

VÅRFLODSVOLYMSPROGNOSER BASERADE PÅ
ANALYS AV NEDERBÖRDSKARTOR

av S Jönsson

HYDROLOGISKA BYRÅN

HB RAPPORT NR 37 Norrköping 1980

SVERIGES METEOROLOGISKA OCH HYDROLOGISKA INSTITUT
HYDROLOGISKA BYRÅN





VÅRFLODSVOLYMSPROGNOSER BASERADE PÅ
ANALYS AV NEDERBÖRDSKARTOR

av S Jönsson

HYDROLOGISKA BYRÅN

HB RAPPORT NR 37 Norrköping 1980

VÅRFLODSVOLYMSPROGNOSER BASERADE PÅ ANALYS AV NEDERBÖRDSKARTOR

av

S Jönsson

HYDROLOGISKA BYRÅN

HB RAPPORT NR 37

Norrköping 1980

Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut

Innehåll

	Sid.
1. INLEDNING	1
2. VAD BESTÄMMER VÅRFLODENS STORLEK?	1
3. REGRESSIONSMETODEN	3
4. AREALINDEXMETODEN	5
5. RESULTAT	6
5.1 Jämförelse mellan arealindex och enstaka nederbördsstationer	7
5.2 Jämförelse mellan olika delområden	9
5.3 Jämförelse med regressionsmetoden	14
6. FÖRSÖK TILL VIDAREUTVECKLING AV METODEN	19
6.1 Nederbörden under prognosperioden	19
6.2 Fuktighetsindex	20
6.3 Normalnederbördens variation	22
7. DISKUSSION AV PROGNOSEMETODERNAS FÖR OCH NACKDELAR	23
8. SLUTSATSER	26
REFERENSER	28

S Jönsson: VÅRFLODSVOLYMSPROGNOSER BASERADE PÅ
ANALYS AV NEDERBÖRDSKARTOR
HB-Rapport nr 37, 1980

Rättelse: På sid. 22 skall sista meningen lyda:
En annan förklaring kan vara, att andra "fel" är så
stora, att effekten av normalnederbördens fördelning
maskeras.

1. INLEDNING

De metoder för vårflodsvolymsprognoiser som hittills använts av SMHI är:

1. Prognoser med en hydrologisk modell (HBV-modellen).
2. Regressionsmetoden.

Den förstnämnda finns beskriven i t ex Bergström (1976). Regressionsmetoden är den som använts längst och för flest områden. Den bygger på korrelation mellan vårflodsvolymen och vinternederbörden för nederbördsstationer. Metoden är mycket enkel och kräver därför lite arbete för anpassning till nya områden. Den är även lätt att använda.

Den här presenterade metoden är en utveckling av regressionsmetoden, och ska också i första hand ses som ett alternativ till denna. Försök att på ett mer fullständigt sätt inbegripa olika hydrologiska faktorer leder snart in i ett mer komplext modelltänkande, men detta har alltså inte varit avsikten. Vissa försök har ändå gjorts att på ett mycket förenklat sätt ta hänsyn till dessa hydrologiska faktorer.

Metoden bygger på att man kan få ett bra index på arealnederbörden genom analys av kartor med nederbörden i procent av normalt. Den kommer därför fortsättningsvis att kallas arealindexmetoden. (Regressionsmetoden är en något olycklig beteckning, eftersom regression är ett allmänt statistiskt begrepp och regressionsanalys används även i arealindexmetoden.) En utförligare beskrivning av metoderna ges i avsnitt 3 och 4.

Arealindexmetoden har testats och jämförts med regressionsmetoden i ett antal områden i Umeälvens övre del.

2. VAD BESTÄMMER VÅRFLODENS STORLEK?

Här skall endast kort beröras de olika faktorer som påverkar vårflodsvolymens storlek, detta för att ge en grund för bedömning av metodens möjligheter och begräns-

ningar. Vårfloden är inget väl definerat begrepp och därför anges i de fall där siffror nämns, vilken tidsperiod som menas. Resonemanget avser i första hand de områden som metoden är testad på, men är i grova drag giltigt för hela fjällkedjan liksom Norrlands inland. En indelning i följande sex punkter kan göras:

1. Snötäckets vatteninnehåll.

Den avgjort största delen av vårflodsvolymen består av smältvatten från det under vintern ackumulerade snötäcket. Snöackumuleringen börjar vanligtvis i oktober i Umeälvens övre områden.

2. Nederbörden under vårfloden.

Nederbörden under perioden maj-juni utgör i normala fall ca 20% av hela nederbörden från oktober till juni. För perioden maj-juli är siffran ca 30% av nederbörden oktober-juli. Värdena är något lägre för utpräglade fjällområdena och något högre för inlandet. Nederbörden under vårfloden kan alltså utgöra en avsevärd del av hela vårflodsvolymen och variationen är stor från år till år.

3. Avdunstningen under vårfloden.

En viss del av smältvattnet och nederbörden under vårfloden avdunstar. En rimlig siffra för maj-juli ligger mellan 100 och 150 mm.

4. Ytvattenmagasinen.

Sjöarna har en viss utjämnande effekt, men deras inverkan på vårflodsvolymens storlek är sannolikt liten i dessa områden.

5. Markvattenmagasinet.

Det underskott som kan finnas i marken och som fylls på under vårfloden bestäms dels av förhållandena under hösten (vått-torrt), dels av eventuell snösmältning under vintern.

6. Grundvattenmagasinet.

Detta har stor tröghet och uppvisar ganska små skillnader från år till år. Vanligtvis sker en långsam recession

under hela vintern fram till vårfloden. Grundvattnet utgör en mindre del av hela vårflodsvolymen.

De två sistnämnda magasinens betydelse är mindre i fjällområden än i skogslandet. Detta beror på att magasinerna är mindre och har lägre variabilitet i fjällen.

3. REGRESSIONSMETODEN

En regressionsanalys innebär att man söker samband mellan olika variabler. I vårt fall mellan vinternederbörden och vårflodsvolymen. Av praktiska skäl räknar man nederbörden från 1 okt. fram till prognosdatum. Prognosen sträcker sig sedan fram till och med 31 juli i de prognoser som för närvarande levereras för Umeälven. Prognosdatum är vanligtvis den första i februari, mars, april eller maj. Osäkerheten ökar naturligtvis med prognosperiodens längd, och i fortsättningen kommer endast majprognoser att behandlas.

När metoden ska anpassas till ett nytt område väljer man ut ett antal nederbördsstationer i eller omkring området. Vanligtvis används en serie på mellan 20 och 30 år. Det vore önskvärt med längre serier, men bristen på långa nederbördsserier och homogenitetsbrott i såväl nederbörds som tillrinningsserierna begränsar längden. (Med homogenitetsbrott menas systematiska förändringar i värdenas belopp som beror på ändrade beräkningsrutiner, nya mätmetoder, flyttade nederbördsstationer o.dyl). Med hjälp av sk stegvis regression testas nu det linjära sambandet mellan nederbördssumman för exempelvis oktober-april och tillrinningen oktober-juli för de olika nederbördsstationerna. Schematiskt går detta till på följande sätt (För en mer utförlig beskrivning av metoden med stegvis regression, se Draper & Smith (1966)).

1. Samband mellan tillrinningen och nederbördssummorna för de olika stationerna bedöms med hjälp av den linjära korrelationskoefficienten. Den station som ger den

högsta korrelationen väljs ut. Sambandet kan skrivas $T_b = f(P_1)$, där T_b är beräknad tillrinning och P_1 nederbörden för den först utvalda stationen. Den statistiska signifikansen, dvs hur pass stor sannolikheten är för att sambandet inte är slumpmässigt uppkommet, testas med ett sk F-test.

2. Residualerna $R = T_o - T_b$ (T_o = observerad tillrinning) beräknas, och nu söks ett samband mellan dessa och de återstående nederbördsstationerna. Den med bästa korrelationen väljs ut och ett nytt samband $T_b = f(P_1, P_2)$ erhålles. Nu testas åter signifikansen för både P_1 och P_2 . Inkluderandet av en ny variabel kan nämligen innebära att en tidigare antagen ej längre befinns vara signifikant. Om så är fallet förkastas den.
3. Förfarandet återupprepas tills inga nya stationer ger ett signifikant bidrag i regressionsekvationen. Man har nu erhållit en slutgiltig ekvation av typen;

$$T_b = C_0 + C_1 \cdot P_{s1} + \dots + C_n \cdot P_{sn}$$

där $C_0, C_1, \dots, C_n$ är konstanter och

$P_{s1}, P_{s2}, \dots, P_{sn}$ är nederbörden för stationerna $S_1, S_2 \dots S_n$.

Om en prognos ska göras för perioden maj-juli beräknas nu först tillrinningen för hela perioden oktober-juli med hjälp av den erhållna regressionsekvationen. Därefter subtraheras den observerade tillrinningen under oktober-april. Återstoden utgör den prognoserade tillrinningen för maj-juli. Förfarandet med subtraktion av vintertillrinningen är fn en svag punkt i metoden, men till detta återkommer jag i avsnitt 7.

Under senare år har det som regel gjorts vissa subjektiva korrigeringar av de med regressionsmetoden beräknade prognoserna. Dessa korrigeringar har bl a grundat sig på kartor över vinternederbörden i procent av normalt och uppskattningar av grundvattentillgången.

4 AREALINDEXMETODEN

Metoden skiljer sig från regressionsmetoden genom att man försöker beräkna ett index på arealnederbörden i st.f. att använda nederbördssummor för enstaka stationer. Detta index beräknas på följande sätt:

1. På en karta prickas in nederbörden i procent av normalnederbörden under vintern (okt-apr) för så många stationer som möjligt. Vissa stationer måste uteslutas p g a att serierna är för korta för att ge tillförlitliga normalvärden, eller att kvaliteten är för dålig.
2. Utifrån värdena dras isolinjer för lika procent-värde. Det är viktigt att man här försöker finna ett mer storskaligt mönster och inte tar så stor hänsyn till enstaka avvikande värden. Ett exempel ges i fig. 1 nedan.

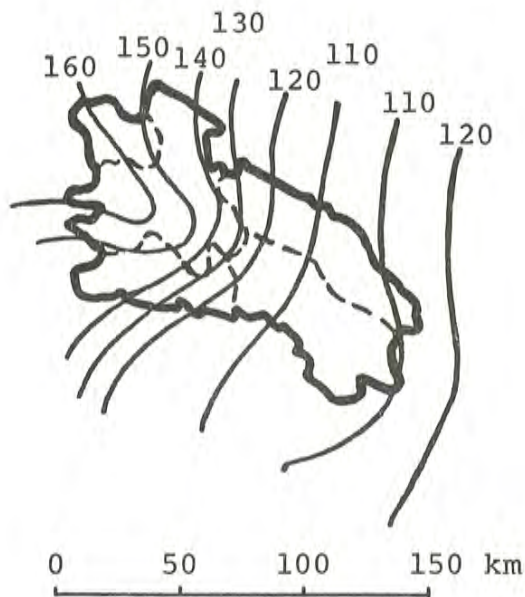


Fig. 1 Isolinjernas dragning i Umeälvens övre del. Siffrorna anger nederbörden i % av det normala okt-april 1972/73.

3. Med hjälp av isolinjerna beräknas ett procentvärde för det aktuella området, genom en enkel viktning av de delareor som bildas av isolinjerna och vattendelaren för området. Detta procentvärde används som ett index på arealnederbörden.

