1.0 i alla delområdena i tur och ordning. I tabell 10 framgår beräknade R^2 -värden. Omkalibrering har skett med tröskeltemperaturparametern.

Tabell 10. R^2 -värde för Suorva, när tre temperaturstationer resp. de enskilda temperaturstationerna utnyttjas. Period: mars 1981 - december 1986.

TEMPERATUR-STATIONER	3 TEMPERATUR-STATIONER	ALOUKTA	KVIKKJOKK	RITSEM
R^2	0.87	0.84	0.82 ¹⁾	0.86 ²⁾

1) Tröskeltemperatur ändrad med + 0.2 °C.

2) " " " - 0.4 °C.

Resultatet försämras här, om temperaturstationen Ritsem utgår. De två övriga temperaturstationerna ger betydligt sämre resultat, vilket framgår av R^2 -värdet och även syns på plottningarna. De mer inlands/skogsbelägna temperaturstationerna är inte representativa för fjällområdet.

Torpshammar

För prognostjänsten utnyttjas tre temperaturstationer: Fränsta, Hunge och Krångede. Deras läge framgår av figur 8. Hunge är högst belägen, 342 m ö h. De övriga två ligger 110 resp. 170 m ö h. De har vikterna 0.3, 0.4 resp. 0.3. Endast Hunge är belägen inom avrinningsområdet. I tabell 11 framgår R^2 -värde för den ordinarie kalibreringen med tre temperaturstationer och för resp. temperaturstation, om den får vikten 1.0. Perioden är oktober 1978 t o m december 1986.

Tabell 11. R^2 -värde för tre temperaturstationer samt varje temperaturstation ensam för Torpshammar. Period: oktober 1978 t o m december 1986.

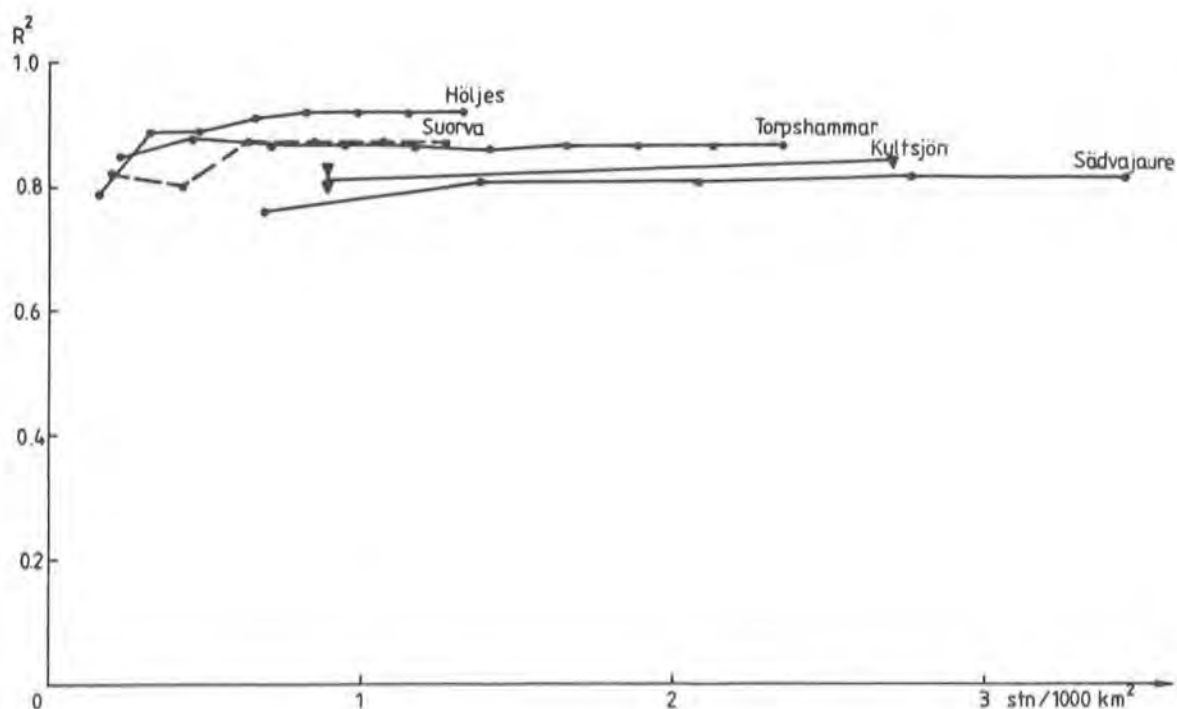
TEMPERATUR-STATION	3 TEMPERATUR-STATIONER	FRÄNSTA	HUNGE	KRÅNGEDE
R^2	0.87	0.86	0.88	0.86

