SMHI HYDROLOGI
Nr 37, 1992

SKOGENS INVERKAN PÅ VATTENBALANSEN

Maja Brandt

Projektet är finansierat av Vattenregleringsföretagens Samarbetsorgan (VASO) och SMHI

SMHI HYDROLOGI

Nr 37, 1992

10 23.

SKOGENS INVERKAN PÅ VATTENBALANSEN

Maja Brandt

INNEHÅLL

	Sid.
Sammanfattning	1
Inledning	1
Målsättning	3
Metodik och databas	3
Klimatet	3
Analysmetod	4
Analysmetod 1: Observerade mätserier	4
Analysmetod 2: Modellteknik	5
Skogstillväxt	5
Resultat	6
Differens mellan nederbörd och avrinning	6
Dalälven	6
Indalsälven	8
Emån, Ljungbyån och Fylleån	10
Modellsimulering	12
Dalälven	12
Indalsälven	15
Emån, Ljungbyån och Fylleån	15
Diskussion	18
Skogen och vattenbalansen	18
Differens mellan nederbörd och avrinning	19
Modellsimulering	20
Slutsatser	20
Referenser	20

Omslagsfoto: Skogsplantering på f d åker, Östergötland. Maja Brandt 1992.

Tryckt på SMHIs tryckeri, Norrköping 1992

SKOGENS INVERKAN PÅ VATTENBALANSEN

SAMMANFATTNING

Virkesmängden i Sveriges skogar har ökat under 1900-talet och i första hand beror det på ökad skogsproduktion. I södra Sverige har även skogsmarksarealen ökat något. Eftersom träd tar upp vatten från marken, har det diskuterats om detta innebär att avdunstningen ökat och i sin tur avrinningen minskat. Frågan har analyserats dels genom beräkning av differensen mellan nederbörd (omräknad till areell och höjdkorrigerad nederbörd) och avrinning, dvs ett relativt mått på evapotranspirationen, för ett antal avrinningsområden i Sverige, och dels genom modellsimulering med HBV-modellen från 1930-talet och framåt.

Differensberäkningen utifrån den uppmätta nederbörden och avrinningen visar att våta år medför inte bara hög avrinning utan även ofta något högre evapotranspiration än torra år. Man kan inte se några tydliga förändringar i evapotranspirationen i någon av de undersökta områdena mer än mindre upp- och nergångar, som troligen mest beror på klimatets fluktuationer.

Indata till modellen är nederbörd och lufttemperatur. Modellen tar hand om de väderberoende fluktuationerna och gör det är lättare att skilja klimatförändringar från effekten av ändrad markanvändning. Inte heller den analysen visar några klara trender i evapotranspirationen och avrinningen. Eventuella förändringar försvinner i det brus som uppstår av ofullständiga indata (ett glest nederbördsnät på grund av kravet på homogena långa serier) och på de förenklingar av naturen som ändå sker i modellen. Studien tyder alltså på att det inte skett några tydligt påvisbara förändringar av evapotranspirationen och avrinningen på grund av ökad skogstillväxt.

INLEDNING

Under 1900-talet har tillväxten i Sveriges skogar i stort sett ökat kontinuerligt. För hela Sverige gäller, att tillväxten ökat med 50 % sedan 1920-talet från ca 60 till 90 millioner m^3sk (skogskubikmeter) per år. Den ökade tillväxten beror på förbättrad skogsvård, tätare skogar, förädlat skogsodlingsmaterial, gödsling, dikning och ökat kvävenedfall. En stagnation av tillväxten i Sverige skedde under 1950-talet och i början av 1960-talet till stor del på grund av kraftigt ökande areal av plantskog (Nilsson, 1990). Den ökade tillväxten i Sverige beror främst på mer biomassa per ytenhet. I södra Sverige har dessutom skogsmarksarealen ökat genom beskogning av tidigare åkermark, hagar, hedar (främst i Halland) mm.

Frågan om skogens inflytande på vattenbalansen har diskuterats i många år. Flertalet undersökningar i små avrinningsområden visar att avrinningen ökar vid avverkning (Hibbert, 1967; Bosch and Hewlett, 1982; Pearce et al., 1987; Brandt et al., 1988) och minskar vid beskogning (Bosch and Hewlett, 1982; Calder and Newson, 1979; Robinson et al., 1991), medan det främst från USSR rapporterats att den årliga

avrinningen ökar med andelen skog i stora avrinningsområden (Rakhmanov, 1970; Federov and Marunich, 1989; Garczynski, 1980).

Vattenbalansens olika komponenter i skogen står i ett komplext samband och trots omfattande undersökningar är vår kunskap alltjämt ofullständig. I vår klimat förefaller nederbördsmängderna påverkas föga om landytan är skogbeväxt eller öppen bortsett från mera lokala effekter av skogsbryn mm. I skogen når dock en mindre del av nederbörden marken än i ett öppet område på grund av interception, dvs nederbörd som fastnar i vegetationen för att senare droppa ner eller avdunsta. I en 40-årig granskog i södra Sverige var t ex interceptionen hos de enskilda träden 57% av den nederbördsmängd som föll under maj-aug. Nederbörden i gläntorna var endast 64% av den på ett öppet fält på grund av skuggverkan (Lundmark, 1986).