En regressionsekvation med nederbörden i procent av normalt som enda oberoende variabel får utseendet;

$$T_b = C_0 + C_1 \cdot N_a \quad \text{där}$$

N_a = nederbörden i procent av normalt för området under ackumuleringsperioden

För att få en uppfattning om eventuella fördelar med ett arealindex mot nederbörd för enstaka stationer har beräkningarna av nya ekvationer gjorts med stegvis regression. Förutom nederbörden i procent av normalt har då även nederbörden för de stationer som ingår i regressionsmetodens ekvationer tagits med. Dessutom har det gjorts försök med några enkla index för markvatten och grundvatten. Förfarandet är detsamma som det beskrivits i föregående avsnitt, med den skillnaden att även andra variabler än nederbörd ingår.

5. RESULTAT

Arealindexmetoden har testats och jämförts med regressionsmetoden i ett antal områden i Umeälvens övre del (fig 2). För beräkningarna har använts en serie på 26 år, nämligen 1953/54--1978/79. Med år avses här perioden som omfattar snöackumulering och vårflod. De sex senaste åren har i ett första skede sparats för ett oberoende test. D v s de har utnyttjats för att testa de ekvationer som erhållits för de första 20 åren. Detta är ett starkt test på att metoden verkligen är fysikaliskt rimlig. För den oberoende perioden har också gjorts en jämförelse mellan arealindexmetoden och regressionsmetoden. Därefter har hela perioden på 26 år använts för att beräkna ekvationerna på ett så stort material som möjligt.

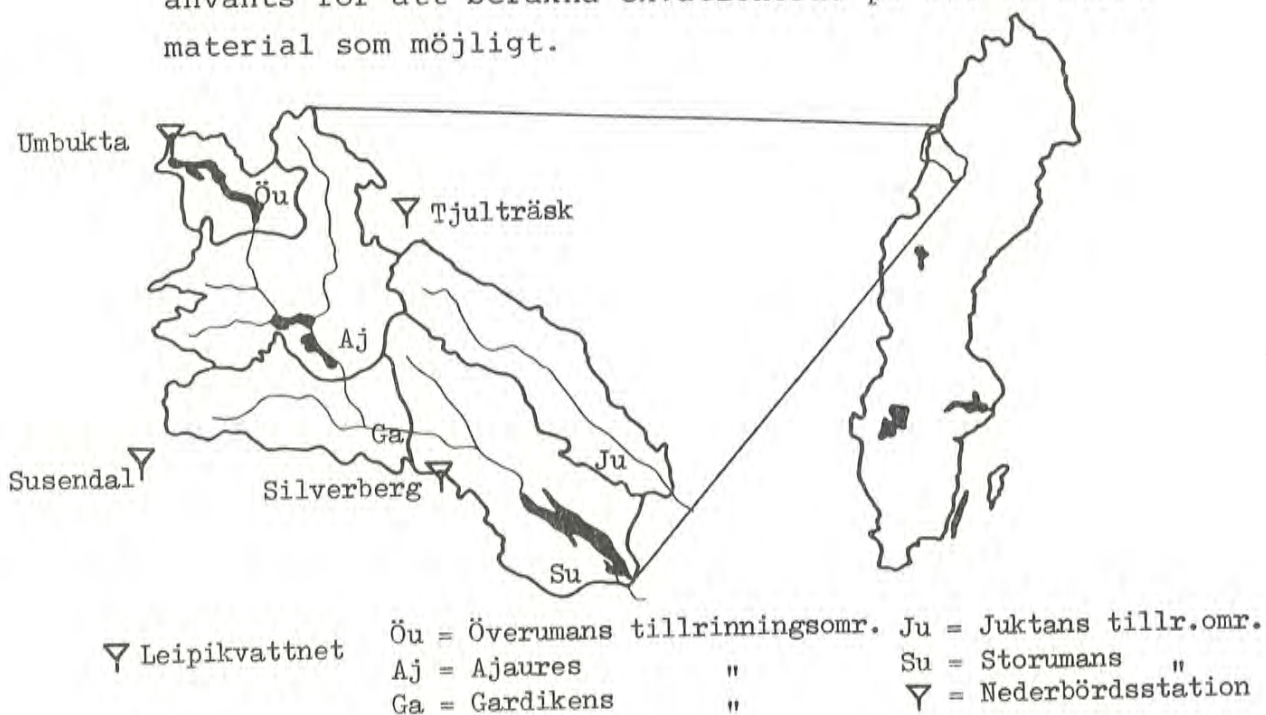


Fig. 2 Delområdena i Umeälvens övre del.

5.1 Jämförelse mellan arealindex och enstaka nederbördsstationer.

I tabell 1 redovisas de linjära korrelationskoefficienterna dels mellan arealindex på områdesnederbörden och tillrinningen och dels mellan nederbörden för enstaka stationer och tillrinningen. Nederbördsstationerna är de som ingått vid tillämpningen av regressionsmetoden i Umeälvens övre del. Samma stationer kan i vissa fall ingå för flera områden. Korrelationskoefficientens värde kan variera mellan -1 och +1. Korrelationen är bättre ju mer beloppet närmar sig 1.

Tabell 1.

Korrelationskoefficienter mellan arealindex (N) och tillrinning respektive enstaka nederbördsstationer (P_{S1} , P_{S2} och P_{S3}) och tillrinning i Umeälvens övre del. Arealindex och nederbörd avser perioden oktober-april. Bästa korrelation är understruken. Perioden är 1953/54--1978/79.

OMRÅDE	N		Ps1		Ps2		Ps3	
	okt-juni	okt-juli	okt-juni	okt-juli	okt-juni	okt-juli	okt-juni	okt-juli
Överuman	<u>0.83</u>	<u>0.92</u>	-0.09	-0.14	0.74	0.87	0.80	0.88
Ajaure lokalt	<u>0.79</u>	0.83	0.71	0.77	<u>0.79</u>	<u>0.85</u>	0.22	0.11
Ajaure	<u>0.82</u>	<u>0.87</u>	0.53	0.50	0.81	<u>0.87</u>	0.74	0.77
Gardiken lokalt	<u>0.60</u>	0.63	0.50	0.53	0.57	<u>0.65</u>	0.33	0.20
Gardiken	<u>0.82</u>	<u>0.86</u>	0.78	0.83	0.80	<u>0.86</u>	0.31	0.25
Storuman	<u>0.74</u>	<u>0.74</u>	0.70	0.68	0.42	0.38	0.71	0.73
Juktan	<u>0.75</u>	<u>0.67</u>	0.68	0.62	0.41	0.38	0.69	0.61

För tillrinningen oktober-juni ger arealindex bättre korrelation än någon enstaka nederbördsstation i samtliga fall utom för station 2 som ger lika bra korrelation för Ajaure lokalt. Station 2 är Leipikvattnet i alla delområden utom Överuman. Leipikvattnet ger bättre korrelation med tillrinningen oktober-juli i två fall,

nämligen för Ajaure lokalt och Gardiken lokalt, och lika bra för Ajaure och Gardiken.

Leipikvattnet ligger i nordligaste Jämtland, ca 6 mil från den södra vattendelaren till de aktuella områdena. En förklaring till att Leipikvattnet ger bättre resultat för Ajaure och Gardiken än de två övriga stationerna kan vara att dess läge trots avståndet är mer representativt för dessa områden. De två övriga stationerna är för Ajaure Umbukta (Norsk station) och Tjulträsk, och för Gardiken Susendal (Norsk) och Silverberg (se fig 2). Dessa stationer ligger nära vattendelaren väster och öster om områdena, men eftersom korrelationsmönstret för nederbörd i dessa områden har en sträckning längs fjällkedjan är det inte orimligt att Leipikvattnet ger en bättre korrelation med tillrinningen. Att just dessa stationer använts i regressionsmetoden beror till stor del på att de har långa serier.

Mer anmärkningsvärt är det dock att Leipikvattnet för Gardiken och Ajaure ger lika bra, och för de lokala områdena något bättre, resultat än arealindex. Som stöd för isolinjernas dragning vid beräkning av arealindex finns ju flera stationer inom områdena som bör vara väl så representativa som Leipikvattnet. Två förklaringar kan sökas:

1. Den goda korrelationen för Leipikvattnet är slumpmässigt betingad.
2. Nederbörden i Leipikvattnet är verkligen ett lika bra index på arealnederbörden som det enligt arealindexmetoden beräknade värdet.

På grund av att serierna är relativt korta (26 år) så kan ett enstaka år få stor betydelse. Med tanke på att det finns flera faktorer förutom nederbörden som påverkar vårflodsvolymer (se kap. 2) så är det alltså fullt möjligt att Leipikvattnet enstaka år har råkat samverka med dessa faktorer, utan att det finns någon fysikalisk grund för det hela. Tillrinningsvärdena är också behäftade med ett visst fel, och man bör lägga märke till att till-

rinningen till de lokala områdena beräknats genom substration av tillrinningen till ovanliggande områden, och att tillrinningen till Ajaure utgör större delen av tillrinningen till Gardiken.

Arealindex har naturligtvis vissa svagheter. En är att det inte tas någon hänsyn till att normalnederbörden varierar inom ett område. Ett och samma procentvärde betyder ju olika belopp på nederbörden i olika delar av området. I princip ökar normalnederbörden från öster till väster i den svenska fjällkedjan. Isolinjerna för normalnederbörd gör dock djupa inskränningar längs de större dalgångarna. Detta gör att mönstret är relativt komplicerat och svårt att ta hänsyn till. Vissa enkla försök har dock gjorts, men för dessa redogörs längre fram.

Resultaten i tabell 1 pekar dock på att arealindex är bättre än någon enstaka nederbördsstation i de allra flesta fall. Skillnaderna där Leipikvattnet ger bättre resultat är relativt små. Det visar sig också att när arealindex väl antagits i den stegvisa regressionen så ger ingen av nederbördsstationerna ett signifikant bidrag längre. I de fall där Leipikvattnet gett bättre korrelation har då arealindex "tvingats in" som första variabel.

5.2 Jämförelse mellan olika delområden.

Figurerna 3-9 visar regressionslinjen mellan arealindex och tillrinningen för de olika delområdena. För Storuman och Juktan redovisas resultaten för perioden oktober-juni och för de övriga områdena oktober-juli. Vårfloden inträffar tidigare i Storuman och Juktan varför tillrinningen oktober-juni ger bättre korrelation med vinter-nederbörden än om man även tar med tillrinningen under juli.

Av figurerna framgår att spridningen i värdena blir större ju längre österut ut området ligger. Detta är också att vänta sig eftersom vinternederbördens procentuella betydelse för vårfloden är större i fjällen än i inlandet. Man får då bortse från resultaten för Gardiken lokalt. Dess tillrinningsvärden är framräknade som skillnaden mellan stora tal, nämligen tillrinningen till Gardiken minus tillrinningen till Ajaure, och är sannolikt behäftade med stora relativa fel. Detsamma gäller även i hög grad för Storuman.