Skillnaderna i R^2 -värden är små, och temperaturstationen Hunge ger lika bra kalibrering som de tre temperaturstationerna tillsammans.

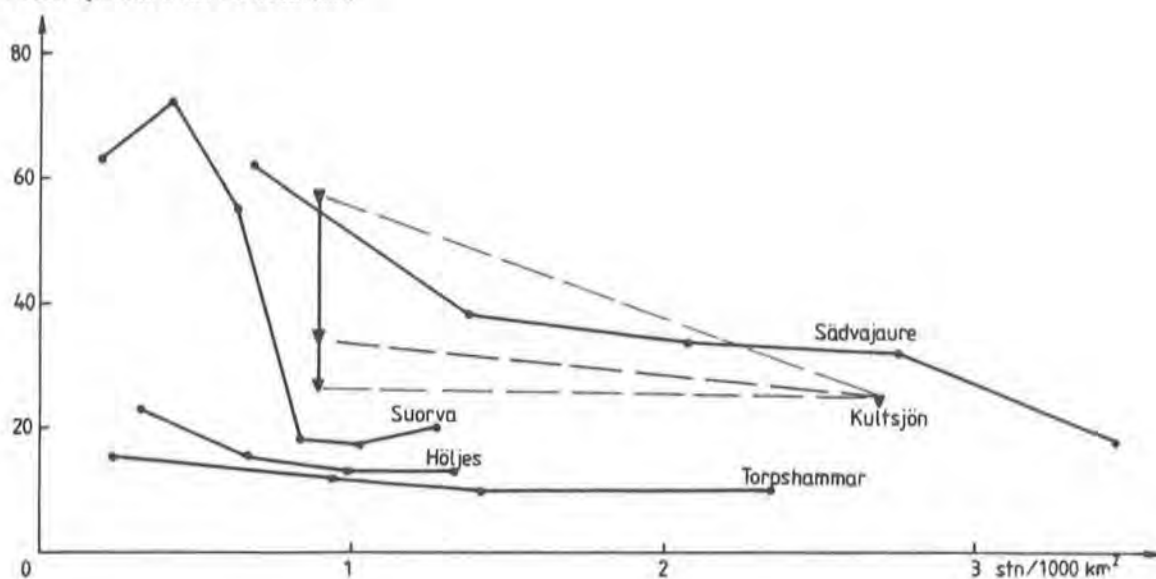
SAMMANFATTNING

Nederbörd

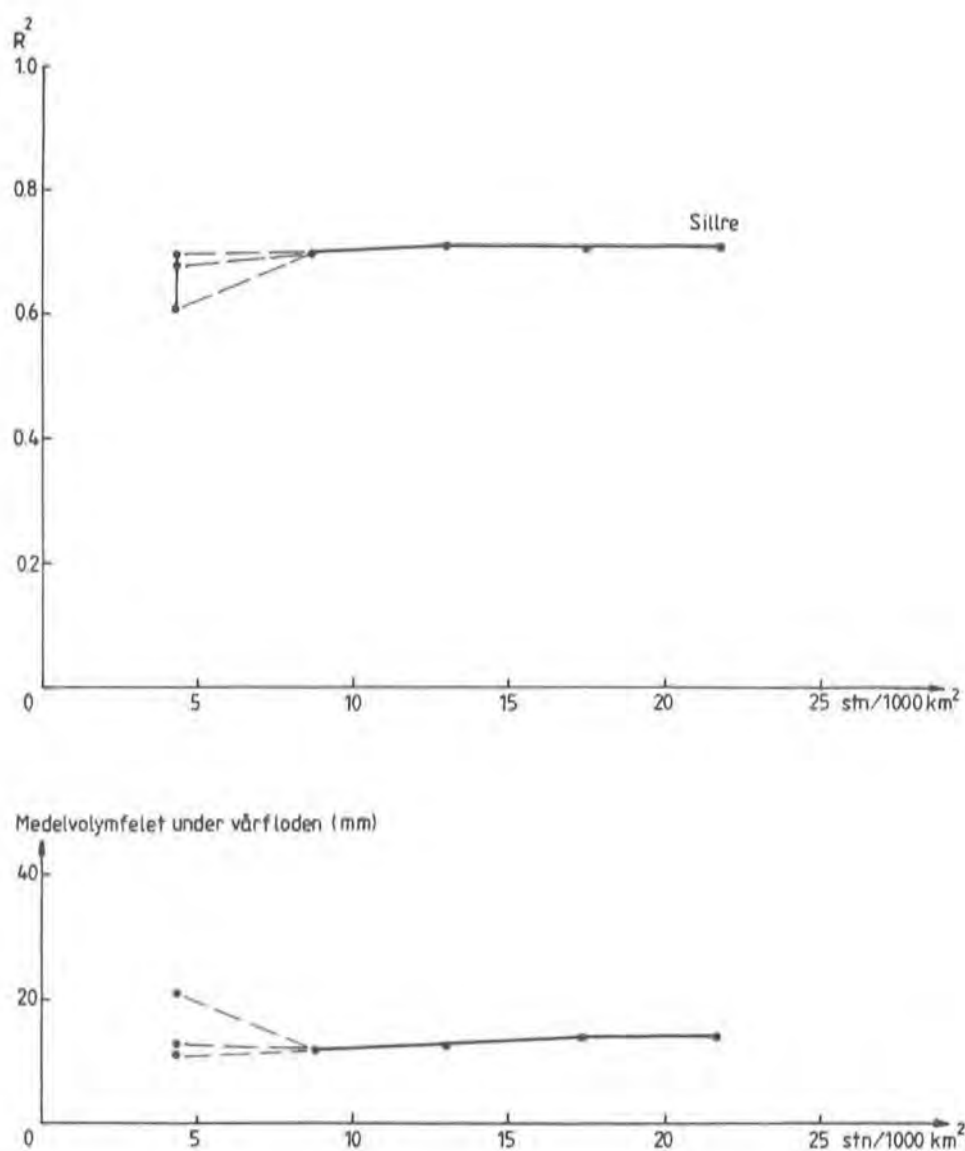
I figur 9 återfinns ett försök att beräkna hur många stationer, som behövs per 1000 km² utifrån de testade fallen. R^2 -värdena respektive medelvolympfelet under vårflödena har uppritats mot olika antal nederbördsstationer per 1000 km² för de testade områdena för att de skall bli jämförbara. Problemet vid beräkningen är dock, att i många fall ligger nederbördsstationerna utanför avrinningsområdena, och det är svårt att bestämma rimlig yta. I denna redovisning har ytan satts



Medelvolymfelet under vårfloden (mm)



Figur 9. R^2 -värde och medelvolymfelet under vårfloden, plottade med antal nederbördsstationer per 1000 km² för de testade områdena Höljes, Kultsjön, Suorva, Sädvajaure och Torpshammar. Observera att utnyttjade nederbördsstationer hämtats både i och utanför avrinningsområdena och att den angivna stationstätheten längs x-axeln i diagrammet inte motsvarar stationstätheten i det ordinarie nederbördsstationsnätet.