Evapotranspirationen, dvs vattenavgången från mark och växter, består av flera komponenter - interceptionsförlust (avdunstning från vatten/snö som fastnat på vegetationen), avdunstning från mark och transpiration. Evaporation sker från våta ytor och mark, medan transpiration sker via växternas klyvöppningar i bladen. Båda processerna drivs av meteorologiska förhållanden. Under sommaren är transpirationen den större vattenförlusten i mellansvenska skogar. Bringfelt (1985) har beräknat att interceptionsförlusterna var 19% av den totala evapotranspirationen, transpirationen 78% och avdunstningen från intercepterat regn på undervegetation och från marken var 3% för Velen-området i Västergötland under somrarna 1973 och 1974. I klimatområden med rikligare nederbörd och stort antal regndagar under året kan däremot interceptionsförlusterna vara dubbelt så stora som transpirationen (Calder, 1990; Pearce and Rowe, 1979).

Interceptionsförlusterna och transpirationen från en skog är beroende av klimatet och hur skogen ser ut. Står träden tätt, vad är det för slags typ av träd, finns det någon undervegetation, regnar det ofta och rikligt osv? Interceptionsförlusterna styrs enligt Roberts (1983) i första hand av nederbördsfrekvensen och varaktigheten, medan de enskilda trädens och beståndens utseende spelar en mindre roll. Transpirationen styrs av betydligt fler faktorer såsom klimat, skogens ålder, arter, struktur och markfuktighetsförhållanden. Teklehaimanot m fl (1990) har visat att throughfall, dvs den genomfallande nederbörden, ökar vid utglesning av en granskog och därmed minskar interceptionsförlusterna, men i en tät skog hämmas dock avdunstningen på grund av brist på ventilation. Minskningen av interceptionsförlusterna vid utglesning står därför inte i proportion till utglesningens storlek. I ett utglesningsförsök i England förändrades interceptionsfaktorn (interception/nederbörd) endast försumbart, när en tredjedel av skogen gallrades ut (Calder, 1990). Enligt en sammanställning av Roberts (1983) är den årliga transpirationen uppmätt i försöksområden i brittiska skogar bestående av olika trädslag förvånadsvärt lika. Några av områdena bestod av täta planteringar utan undervegetation, andra var glesa med undervegetation. I Thetford Forest, East Anglia, fann han t ex att bräken och ormbunke under tallskog bidrog med 60% av skogens transpiration under torra förhållanden och 25% under mer normala förhållanden. Den slutsats som Roberts drar är att undervegetationen kan jämna ut transpirationsskillnader mellan olika täta bestånd. Det förutsätter dock att marken inte torkar ut för kraftigt.

Omfattande undersökningar har utförts av effekten av granskogsplanteringar på tidigare hedmarker i the Uplands i England. De visar att avdunstningsförlusterna från barrskogen är större än från gräsmark i humida trakter (Calder, 1990). Från motsvarande undersökningar i Skottland rapporteras dock små avrinningsförändringar orsakade av beskogning resp avverkning. De klimatologiska fluktuationerna var betydligt större under mätåren (muntlig inf. Robinson). Från det torrare engelska låglandet, där lövskog planterats på åker, visar däremot undersökningar att interceptionsförlusterna är små och att trädens vattenförbrukning är mindre eller nära gräsets (Harding, 1992). Storleken på avrinningsförändringar efter skogsplantering beror dels på markanvändningen före planteringen, dels på årlig nederbördsmängd och fördelning under året.

Det är svårt att dra någon säker slutsats vad den ökade svenska skogstillväxten har för inverkan på vattenbalansen utifrån den befintliga litteraturen. Dalälvens Vattenregleringsföretag (DVF) har tagit fram ett diagram över årsnederbörd, avrinning samt differens mellan nederbörd och avrinning (avdunstning) för Dalälven, som tyder på att differensen har ökat från 1930-talet och framåt. Största ökningen skedde fram till 1950-talet. För att närmare följa upp detta har Vattenreglerings-företagens Samarbetsorgan (VASO) och SMHI bekostat en studie av långsiktig vattenbalans, som har utförts av SMHI. Projektet startade 1989.

MÅLSÄTTNING

Syftet med följande studie är att analysera relativt långa hydrologiska och klimatologiska observationsserier för olika avrinningsområden i Sverige, beräkna differensen mellan nederbörd och avrinning, som är ett relativt mått på avdunstningen, och försöka relatera eventuella förändringar till tillgänglig skogsstatistik.

METOD OCH DATABAS

Klimatet

Det är en stor naturlig variabilitet i nederbörds- och avrinningsserier på grund av variationer i klimatet år från år. Alexandersson och Eriksson (1989) har studerat klimatfluktuationer i Sverige under perioden 1860 - 1987. Det finns en ökning i nederbörden runt 1920, men den kan ha orsakats av bättre instrument, vindskydd och bättre medvetenhet om behovet av skyddade lägen. Efter 1920 finns ingen trend i årsnederbörden, men det är en förskjutning mot blötare vinterhalvår och, i södra Sverige, något torrare somrar (Alexandersson och Dahlström, 1992). Det finns även en analys utförd av de långsiktiga förändringarna av landets vattentillgångar och deras regionala fördelning (Jutman, 1991). Trendmönstren för avrinningen är generellt svaga. De regionala trendmönstren för den senaste 60-årsperioden uppvisar en negativ trend för större delen av fjällområdet och en positiv för västkusten och sydöstra Norrland. En förklaring kan vara en förändring i vädersystemens rörelse.

En analys av extrema nederbörds- och avrinningshändelser i Sverige (Vedin och Eriksson, 1988, resp. Lindström, 1992) visar, att de är slumpvis fördelade, men att t ex 1970-talet hade få flöden, medan de var rikligt förekommande på 1980-talet.