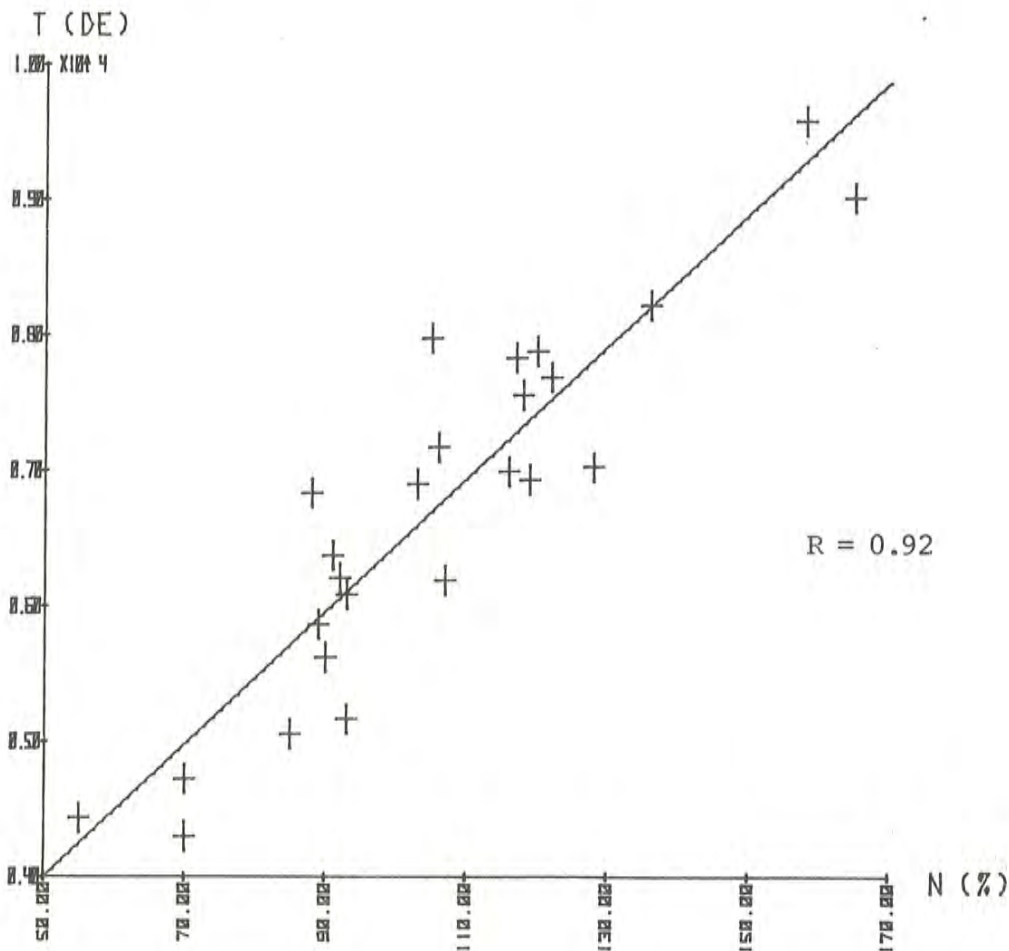


Fig. 3 Regressionslinjen mellan tillrinningen till Överuman och arealindex. Korrelationskoefficienten $R = 0.92$. Observera att axlarna ej skär varandra i origo.

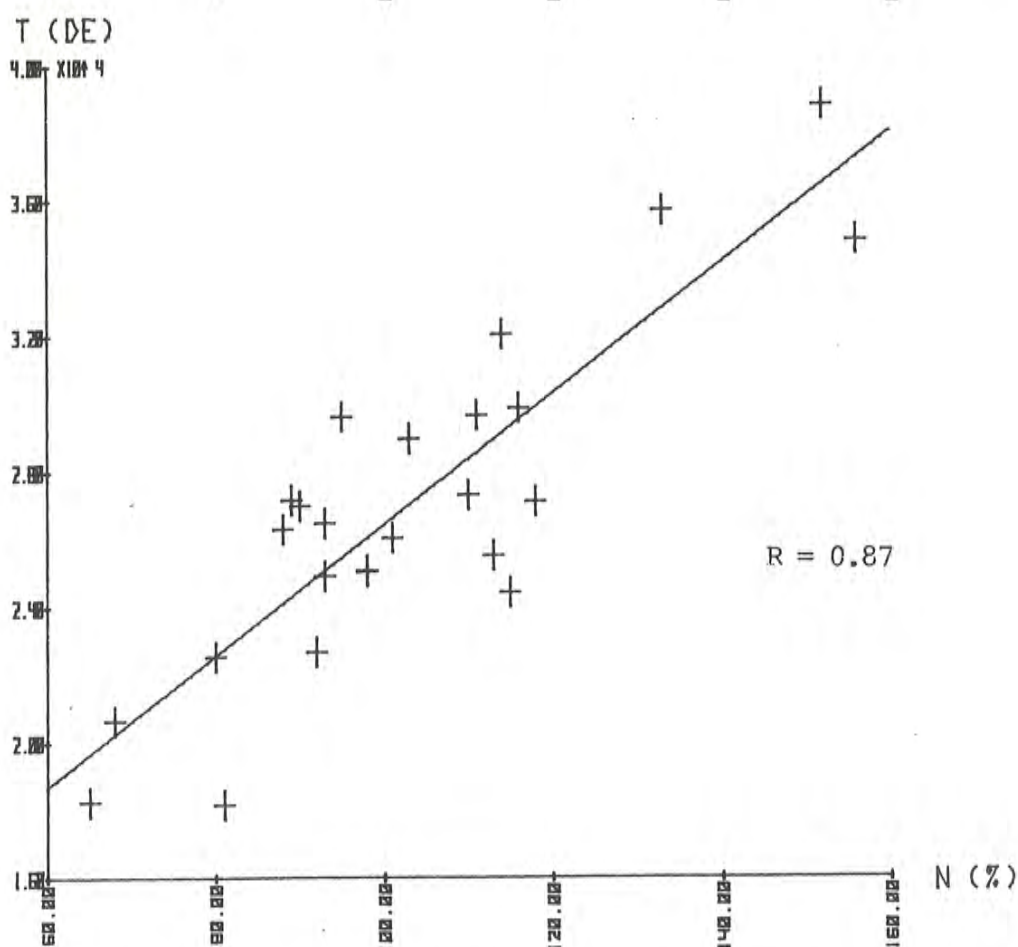
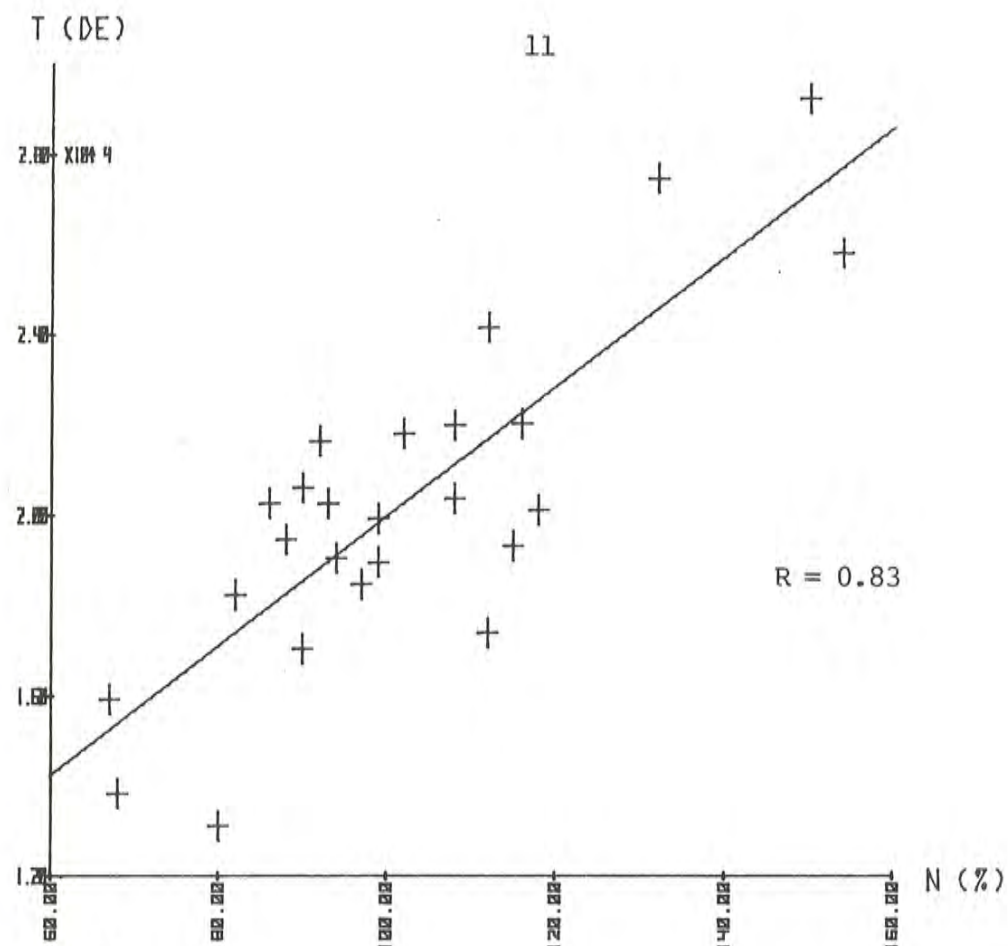


Fig. 4-5 Regressionslinjen mellan tillrinning och areal-index för Ajaure lokalt (överst) och totalt.