Figur 10. R^2 -värde och medelvolympfelet under vårfloden, plottade med antal nederbördsstationer per 1000 km² för Sillre. Observera, att samtliga nederbördsstationer hämtats utanför avrinningsområdet och att den angivna stationstätheten längs x-axeln inte motsvarar stationstätheten i det ordinarie nederbördsstationsnätet.

till avrinningsområdets area. Det innebär t ex att Suorva, som har endast en nederbördsstation inom området, får ett till synes tätare nederbördsnät än den egentligen har. Dessutom skall det påpekas att testen innebär, att de mest representativa stationerna (subjektivt utvalda) är kvar, när antalet stationer minskas.

För området Sillre, som är avsevärt mindre än övriga områden, finns motsvarande diagram i figur 10. Här finns inte någon nederbördsstation i området, och när antalet utnyttjade stationer delas med avrinningsområdet, erhålls en till synes betydligt tätare stationstäthet än i det ordinarie stationsnätet. Observera även att skalan längs x-axeln inte överensstämmer med den i figur 9.

Ur figurerna 9 och 10 kan man dra slutsatsen, att en minimiuppsättning för prognoser i större avrinningsområden är 1 - 2 stationer/1000 km², men det krävs då, att stationerna är representativa och homogena för att resultatet skall bli bra. För fjällområdena visar det sig, att vissa nederbördsstationer kan utgå, men för ett optimalt stationsnät skulle det egentligen krävas betydligt mer centralt och representativt belägna mätningar.

WMO (1981) har angivit riktlinjer för minimitätheten på ett nederbördsstationsnät för hydrologiska tillämpningar. I tabell 12 har ett utdrag ur deras riktlinjer omräknats till rekommenderat antal stationer/1000 km².

Tabell 12. Nederbördsnätets rekommenderade minimitäthet enligt WMO (1981).

TYP AV OMRÅDE	RIKTLINJE Antal stationer per 1000 km ²	RIKTLINJE FÖR SVÅRA FÖRHÅLL- ANDEN
Flacka områden	1.1 - 1.7	0.3* - 1.1
Bergsområden	4 - 10	1* - 4

* Den lägsta siffran endast under exceptionellt svåra förhållanden.

Som framgår av det ovanstående, motsvarar inte våra beräkningar nederbördsnätets stationstäthet, eftersom vi hämtar nederbördsstationer utanför avrinningsområdet och vi sålunda får en till synes högre stationstäthet. Trots detta är vår stationstäthet lägre än den rekommenderade överlag.

Nederbördsviktningen testades i Höljes. Med helt olika viktningar erhöles lika R^2 -värde. Flödesanpassningen för enskilda år varierade dock mellan de olika viktuppsättningarna, men för en längre följd av år var viktningen inte så känslig. Det kan tolkas som att när valet av ingående nederbördsstationer har klarats av, är den inbördes viktningen inte så känslig.

Temperatur

Antalet utnyttjade temperaturstationer är generellt färre än antalet nederbördsstationer för prognostjänsten. Temperaturen utnyttjas i modellen för beräkning av snöackumulation och snösmältning. Över tröskeltemperaturen och när all snö smält bort, fyller temperaturen ingen funktion i modellen.

Klimatstationerna är i regel belägna i de lägre delarna av avrinningsområdena. Temperaturdata måste därför extrapoleras till högre höjder. I HBV-modellen används i regel ett konstant höjdberoende av $-0.6\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ m}$ höjd. I själva verket visar detta höjdberoende kraftiga variationer från dag till dag, beroende på de meteorologiska förhållandena. Vid temperaturer under fryspunkten ökar vanligen temperaturen med höjden genom inversion. Det är därför inte säkert, att ett ökat antal temperaturstationer nere i dalgångarna ger ett bättre simuleringsresultat än en representativt bra placerad station, (t ex typ Hunge i området Torpshammar). Den temperaturstationstäthet, som används i de testade prognosområdena verkar vara rimlig. Det är bra om det finns stationer utspridda på olika höjdlägen, om detta är möjligt.