Vid analys av eventuella förändringar i vattenbalansen är det viktigt att serierna är homogena utan t ex förändrade lägen för nederbördsmätare och förändringar i avbördningen för avrinningsstationen. Kvalitets- och homogenitetstester av befintliga långa nederbörds- och avrinningsserier har utförts.

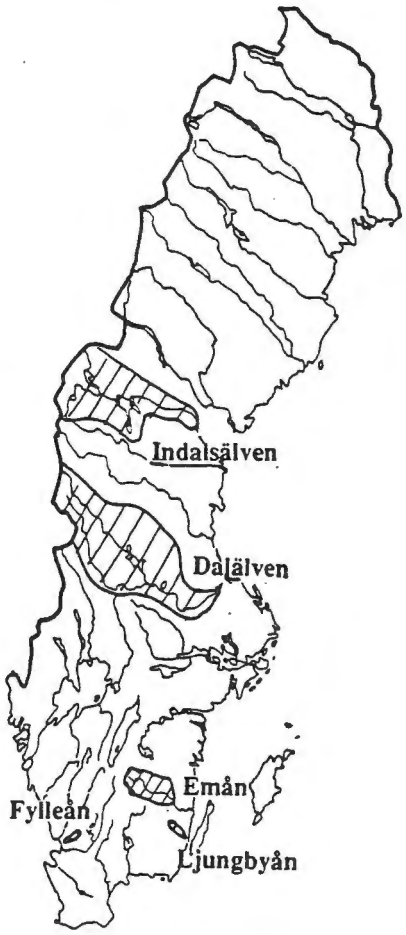
Analysmetod

För analysen har två olika metoder använts. I den första studien har observerade nederbörds- och avrinningsserier använts för beräkning av differens mellan nederbörd och avrinning (= avdunstning), och i den andra har modellteknik utnyttjats.

Analysmetod 1: Observerade mätserier

En preliminär statistisk analys av nederbörds- och avrinningsmätserier för åren 1945-87 har utförts av Jutman et al. (1989). Resultaten från den tyder på en möjlig ökning av evapotranspirationen (beräknad som differens mellan nederbörd och avrinning).

I denna studie har analysen gjorts om för några avrinningsområden utspridda i Sverige (karta, se figur 1). För varje avrinningsområde har lämpliga nederbörds-stationer valts ut, som har varit i drift hela den analyserade perioden (i några fall



Figur 1. Karta över analyserade områden i Sverige.

med några korta avbrott). Årsnederbörden för området har beräknats utifrån de sammanviktade observationerna och med hänsyn tagen till höjden. Differensen mellan nederbörd och avrinning är ett relativt mått på evapotranspirationen.

Analysen har utförts för fem avrinningsstationer i Dalälven, nämligen Mockfjärd, Fäggeby, Untran, Särna och Grötsjön, för Fylleån på västkusten, för Ljungbyån och Emån på ostkusten samt för fyra stationer i Indalsälven, nämligen Liten, Landösjön, Midskogens kraftverk och Hammarforsen.

Analysmetod 2: Modellteknik

HBV-modellen har utnyttjats för simulering av avrinningen utifrån nederbörden i ett antal avrinningsområden. Modellen och modelltekniken finns beskriven i Brandt (1990). Modellen har kalibrerats för 6 - 10 år, och den kalibreringen har sedan fått gälla för hela den analyserade perioden. Analysen har utförts för 10 avrinningsstationer i Dalälven, för vardera 1 avrinningsstation i Fylleån, Emån och Ljungbyån samt för 4 stationer i Indalsälven.