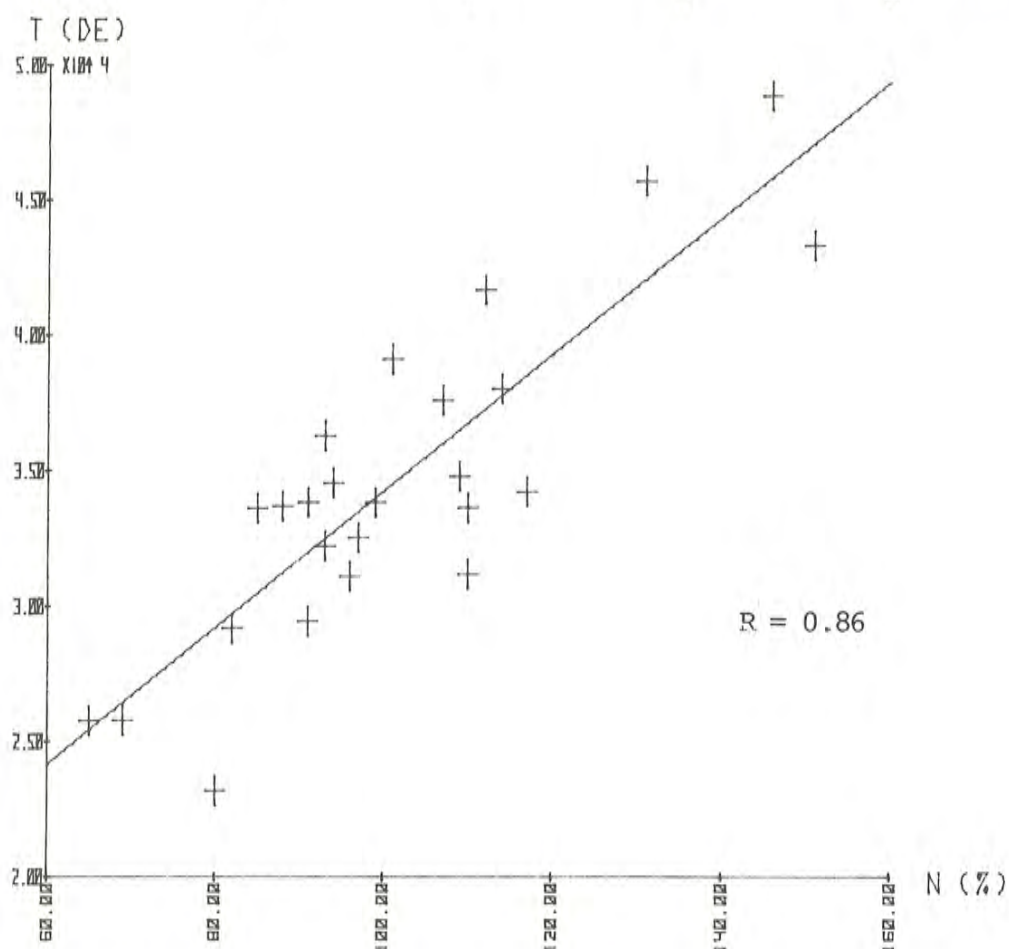
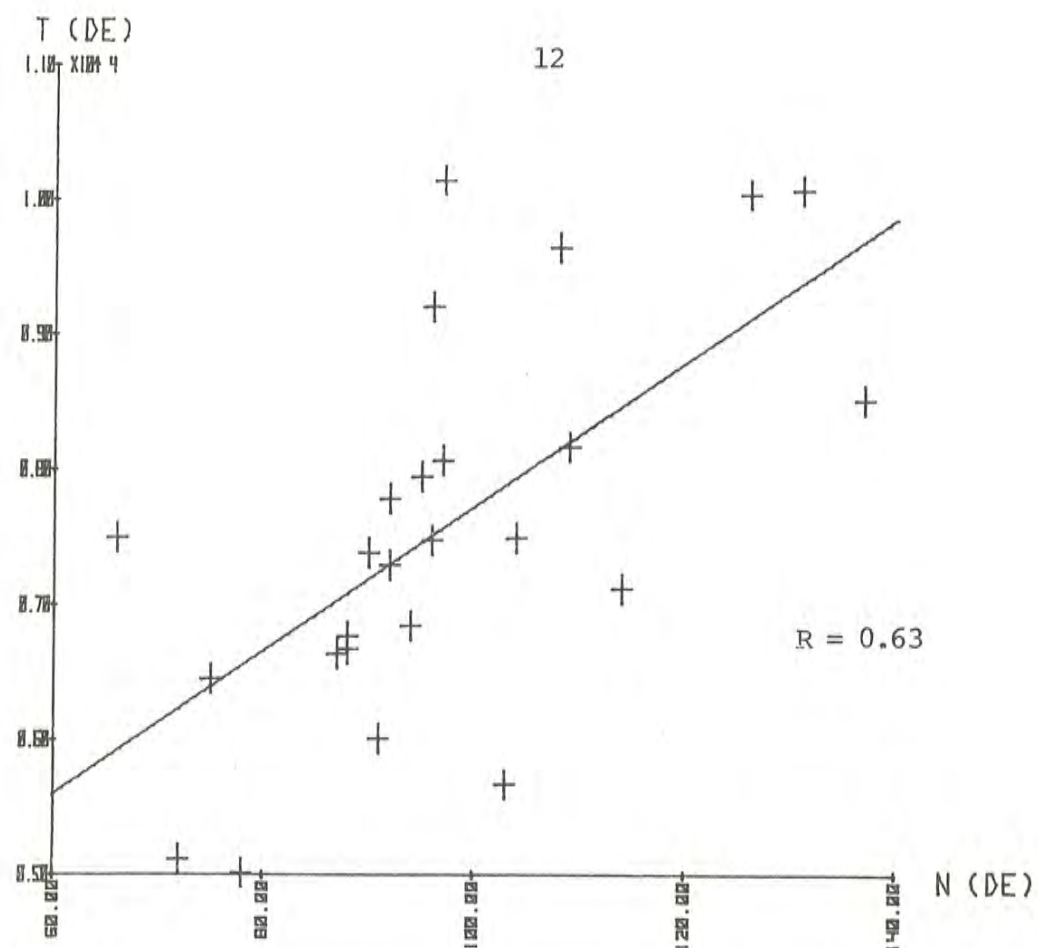


Fig. 6-7 Regressionslinjen mellan tillrinning och areal-index för Gardiken lokalt (överst) och totalt.

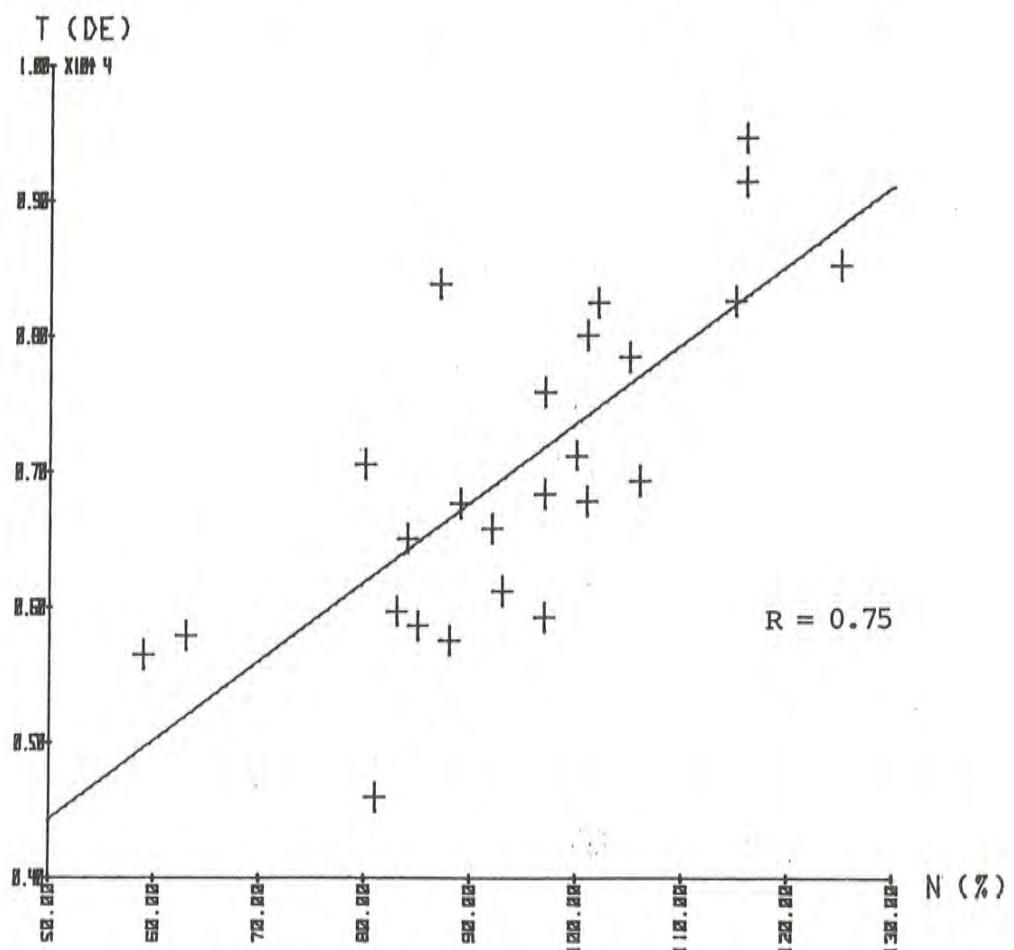
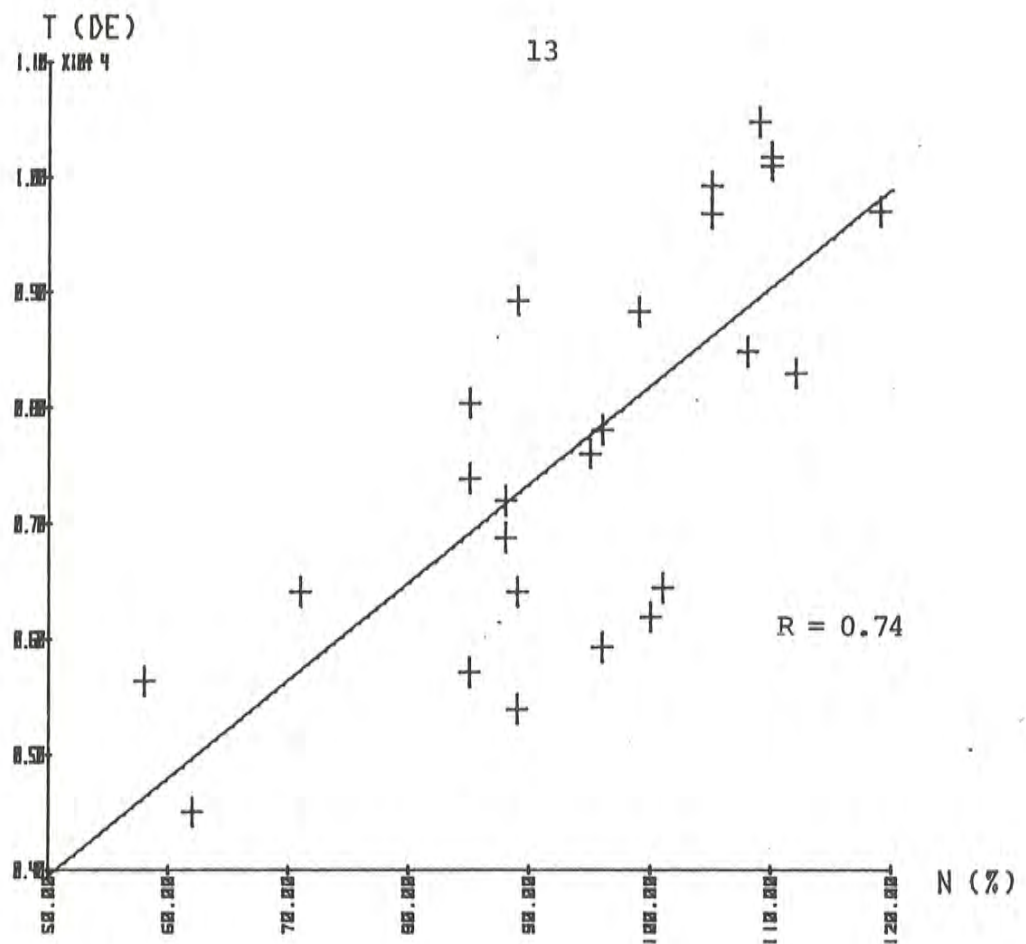


Fig. 8-9 Regressionslinjen mellan tillrinning och areal-index för Storuman (överst) och Juktan.

5.3 Jämförelse med regressionsmetoden.

Som tidigare nämnts sparades i ett första skede sex år för oberoende test och jämförelse med regressionsmetoden. Prognoser med regressionsmetoden har inte gjorts för den lokala tillrinningen till Ajaure och Gardiken, och endast för perioden okt - juli. I fig 10-14 redovisas resultaten i form av stapeldiagram. Den första stapeln representerar arealindexmetoden, och den andra regressionsmetoden. Från och med 1977 finns även en tredje stapel som motsvarar den levererade prognosen, efter att vissa manuella justeringar gjorts av regressionsmetodens resultat. För att ge en rättvis grund för jämförelsen har det verkliga utfallet korrigerats för nederbördsavvikelsen under prognosperioden (maj-juli). En riktig prognos ska ju vara lika med utfallet endast om nederbörden under prognosperioden varit normal. Denna korrigering har gjorts enl följande metod.