SLUTSATSER

Den genomförda studien ger vissa indikationer, som kan användas vid planering av nederbördsstationsnätet. Det bör dock betonas att metoden, som bygger på en gradvis reduktion av antalet stationer med de sämst belägna stationerna borttagna först, innebär att vi underskattar behovet av stationer. Resultaten bör därför användas med viss försiktighet.

I inlandet (typ Torpshammar) räcker det i normala fall med ett relativt glest nederbördsstationsnät för hydrologiska prognoser med HBV-modellen i ett större avrinningsområde. Om man speciellt vill studera enstaka kortvariga sommar- och höstflöden, orsakade av lokala åskregn, behövs dock fler stationer.

Det är viktigt, att stationerna är homogena och att de är belägna representativt för området. För studier av extrem nederbörd vid dimensioneringsberäkningar är nederbördsområdets utbredning av stor vikt. Då är behovet av ett tätare stationsnät entydigt, speciellt i fjälltrakterna (se exempelvis Vedin och Eriksson, 1986). Ett tätt stationsnät är också en förutsättning för modellering i riktigt små områden samt för prognosberäkning med arealnederbördsmetoden. Stationsnätet bör därför inte glesas ut, för då riskerar man att det saknas bra och representativa stationer, speciellt för de mindre avrinningsområdena (typ Sillre). Här kan ytterligare en synpunkt tillfogas. Om en av stationerna drabbas av ett homogenitetsbrott, gör den mindre skada, om den har en låg vikt än en stor. Det talar för att man trots allt om möjligt bör ha några fler stationer än resultatet i figur 9 visar.

Nära kusten är det lite känsligare med antalet stationer, och man bör eftersträva att få både kust- och inlandsstationer med, om området är beläget på gränsen mellan kust- och inlandet.

I fjälltrakterna är i regel både de norska och de svenska

nederbördsnäten glesa. Stationerna är dessutom belägna i dalar, som inte är representativa för området. För t ex avrinningsområdet Suorva finns endast en nederbördsstation inom området. Stationerna Aluokta och Kvikkjokk i skogstrakten väster om området är inte speciellt representativa enligt testresultaten. Här skulle fler nederbördsstationer inom området troligen förbättra prognoserna, om det var möjligt att göra representativa mätningar på kalfjället.

Ett fast basstationsnät utan förändringar på grund av nedläggningar och flyttningar mellan olika gårdar är något SMHI bör eftersträva, men i praktiken visar sig det ej möjligt att uppnå till rimliga kostnader. Man måste räkna med inhomogeniteter och bortfall av data. Där det är möjligt bör man vid flyttning av stationer mäta vid båda platserna under en övergångsperiod för att snabbt få en uppfattning om vad förflyttningen kan innebära för dataserien. Den merkostnaden kan ge en mycket viktig information till prognostjänsten och motverka felaktiga prognoser på grund av inhomogeniteter orsakade av flyttningar.

REFERENSER

- Bergström, S. (1976)
Development and application of a conceptual runoff model for
Scandinavian catchments.
SMHI Rapporter, RHO nr 7, Norrköping
- Bergström, S., och Brandt, M. 1984
Snömätning med flygburen gammaspektrometer i Kultsjöns avrin-
ningsområde.
SMHI Rapporter, HO nr 21, Norrköping
- Brandt, M. (1987)
Jämförelse mellan HBV- och PULS-modellerna.
SMHI, FoU-notis nr 53, Norrköping
- Ulriksen, P. (1985)
Profiler genom snötäcket registrerade i mars 1983 med LTHs
900 MHz impulsradarsystem.
Vannet i Norden, årg. 18, nr 4
- Vedin, H., och Eriksson, B. (1986)
Extrem arealnederbörd i Sverige 1881 - 1985.
SMHI, Rapporter Meteorologi nr 19, Norrköping
- WMO (1981)
Guide to hydrological practices.
WMO No. 168, Vol. 1, Genève