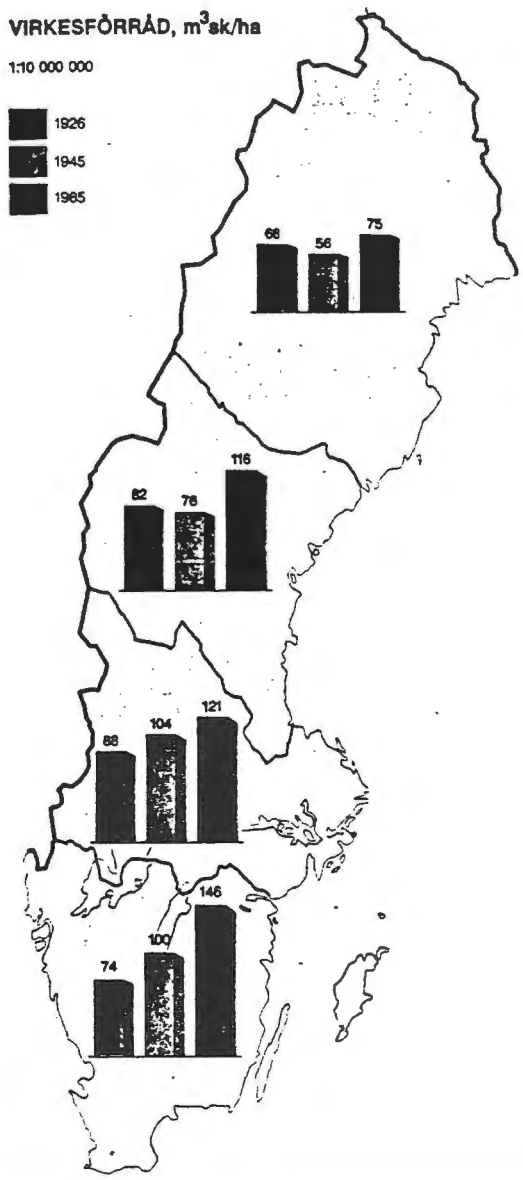
Skogstillväxt

Data på skogstillväxten har erhållits från Riksskogstaxeringen, som pågått sedan 1920-talet. Landets skogar har inventerats stickprovsvis. De första fullständiga taxeringarna utfördes 1923-29 och 1938-58 som områdesvisa taxeringar. År 1953 genomfördes en omläggning, som innebar, att hela riket årligen inventeras med en lågprocentig taxering, och 1973 utökades fältarbetet. Taxeringarna redovisas länsvis (Ohlsson, 1975). I figur 2 redovisas hur det genomsnittliga virkesförrådet per hektar, dvs genomsnittssumman av volymen av alla träd på ett ha, har ändrats inom fyra landsdelar under 1900-talet.

I Sveriges Nationalatlas, bandet Skogen (Nilsson, 1990), beskrivs Sveriges virkesförråd sålunda:

"Det genomsnittliga virkesförrådet i landets skogar varierar från under 60 m^3sk per hektar längst i norr till över 160 i söder. Om skogarna lämnades i fred under flera hundra år, skulle förrådet kanske stiga till mellan ca 100 och 400 m^3sk per hektar i genomsnitt. Det moderna skogsbruket, med bl a kalavverkning och betydande arealer med yngre skog som följd, medför således ett lägre genomsnittligt virkesförråd i jämförelse med naturskogen. Ett anlagt och välskött kulturbestånd får dock, då det blir gammalt, ett betydligt större och värdefullare virkesförråd per hektar än en naturskog. Virkesförrådet i landets skogar har därför inte minskat i takt med en ökad intensitet i skogsbruket utan tvärtom ökat. ---

I början av 1900-talet var skogarna i Norrland glesa till följd av ***dimensionshuggning****. Det innebar att man avverkade de grova och värdefulla träden och lämnade restskogen kvar. I södra Sverige var tillståndet också dåligt. Ljunghedarna bredde ut sig över stora arealer och mycket skogsmark användes till bete. Den förrådsökning som sedan skett beror till stor del på skogsbrukets strävan att höja produktionen genom att anlägga bra ungskogar."*



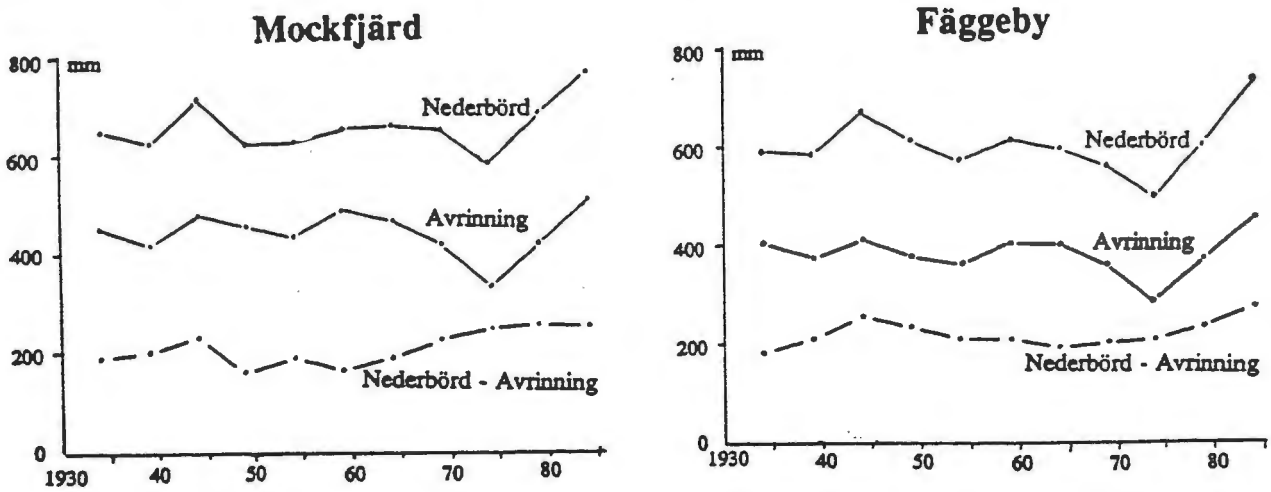
Figur 2. Virkesförrådets utveckling under 1900-talet i Sverige. (Nilsson, 1990)