Den summerade tillrinningen för ackumulerings- och prognosperioden kan skrivas,

$$T = K_a \cdot \bar{P}_a + K_p \cdot \bar{P}_p - A + \Delta M$$

där

K_a = nederbörden under ackumuleringsperioden i förhållande till det normala

K_p = nederbörden under prognosperioden i förhållande till det normala

$\bar{P}_a$ = normalnederbörd under ackumuleringsperioden

$\bar{P}_p$ = normalnederbörd under prognosperioden

A = avdunstning

ΔM = ändringen i de naturliga magasinen

Om magasineringen ΔM försummas erhålls,

$$\frac{T_n}{T} = \frac{K_a \cdot \bar{P}_a - \bar{P}_p - A}{K_a \cdot \bar{P}_a - K_p \cdot \bar{P}_p - A}$$

där

T_n = den tillrinning som erhålls vid normal nederbörd under prognosperioden.

$\bar{P}_a$ och $\bar{P}_p$ är kända. K_a och K_p erhålls från kartor med

nederbörden i procent av normalt för respektive period. Avdunstningen antas vara ungefär densamma från år till år (se punkt 3 i avsnitt 2) och har med stöd av beräkningar med HBV- modellen (se kap. 1) satts till 130 mm vattenpelare.

Trots felkällor bör man med denna metod få en hygglig skattning av nederbördens betydelse under prognosperioden.

I figurerna finns inritat både det okorrigerade (streckad linje) och det korrigerade (heldragen linje) utfallet. Man bör alltså i första hand jämföra staplarna med den heldragna linjen.

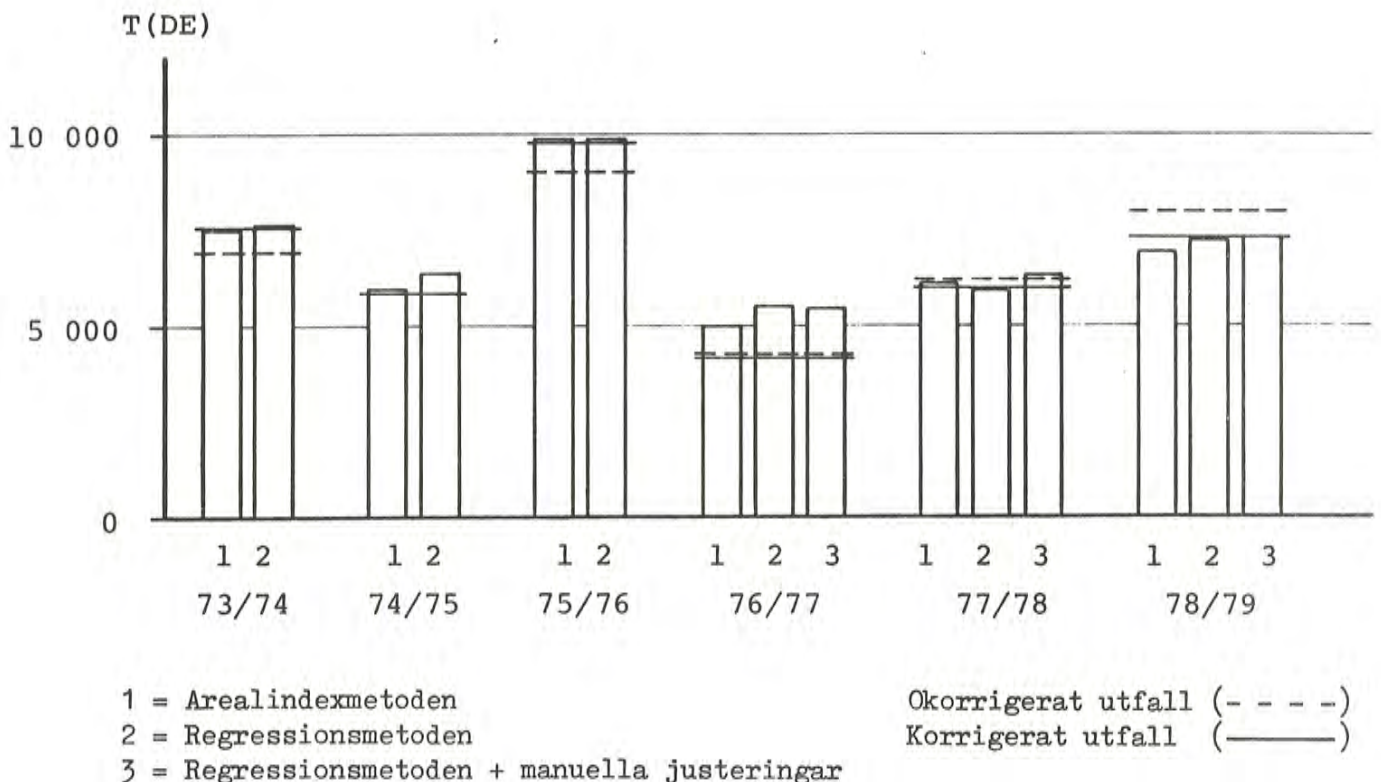


Fig. 10 Överuman. Beräknad tillrinning och utfall för perioden okt-juli. Oberoende test.

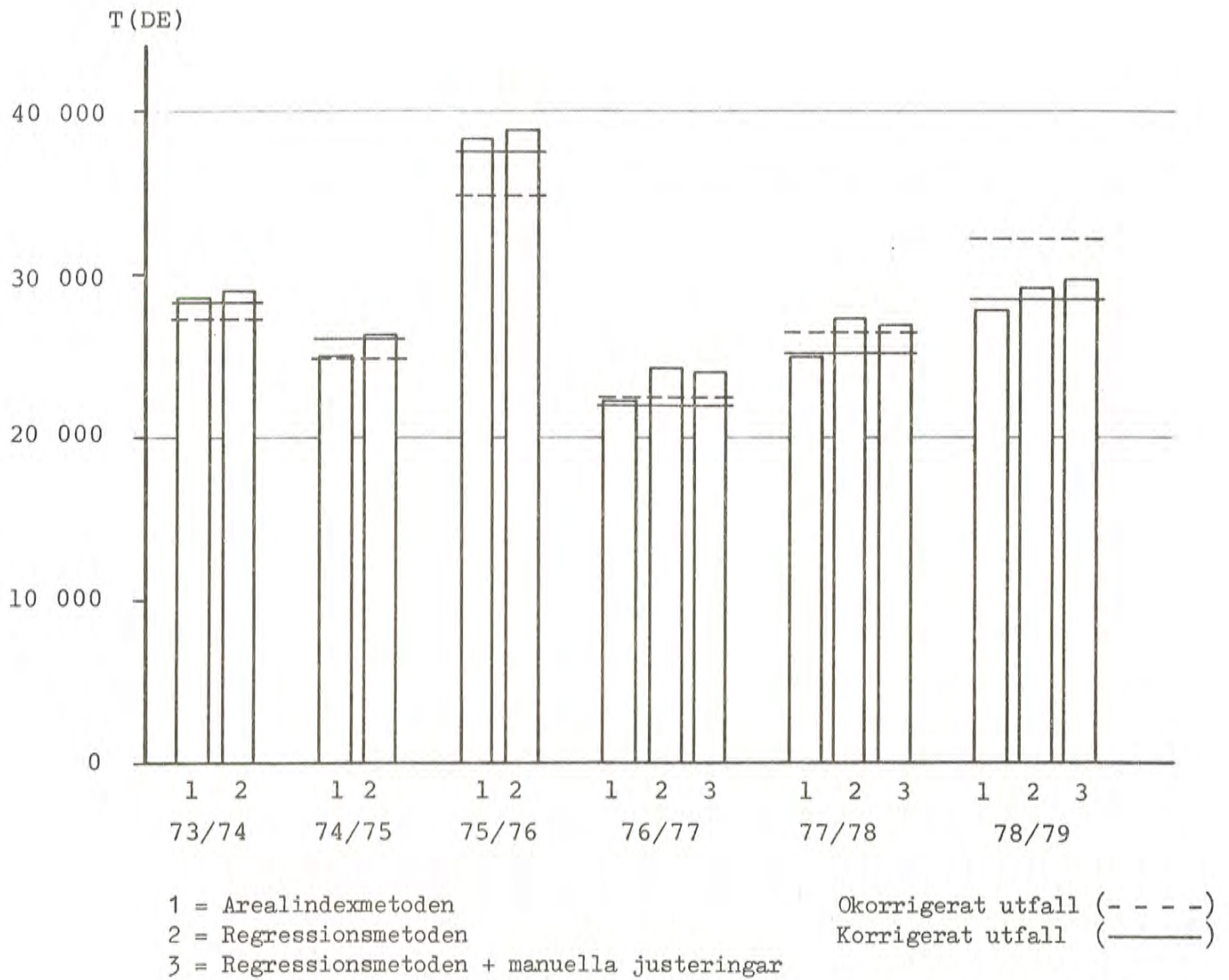


Fig. 11 Ajaure. Beräknad tillrinning och utfall för perioden okt-juli. Oberoende test.