Nr	Titel
HYDROLOGISKA RAPPORTER	
1	Hydrokemiska data från de svenska fältforskningsområdena av Bengt Carlsson Norrköping 1985
2	Utvärdering av 1985 års vårflödesprognoser av Martin Haggström 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
4	Skåneprojektet - Hydrologisk och Oceanografisk information för vattenplanering - ett pilotprojekt av Barbro Johansson, Erlend Bergstrand och Torbjörn Jutman Norrköping 1986
5	Översiktlig sammanställning av den geografiska fördelningen av skador främst på dammar i samband med septemberflödet 1985 av Martin Haggström Norrköping 1986
6	Vattenföringsberäkningar i Södermanlands län - ett försöksprojekt av Barbro Johansson Norrköping 1986
7	Areella snöstudier av Maja Brandt Norrköping 1986
8	PULS-modellen: Struktur och tillämpningar av Bengt Carlsson, Sten Bergström, Maja Brandt och Göran Lindström Norrköping 1987
9	Vågor i Kraftverkamagasin beräknade med en numerisk modell av Lennart Funkqvist Norrköping 1987
10	Application of the HBV-Model to Bolivian Basins av Barbro Johansson, Magnus Persson, Enrique Aranibar och Roberto Llobet Norrköping 1987
11	Monthly streamflow simulation in Bolivian Basins with a stochastic model av Cecilia Ambjörn, Enrique Aranibar och Roberto Llobet Norrköping 1987
12	De svenska huvudvattendragens namn och mynningspunkter av Kurt Ehlert, Torbjörn Lindkvist och Todor Milanov Norrköping 1987
13	Analys av avrinningsserier för uppskattning av effektivt regn av Göran Lindström Norrköping 1987
14	Modellberäkning av extrem effektiv nederbörd av Maja Brandt, Sten Bergström, Marie Gardelin och Göran Lindström Norrköping 1987
15	Sjökart- och sjöuppgifter. Register 1987 av Mikael Danielsson och Torbjörn Lindkvist Norrköping 1987
16	Utvärdering av 1986 års vårflödesprognoser av Martin Haggström och Magnus Persson Norrköping 1987
17	Skogsskador - klimat av Bertil Eriksson, Barbro Johansson, Katarina Losjö och Haldo Vedin Norrköping 1987
18	Bestämning av optimalt klimatstationen för hydrologiska prognoser av Maja Brandt Norrköping 1987

Nr	Titel
OCEANOGRAFISKA RAPPORTER	
1	En hydrodynamisk modell för spridnings- och cirkulationsberäkningar i Östersjön - Slutrapport av Lennart Funkqvist Norrköping 1985
2	Spridningsundersökningar i yttre fjärden Fiteå av Barry Broman och Carsten Pettersson Norrköping 1985
3	Utbyggnad vid Malmö hamn: effekter för Lommabuktens vattenutbyte av Cecilia Ambjörn Norrköping 1986
4	SMHI:s undersökningar i Öregrundsgrepen perioden 84/85 av Jan Andersson och Robert Hillgren Norrköping 1986
5	Oceanografiska observationer utmed svenska kusten med kustbevakningens fartyg 1985 av Bo Juhlin Norrköping 1986
6	Uppföljning av sjövärmepump i Lilla Värten av Barry Broman Norrköping 1986
7	15 års mätningar längs svenska kusten med kustbevakningen (1970 - 1985) av Bo Juhlin Norrköping 1986
8	Vågdata från svenska kustvatten 1985 av Jonny Svensson Norrköping 1986
9	Oceanografiska stationsnät Svenskt Vattenarkiv av Barry Broman Norrköping 1986
10	PROBE - An instruction manual av Urban Svensson Norrköping 1986
11	Spridning av kylvatten från Öresundsverket av Cecilia Ambjörn Norrköping 1987
12	Oceanografiska observationer runt svenska kusten med kustbevakningens fartyg 1986 av Bo Juhlin Norrköping 1987
13	SMHI:s undersökningar i Öregrundsgrepen 1986 av Jan Andersson och Robert Hillgren Norrköping 1987



Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut
601 76 Norrköping. Tel 011-15 80 00. Telex 64400 smhi s.