RESULTAT

Differens mellan nederbörd och avrinning

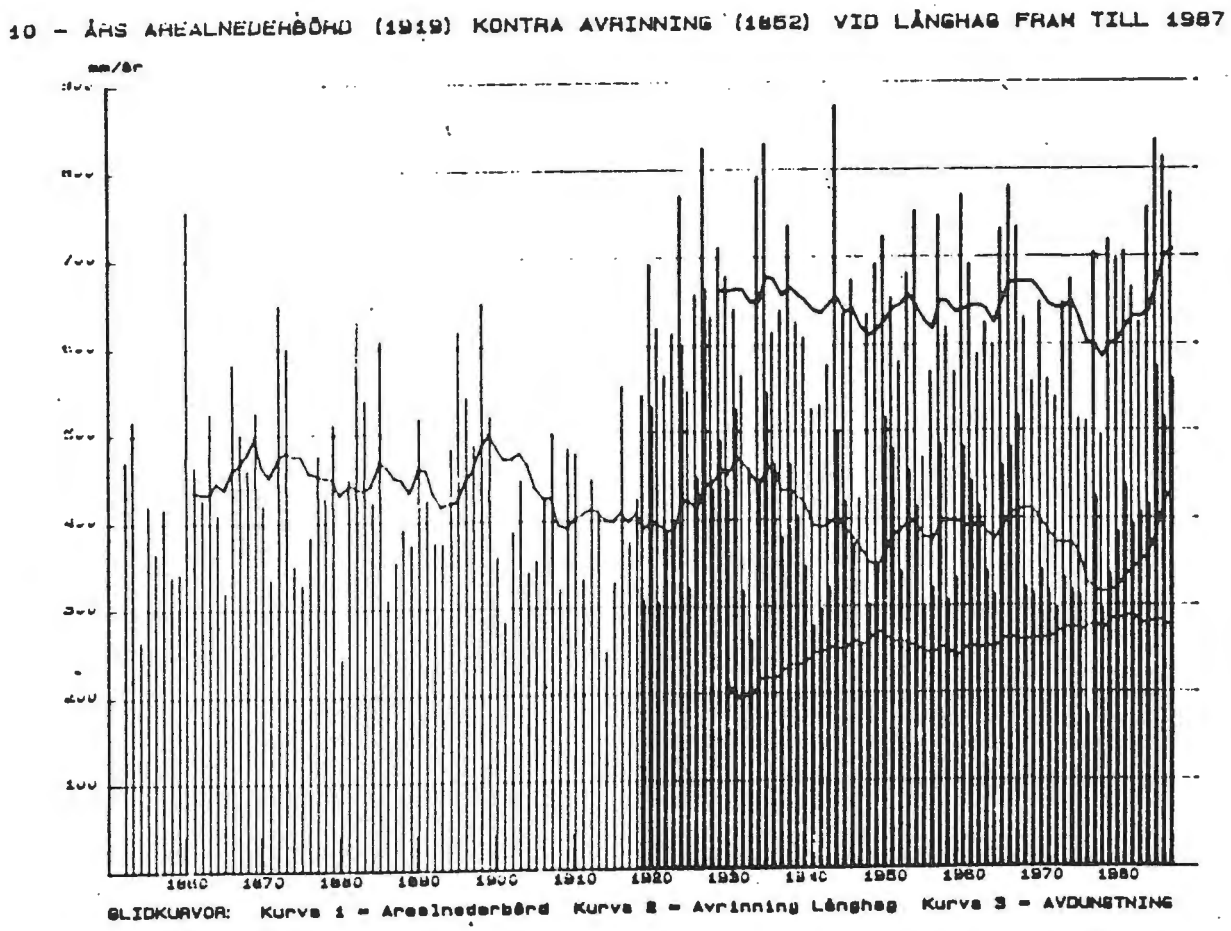
<u>Dalälven</u>

I figur 3 redovisas uppmätt nederbörd och avrinning samt differensen mellan nederbörd och avrinning som centrerade 5-årsmedelvärden för två av de analyserade delområdena, nämligen Mockfjärd (Västerdalälven, 8 410 km^2) och Fäggeby (25 030 km^2). Den senare är belägen efter sammanflödet av Väster- och Österdalälven. För analysen i Mockfjärd utnyttjas 6 och för Fäggeby 10 nederbördsstationer. Analysen startar 1931.



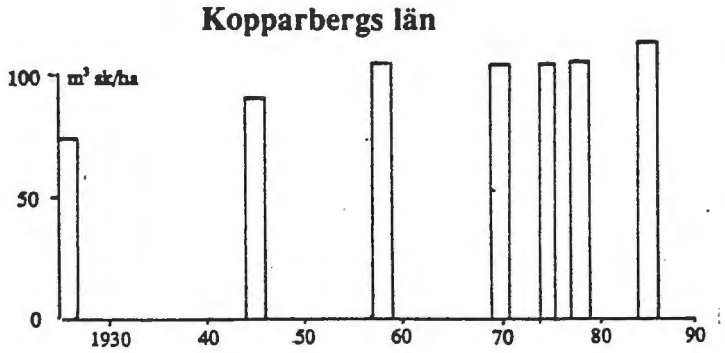
Figur 3. Uppmätt areell nederbörd, avrinning och differensen mellan dessa (=evapotranspirationen) för två områden i Dalälven avrinningsområde.

I figur 4 återfinns Dalälvens Vattenregleringsföretags motsvarande analys för Långhag (=Fäggeby). Den är ritad som 10-års löpande medelvärden och nederbördsserien startar 1920, men här har man successivt plockat in nederbördsstationer allt eftersom de inrättats och den areella nederbörden är inte helt homogen. Speciellt gäller det före 1930-talet när stationerna var få och inte utrustade med vindskydd.



Figur 4. Dalälvens Vattenregleringsföretags analys av arealnederbörd, avrinning och och avdunstning vid Långhag (=Fäggeby).

I figur 5 redovisas slutligen medelvirkesförrådet per ha skogsmark utifrån rikskogstaxeringarna i Kopparbergs län, som i stort sett sammanfaller med Dalälvens avrinningsområde. Det är en ökning med 24% i biomassa från 1945 till 1985. Den största ökningen skedde före 1960-70-talet. Ändringen i skogsmarksareal är försumbar. 72% av länet består av skogsmark.