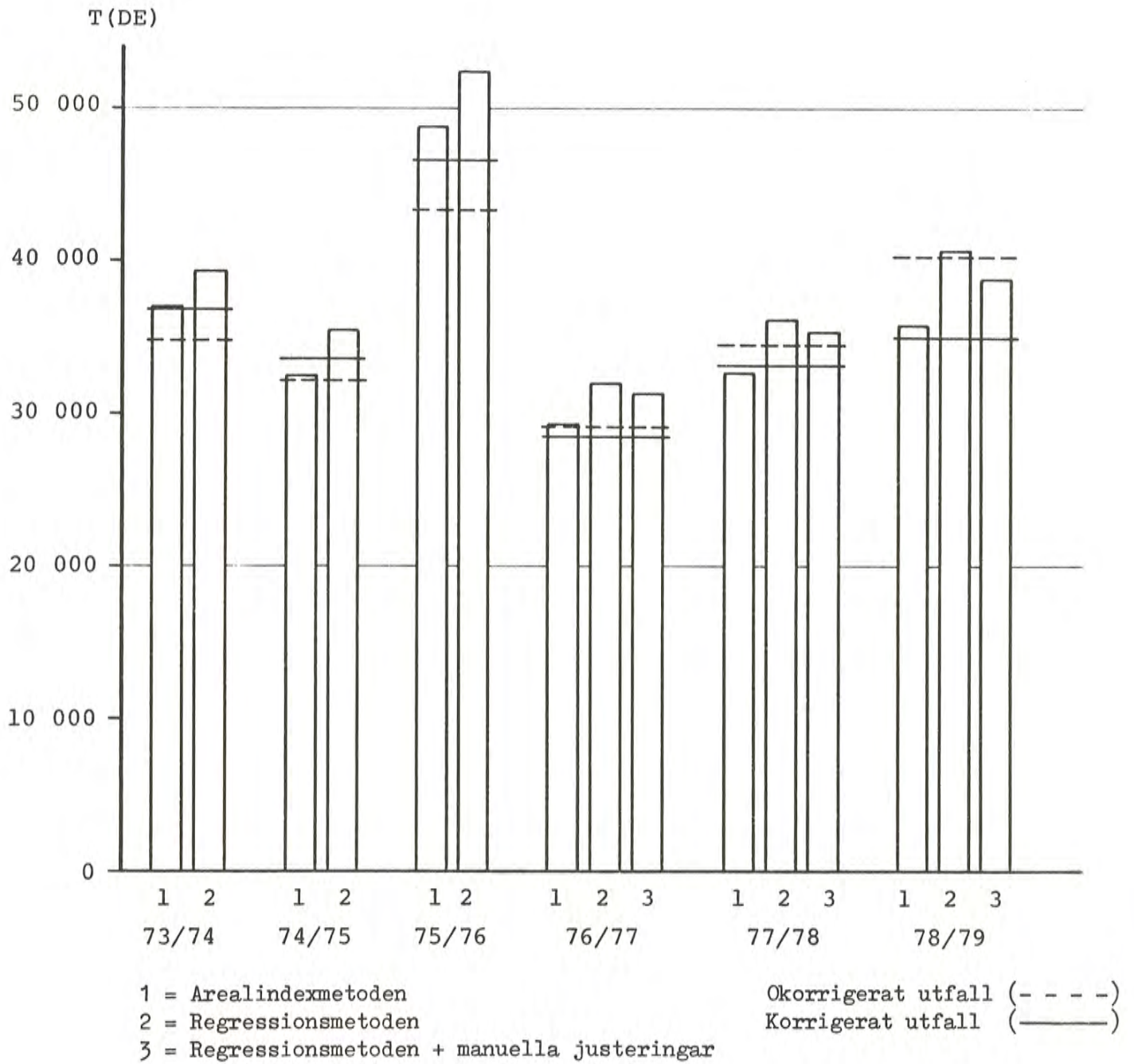
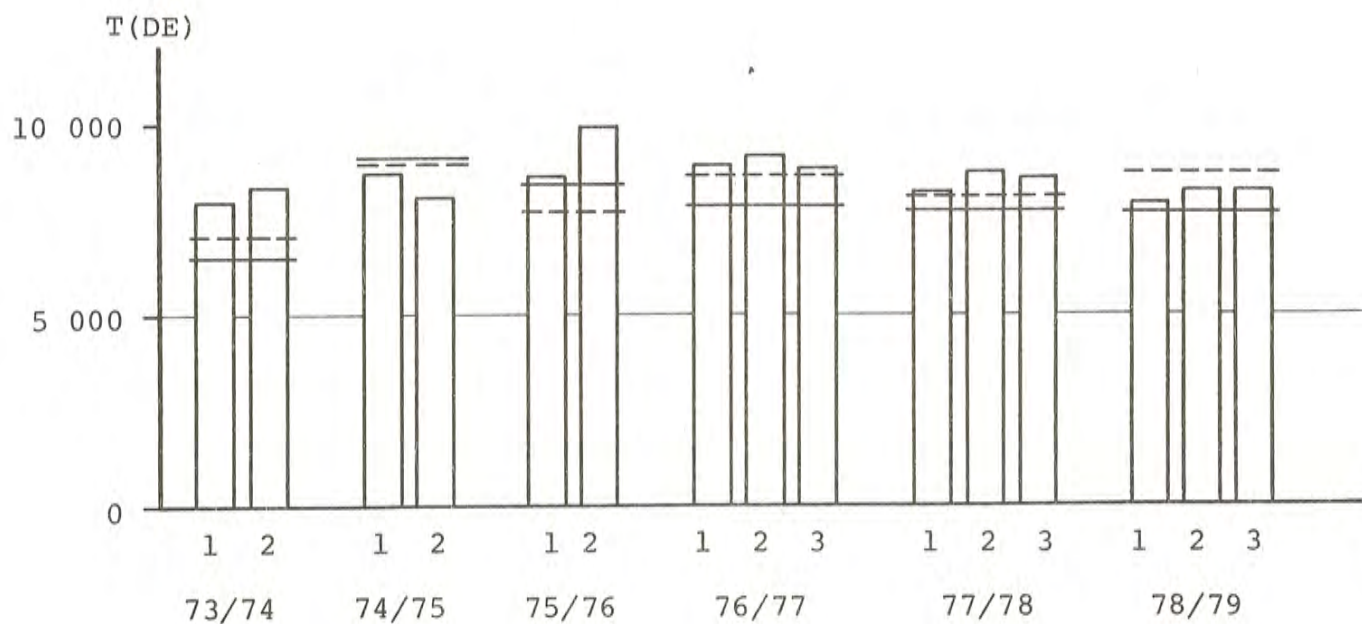
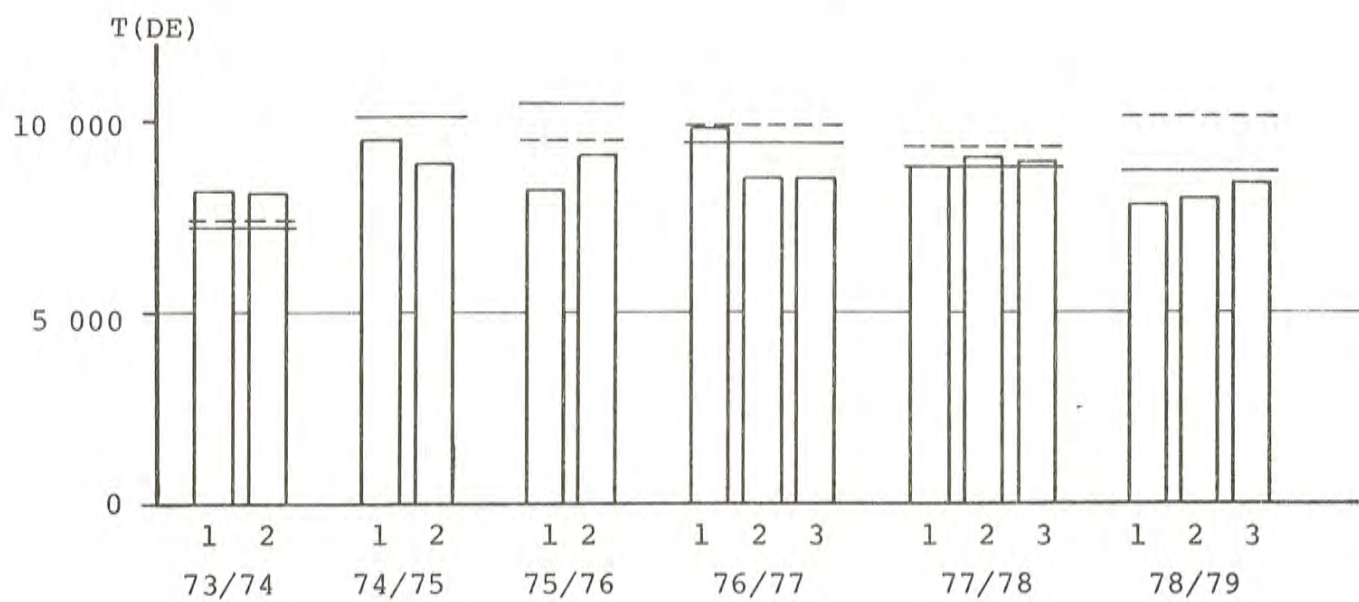


Fig. 12 Gardiken. Beräknad tillrinning och utfall för perioden okt-juli. Oberoende test.



1 = Arealindexmetoden
 2 = Regressionsmetoden
 3 = Regressionsmetoden + manuella justeringar

Okorrigerat utfall (---)
 Korrigerat utfall (—)

Fig. 13-14 Storuman (överst) och Juktan. Beräknad tillrinning och utfall för perioden okt-juli. Oberoende test.

En jämförelse visar att arealindexmetoden ger klart bättre resultat för Ajaure, Gardiken och Juktan. För Storuman erhålls med båda metoderna stora fel, och man kan ifrågasätta tillförlitligheten i tillrinningsvärdena. Båda metoderna går bra och är ungefär likvärdiga för Överuman.

6. FÖRSÖK TILL VIDAREUTVECKLING AV METODEN.

Försök har gjorts att med enkel indexprincip ta hänsyn till några av de faktorer, förutom vinternederbörden, som påverkar vårflodens storlek. Detta har helt enkelt skett genom att olika variabler testats i regressionsanalysen.

6.1 Nederbörden under prognosperioden.

På samma sätt som vid beräkningen av arealindex beräknades ett värde för nederbörden under prognosperioden. I tabell 2 återfinns korrelationskoefficienten med och utan denna variabel i regressionsekvationen.

Tabell 2.

Korrelationen mellan beräknad och observerad tillrinning före och efter att nederbördsindex för prognosperioden medtagits i regressionsekvationen.

OMRÅDE	FÖRE	EFTER
Överuman	0.916	0.929
Ajaure lokalt	0.830	0.882
Ajaure	0.865	0.906
Gardiken lokalt	0.630	0.739
Gardiken	0.860	0.915
Storuman	0.743	0.781
Juktan	0.671	0.710

Tanken med att införa denna variabel var att man tack vare minskad spridning skulle få mer välbestämda

ekvationer. (I prognosekvationen får man då ersätta variabeln med dess medelvärde.) Förändringen i ekvationerna blev dock försumbar, trots den avsevärda förbättringen i korrelationskoefficienten.

6.2 Fuktighetsindex

Vi vet att tillståndet i de naturliga magasinen på hösten har betydelse både för vintertillrinningen och för vårflo den (jmf avsnitt 2). Titeln antyder att de index som prövats inte renodlat kan sägas stå för vare sig grundvatten- eller markvattenmagasinet. De variabler som testats är:

1. Decembervattenföringen i ett litet naturligt vattendrag efter att eventuella flöden separerats. (Bör framför allt vara korrelerad med grundvattnet.)
2. Nederbörden under september.
3. Vattenföringen under september, i ett naturligt vattendrag.

Ingen av dessa variabler gavi ett första försök något signifikant bidrag till regressionsekvationen. Först sedan det tagits hänsyn till nederbörden under prognosperioden, och den i kap 6.1 beskrivna variabeln antagits, visade sig decembervattenföringen vara signifikant för vissa områden. Klart signifikant var den för Ajaure (även lokalt) och Gardiken. På gränsen till signifikant var den för Överuman och den lokala tillrinningen till Gardiken. Den vattenföringsstation som använts är Solberg som avvattnar ca 2/5 i nordost av det lokala området till Ajaure. Det är därför fullt rimligt med tanke på läget att den ger det ovan nämnda resultatet.

För Storuman och Juktan testades även Slätvik som avvattnar en mindre del av Juktans område, men för ingen av stationerna gav decembervattenföringen (med eventuella flöden separerade) någon signifikant förbättring i dessa områden. I fig. 15-17 åskådligörs den förbättring som erhålls när man inför nederbördsindex för prognosperioden (fig 16) och även separerad decembervattenföring (fig. 17) för Gardiken. Den inritade linjen motsvarar att beräknad är lika med observerad tillrinning.