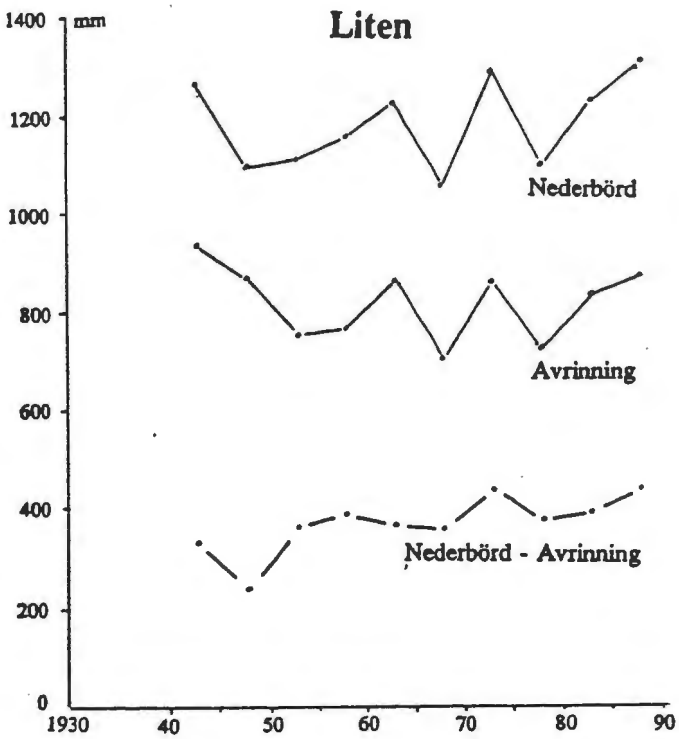


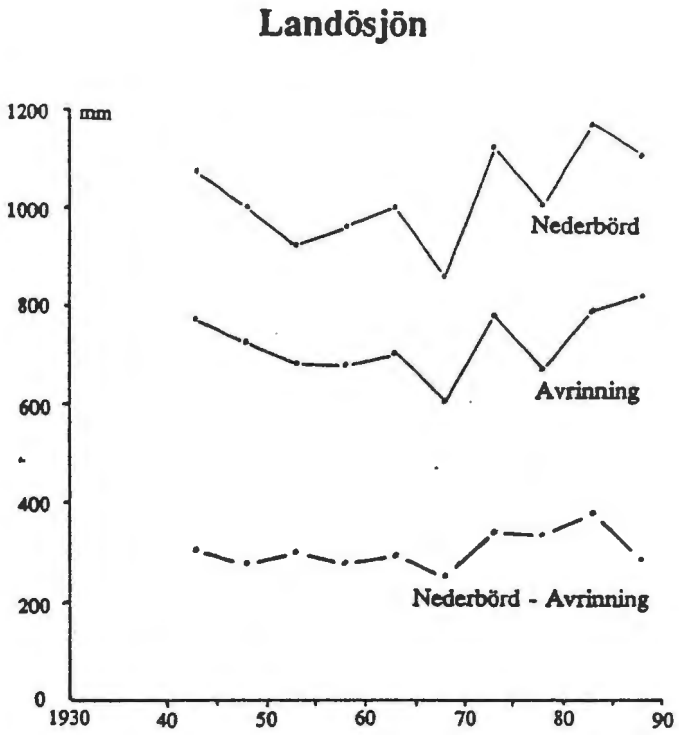
Figur 5. Medelvirkesförrådets förändringar i Kopparbergs län enligt riksskogstaxeringarna.

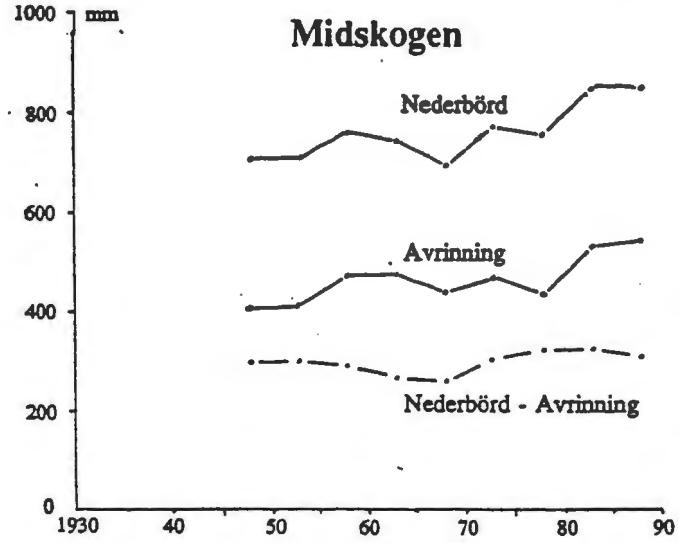
Indalsälven

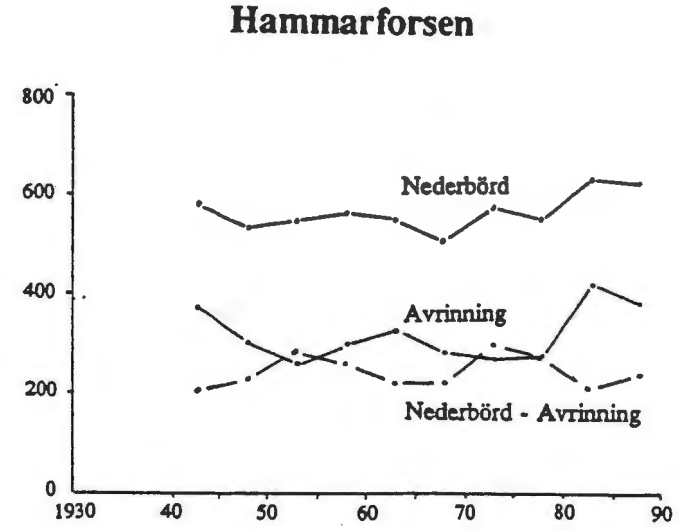
I figur 6 redovisas motsvarande analys för delavrinningsområdena Liten, Landösjön, Midskogens kraftverk och Hammarforsen. Litens area är 6 132 km^2 och analysen bygger på 4 nederbördsstationer varav 2 har försumbar vikt. Landösjön har arean 1455 km^2 och 3 nederbördsstationer (där ingen finns i området), Midskogens kraftverk (exklusive Liten och Landösjön) med arean 11 847 km^2 med huvudvikt på 4 nederbördsstationer och slutligen Hammarforsen (exklusive Liten, Landösjön, Midskogen och Krångede) med arean 3 418 km^2 och 4 nederbördsstationer varav alla ligger utanför området. Det finns få långa bra nederbördsserier runt Indalsälven.

Medelvirkesförrådet per ha skogsmark för Jämtlands län framgår av figur 7. Andelen skogsmark har ökat med knappt 1% från 1945 till 1985. 56% av länet är skogklätt. Virkesmängden har ökat med 63% från 1945 till 1985 med den snabbaste ökningen mellan 1945 och 1960.

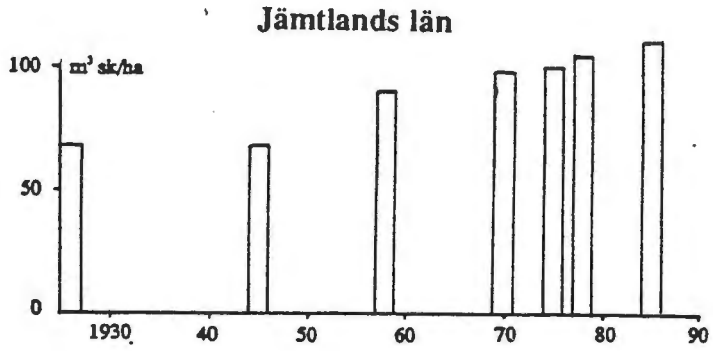








Figur 6. Uppmätt nederbörd, avrinning och beräknad differens mellan dessa (=evapotranspiration) för fyra delområden i Indalsälvens avrinningsområde.



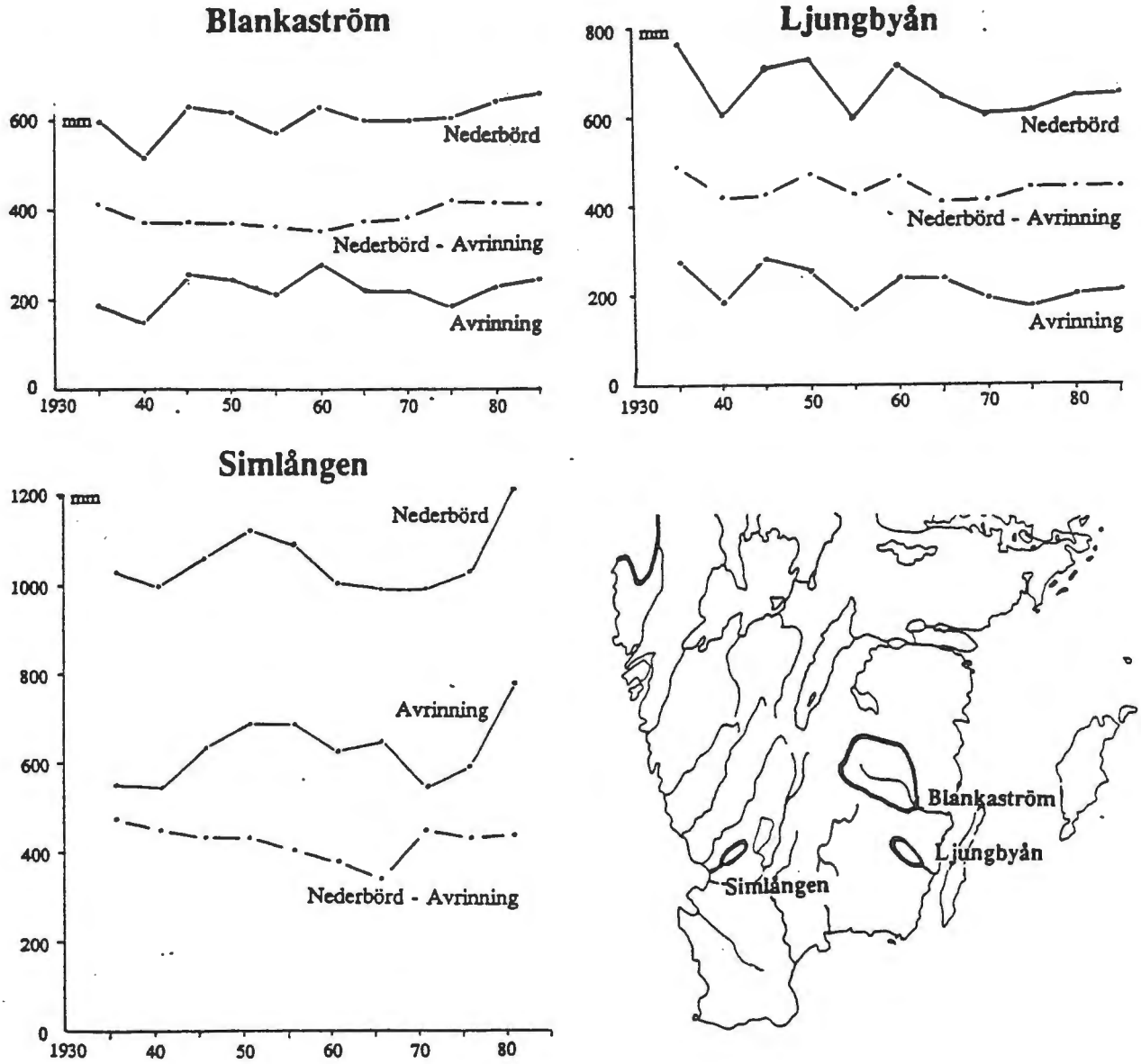
Figur 7. Virkesmängdens förändring i Jämtlands län enligt riksskogstaxeringarna.