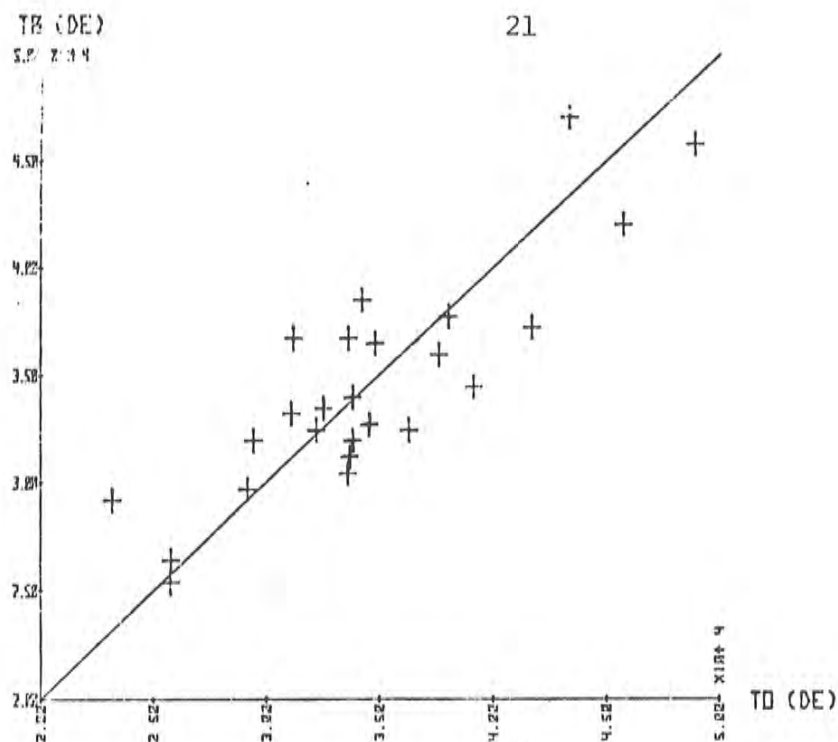


Fig. 15 Beräknad tillrinning plottad mot observerad för Gardiken. Oberoende variabel i regressionsekvationen är arealindex för okt-april $R = 0.86$.

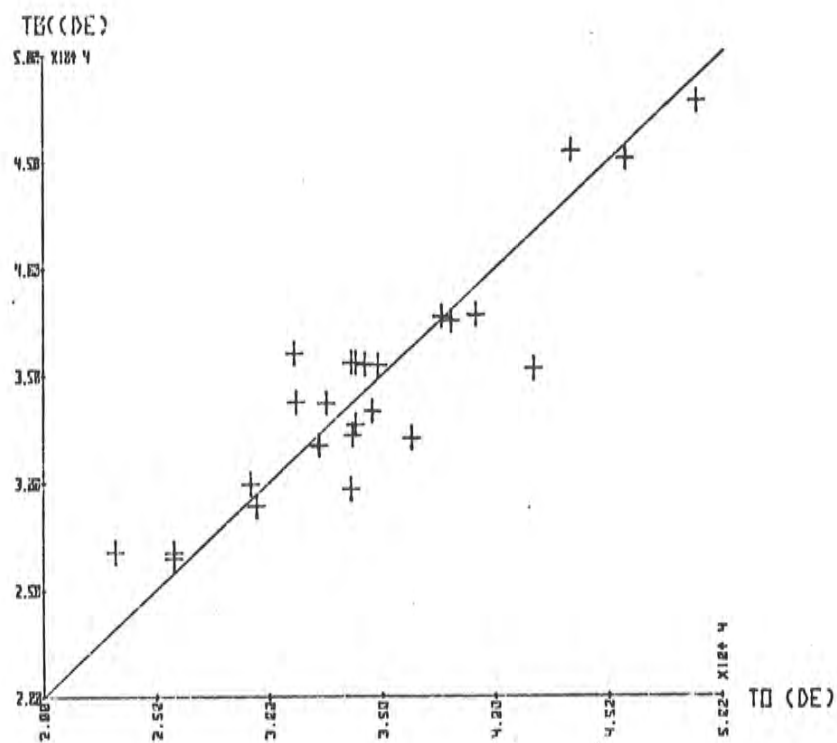


Fig. 16 Beräknad tillrinning plottad mot observerad för Gardiken. Oberoende variabler i regressionsekvationen är arealindex för okt-april och arealindex för maj-juli $R = 0.91$.

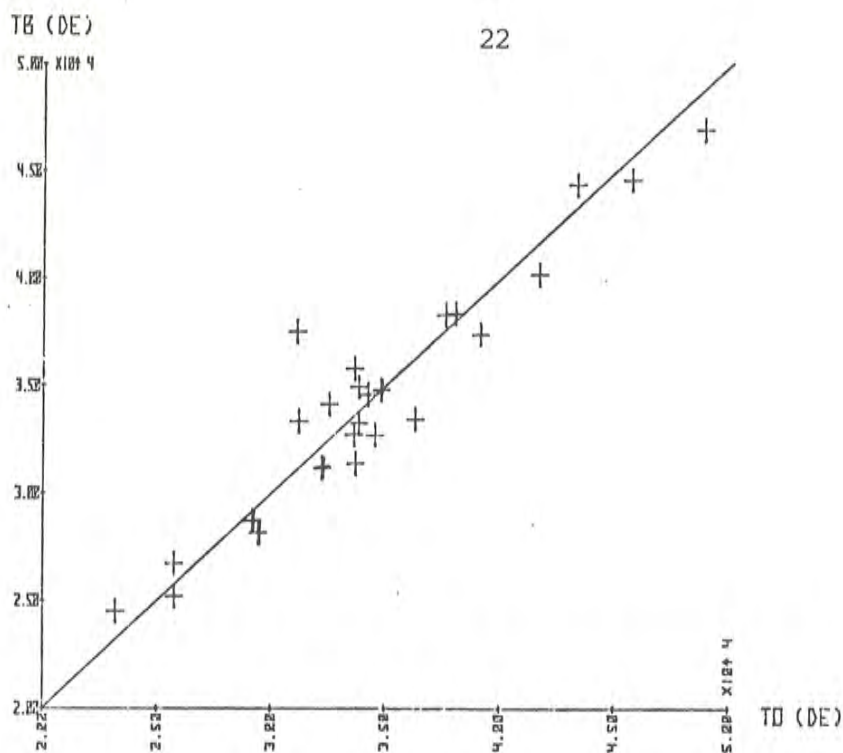


Fig. 17 Beräknad tillrinning plottad mot observerad för Gardiken. Oberoende variabler i regressionsekvationen är arealindex för okt-april, arealindex för maj-juli samt decembervattenföringen i Solberg $R = 0.95$.

6.3 Normalnederbördens variation.

Eftersom normalnederbörden varierar inom ett och samma område, betyder en procentsiffra inte riktigt samma absoluta mängd i olika delar av området. I princip så ökar normalnederbörden från öster till väster, och är i hög grad korrelerad med höjden över havet. I ett försök att ta hänsyn till detta gjordes på följande sätt:

1. Den linje längs vilken man får den största ökningen i normalnederbörd lades in i området. Tvärs denna linje bör man nu inte ha någon ökning i normalnederbörden.
2. Ökningen av nederbörden i procent av normalt längs denna linje beräknades. (Negativt värde erhålls om gradienten för nederbörden i procent av normalt är motsatt normalnederbördens gradient.)
3. Detta värde beräknades för varje år och användes som en variabel i regressionsanalysen.

Resultatet blev dock att ingen signifikant förbättring erhöles med denna variabel i regressionsekvationen. En förklaring kan vara att metoden är alltför grov, och att normalnederbördens mönster är relativt komplicerat i dessa områden. En annan förklaring kan vara att andra

7. DISKUSSION AV PROGNOSEMETODERNAS FÖR- OCH NACKDELAR.

En svag punkt både i regressions- och arealindexmetoden är som tidigare nämnts subtraktionen av vintertillrinningen för att få kvarvarande tillrinning för prognosperioden. Detta illustreras i figuren nedan.

TILLRINNING

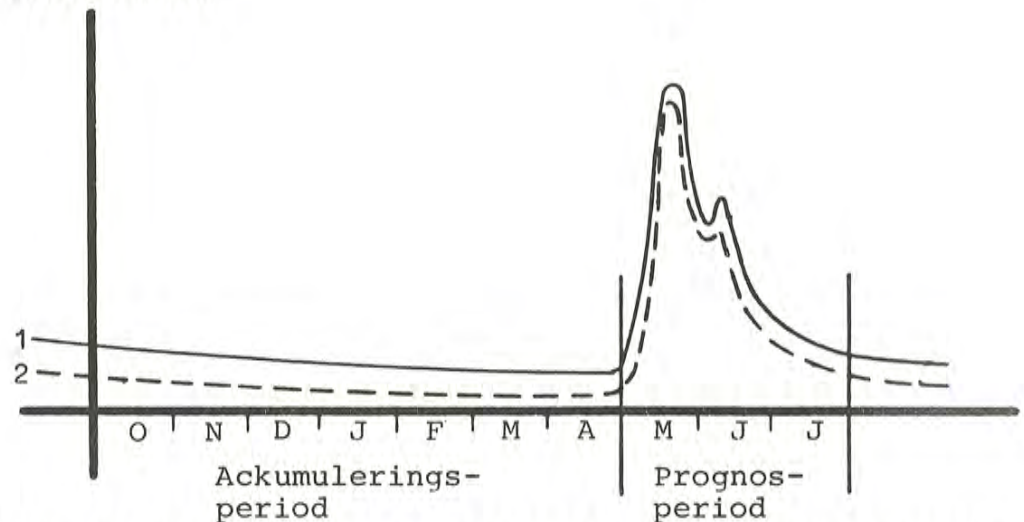


Fig. 18 Tillrinningen i två fall, där grundvattentillskottet är olika.

Låt kurva 1 och 2 vara tillrinningen i två tänkta situationer då den ackumulerade vinternederbörden är lika, men grundvattnet under hösten olika. Prognosen för hela perioden blir då densamma i båda fallen. Prognosen bygger ju på en ekvation som anpassats för ett flertal år och bör representera medelförhållanden i de naturliga magasinen. Om nu vintertillrinningen subtraheras så blir den kvarvarande tillrinningen större i fall 2 än i fall 1, detta trots att det verkliga utfallet är det motsatta.

Skillnaden i grundvattentillrinning är dock grovt överdriven i figuren. Denna är förmodligen ganska liten från år till år, speciellt i fjällområdena, men kan ändå få betydelse eftersom den består under en lång tid.

En del av vintertillrinningen utgörs av snösmältning och nederbörd i form av regn, och denna del bör naturligtvis subtraheras eftersom den tas från den ackumulerade nederbörden. Problemet är att det inte går att urskilja i tillrinningsvärdena hur stor del av vintertillrinningen som består av grundvatten och hur stor del som utgörs av smältvatten och nederbörd i form av regn.

Ett sätt att komma förbi detta problem vore att direkt beräkna regressionsekvationer mellan vinternederbörd och tillrinning under prognosperioden (i.st.f. hela perioden), men då inför man alltså en osäkerhet som beror på att olika stor del av vinternederbörden går till avrinning under vintern från år till år.

Om det är så att variationen i vintertillrinning framför allt beror på enstaka flöden och inte olika grundvattentillrinning så bör man få bättre resultat enligt den metod som innebär subtraktion av vintertillrinningen. För områdena i Umeälvens övre del har det bedömts att så är fallet. Man bör dock vara observant på problemet om metoden tillämpas i områden med stor grundvattenkomponent i tillrinningen.

Felet beroende på olika grundvattentillrinning elimineras om man kan ta hänsyn till grundvattenmagasinet på ett riktigt sätt i sina prognoser. Ett sätt har beskrivits i avsnitt 6.2 där decembervattenföringen (med eventuella flöden separerade) använts som en variabel i regressions-ekvationen. Även om man inte kan förvänta sig att detta index på ett kvantitativt riktigt sätt tar hand om grundvattenkomponenten, så bör dock det omtalade felet vid substraktion av vintertillrinningen minska.

Milanov och Häggström (1979) har diskuterat möjligheten att använda sig av grundvattenståndsmätningar för att förbättra prognoserna i Ångermanälven.

Nedan följer i ett antal punkter en genomgång av vilka för- och nackdelar arealindexmetoden har jämförts med regressionsmetoden:

1. Osystematiska lokala variationer såsom utsatthet vid en viss vindriktning eller vädertyp får mindre inverkan. Vid dragningen av isolinjerna försöker man ju finna ett mer storskaligt mönster, där man inte tar så stor hänsyn till enstaka stationers värden. Av samma skäl får

felmätningar av nederbörden mindre betydelse med areal-indexmetoden.

2. Man behöver inte kalibrera om metoden vid homogenitetsbrott eller nedläggning av en enskild nederbördsstation. Oupptäckta homogenitetsbrott får mindre betydelse.
3. Arealindexmetoden ställer inte samma krav på långa nederbördsserier. Olika stationer och så många som möjligt används varje år. Detta innebär att man tar bättre vara på den tillgängliga informationen.
4. Metoden tar automatiskt hänsyn till extrema geografiska fördelningar av vinternederbörden. Med regressionsmetoden kan man ha "otur" och få alla sina stationer i samma område av fördelningen.
5. Kalibreringsjobbet blir mer omfattande eftersom det kräver insamling av större datamängder och en hel del kartarbete.
6. Isolinjernas dragning blir i vissa fall ganska subjektiv. Man bör därför studera de kartor som använts vid kalibreringen innan man tillämpar metoden. (Såvida inte samma person gör båda delarna.) Man bör också göra en generell instuktion för hur dragningen ska gå till.

Som nämdes i inledningen så är den nya metoden främst tänkt att vara ett alternativ till regressionsmetoden. Även i de områden där man framför allt är intresserad av att göra långtidsprognoser över vårfloden kan man emellertid tänka sig ett val mellan HBV-modellen och arealindexmetoden. Det kan därför vara värdefullt med en kort diskussion om dessa båda metoders för- och nackdelar i förhållande till varandra. Det är i huvudsak fem punkter som är intressanta.

1. En begränsning med arealindexmetoden är att prognoser endast kan göras vid vissa på förhand bestämda datum. Nämligen de datum för vilka ekvationer finns kali-

brerade. Med HBV-modellen däremot kan man göra en ny prognos närhelst det är av intresse. Om det t ex har kommit extremt mycket nederbörd första veckan i en månad så kan man genast göra en ny prognos och behöver inte vänta till nästa månadsskifte.

2. De naturliga magasinen markvatten och grundvatten ingår på ett fysikaliskt rimligt sätt i modellen, och man håller kontinuerligt budget på dessa magasin. (Jmfr. de tidigare nämnda problemen vid substraktion av vintertillrinningen med arealindexmetoden).
3. Nya rön beträffande de fysikaliska processerna kan lättare inkorporeras i en metod av typ HBV-modellen.
4. Liksom regressionsmetoden är HBV-modellen beroende av några enstaka nederbördsstationer med relativt långa serier. En skillnad är dock att stationsvalet görs utifrån subjektiva bedömningar, och att serierna ej behöver vara lika långa som med regressionsmetoden.
5. Arbetsinsatsen och kostnaderna vid kalibrering och tillämpning av arealindexmetoden är lägre. Preliminära beräkningar visar att kostnaden för kalibrering av ett område är ca en tredjedel till en fjärdedel av kostnaderna med HBV-modellen, och kostnaderna per prognostillfälle är drygt hälften. De högre kostnaderna för HBV-modellen ligger framför allt på datahanteringsidan, eftersom modellen räknar kontinuerligt med dagliga värden.

En möjlighet som bör övervägas är om man kan använda kartor med nederbörden i procent av normalt för att förbättra snöackumuleringsrutinen i HBV-modellen.

8. SLUTSATSER.

I de områden i Umeälvens övre del där arealindexmetoden används har den gett klart bättre resultat än regressionsmetoden för tre områden (Gardiken, Ajaure och Juktan)

och likvärdiga resultat för två (Överuman och Storuman) vid test på en oberoende period. Detta är ett starkt test och slutsatsen måste bli att metoden verkligen är bättre. En annan fråga är huruvida det förbättrade resultatet står i rimlig relation till den ökade arbetsinsats som kalibrering av arealindexmetoden innebär. Denna arbetsinsats minskar naturligtvis allt eftersom rutinen ökar, men är ändå avsevärt större än med regressionsmetoden. Arbetsinsatsen vid tillämpningen förmodas dock bli ungefär densamma.

Det har visat sig svårt att i en regressionsekvation på ett enkelt sätt ta hänsyn till de olika hydrologiska faktorer som påverkar vårflodsvolymen. Inget av de index som testats för att ta hänsyn till mark- och grundvattenmagasinen har gett genomgående signifikanta förbättringar. Möjligen kan decembervattenföringen i Solberg (med eventuella flöden separerade) vara ett hyggligt index på grundvattenmagasinet i Ajaure och Gardiken. Ett problem med det statistiska betraktelsesättet är svårigheten att urskilja effekten av de olika hydrologiska faktorerna. Fel i tillrinningsvärdena eller att en viktig faktor ej medtagits kan göra att effekten av en annan "maskeras".

Ett annat problem uppstår när man försöker kombinera en statistisk metod med ett mer fysikaliskt tänkande. Ett exempel på detta är de i kap. 7 beskrivna svårigheterna när man subtraherar vintertillrinningen för att få kvarvarande tillrinning för prognosperioden. Även om man har med grundvattenmagasinet i form av en variabel i regressionsekvationen, så kan man aldrig vara säker på att detta beskrivs på ett kvantitativt riktigt sätt. Subtraktionen görs ju för att hålla budget på det ackumulerade snötäcket, men samtidigt drar man alltså bort grundvattentillrinningen utan att man vet att denna ingår på ett kvantitativt riktigt sätt i den prognos som görs för hela perioden.

REFERENSER

- S Bergström, 1976 "Development and application of a conceptual runoff model for Scandinavian catchments". SMHI Rapporter, serie HYDROLOGI OCH OCEANOGRAPHI, nr RHO 7, Norrköping.
- N.R Draper & H Smith, 1966 "Applied regression analysis". Wiley Series in Probability and Mathematical Statistics.
- T Milanov & M Häggström, 1979 "Grundvattenmätningar i Ångermanälvens övre tillrinningsområde". SMHI, HBV, PM nr 272, Norrköping.

HYDROLOGISKA BYRÅN HB RAPPORTER

Nr

1. Hydrologiska undersökningar i Kassjöåns repr. område
Meddelande nr III
Vattenomsättningen i Lilla Tivsjöns område 1966/67-1972/73
av A Waldenström
Stockholm 1974
2. Hydrologiska undersökningar i Lappträskets repr. område
Meddelande nr IV: Nederbörd och vattenomsättning
av M Persson
Stockholm 1974
3. Oceanografiska observationer i Östersjön 1973 med kust-
bevakningens båtar samt från isbrytare
av U Ehlin & B Juhlin
Stockholm 1974
4. Oceanografiska undersökningar i Ålands Hav
Meddelande nr I: Mätningar juni-september 1973
av U Ehlin & C Ambjörn
Stockholm 1974
5. Verification of Heated Water Jet Numerical Model
by James G Weil
Stockholm 1974
6. Hydrologiska undersökningar i Lappträskets representativa
område. Meddelande nr V. Markvattenstudier
av T Milanov
Stockholm 1975
7. Hydrologiska undersökningar i Lappträskets repr. område
Meddelande nr VI: Vattenomsättningen 1968-73 med felupp-
skattning
av M Persson
Stockholm 1975
8. Hydrologiska undersökningar i Kassjöåns repr. område
Meddelande nr IV. Snötaxering 1974 och vattenomsättning
1969-73
av A Waldenström
Stockholm 1975
9. Snösmältningen i en punkt som funktion av meteorologiska
data
av Stig Jönsson
Stockholm 1975
10. Oceanografiska undersökningar i Ålands Hav
Meddelande nr 2: Mätningar okt-dec 1973 och juli-sep 1974
av U Ehlin och C Ambjörn
Stockholm 1975

11. Oceanografiska observationer i Östersjön 1974 med kustbevakningens båtar samt från isbrytare
av U Ehlin och B Juhlin
Stockholm 1975
12. Vattenomsättning och flöde i Stormyra-området
av Lennart Liljequist och Lars Sterner
Stockholm 1975
13. Hydrologiska undersökningar i Lappträskets representativa område. Avrinningen och dess variationer inom området.
av M Persson
Norrköping 1976
14. Vattenomsättningsstudier m.m. i Velens och Kassjöåns representativa områden
av A Waldenström
Norrköping 1976
15. Strömmätningar i sundet mellan Värmlandssjön och Dalbosjön, Vänern. Vänernundersökningen, meddelande nr 1
av B Carlsson och M Brandt
Norrköping 1976
16. Oceanografiska observationer i Östersjön 1975 med Kustbevakningens båtar samt från isbrytare
av U Ehlin och B Juhlin
Norrköping 1976
17. Oceanografiska undersökningar i Ålands Hav 1975
Meddelande nr 3. Mätningar 74-75. Vattentransporter.
av U Ehlin och C Ambjörn
Norrköping 1976
18. Tillämpning av HBV-modellen på regleringsmagasin Ångermanälven.
av Sten Bergström och Stig Jönsson
Norrköping 1976
19. Grundvattenståndsmätningar i Ångermanälvens övre tillrinningsområde av
av T Milanov
Norrköping 1976
20. Beräkning av frekvenser av torrår
av Lars Gottschalk
Norrköping 1976
21. Hydrografi och sandsugning
av M Brandt
Norrköping 1976
22. Hydrologiska undersökningar i Lappträskets representativa område. Meddelande nr VIII: Vattenomättning och avdunstning under perioden 1968-76
av M Persson
Norrköping 1976

23. Oceanografiska observationer i Östersjön 1976 med kustbevakningens båtar
av U Ehlin och B Juhlin
Norrköping 1977
24. Oceanografiska undersökningar i Ålands Hav
Meddelande nr IV
Mätningar 1975/76 vatten- värme- och materialtransportberäkningar
av U Ehlin och C Ambjörn
Norrköping 1977
25. Ström- och vattentransportstudier i norra Öresund sydöstra Kattegatt och i Skälderviken
av M Brandt
Norrköping 1977
26. Strömmätningar i Himmerfjärden 1976.
av Erland Bergstrand
Norrköping 1977
27. Oceanografiska observationer i Östersjön 1977 med kustbevakningens båtar.
av U Ehlin och B Juhlin
Norrköping 1978
28. Slutrapport över hydrologiska undersökningar i Velens representativa område
av Annika Waldenström
Norrköping 1977
29. Slutrapport över hydrologiska undersökningar i Kassjöåns representativa område
av Annika Waldenström
Norrköping 1977
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
31. Basnät för vattentemperatur. Stationsförteckning 1978-01-01
av O Cabelis och A Moberg
Norrköping 1978
32. Operational Hydrological Forecasting By Conceptual Models
by S Bergström, M Persson and B Sundqvist
Norrköping 1978
33. Slutrapport över hydrologiska undersökningar i Lapträskets representativa område
av M Persson
Norrköping 1978

34. Oceanografiska observationer runt svenska kusten med
kustbevakningens båtar
av U Ehlin och B Juhlin
Norrköping 1979
35. Utvärdering av 1979 års vårflödesprognoser
av S Bergström och S Jönsson
Norrköping 1979
36. Oceanografiska observationer i Östersjön 1979 med kust-
bevakningens båtar
av U Ehlin och B Juhlin
Norrköping 1980
37. Vårflodsvolymprognoser baserade på analys av nederbörds-
kartor
av S Jönsson
Norrköping 1980