Emån, Ljungbyån och Fylleån

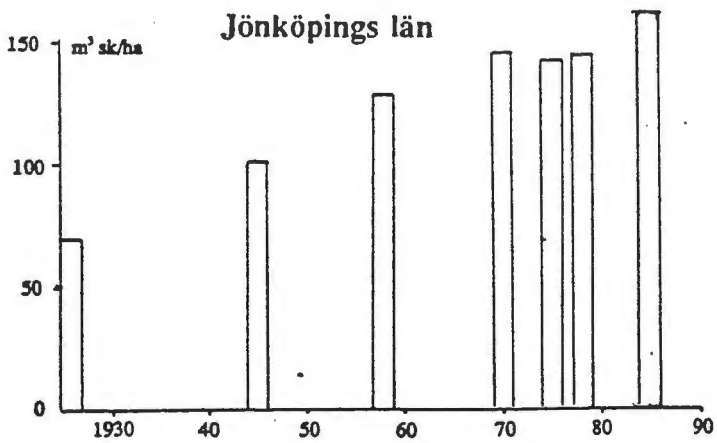
I figur 8 återfinns nederbörd, avrinning och differens mellan nederbörd och avrinning för Emån (Blankaström), Ljungbyån (Källstorp) och Fylleån (Simlången). Ytorna är 3446, 344 resp 263 km^2 och antalet nederbördsstationer är 6, 3 resp 3 st.

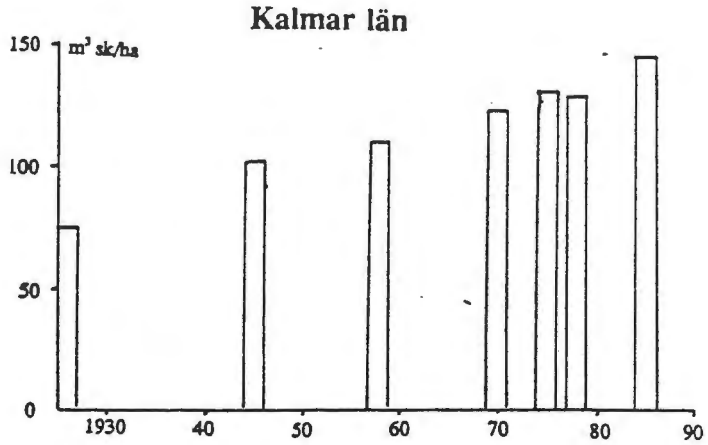
Nederbördsstationen Kalmar, som utnyttjas för Ljungbyån med en liten vikt, flyttades 1961 och serien är inte homogen. Nederbördsstationen Simlångsdalen upphörde 1986 och ersattes med Brunnshult och det orsakar alltför stor förändring för att analysen skall vara meningsfull därefter.

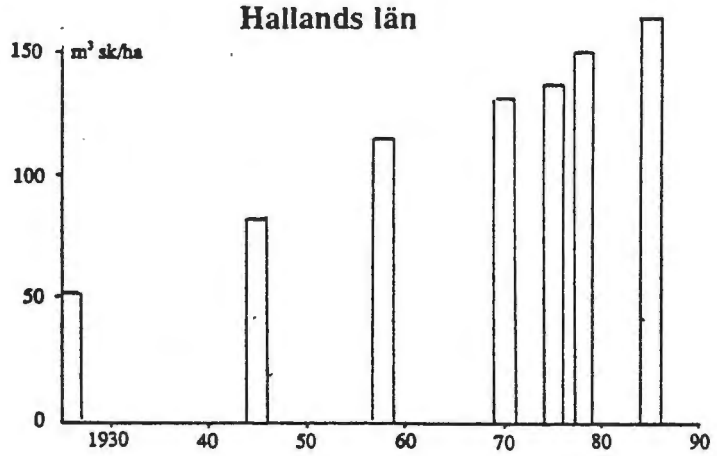
I figur 9 redovisas de olika länens medelvirkesförråd för resp avrinningsområde, men observera att dessa endast utgör en liten del av resp län. Virkesförrådet har ökat med ca 100% i Hallands län, ca 60% i Jönköpings län och ca 43% i Kalmar län under perioden 1945 till 1985. Skogsmarks arealens ökning är störst i Hallands län (ca 10% mellan 1925 och 1960) och minst i Jönköpings län (ca 5%). I Ljungbyåns avrinningsområde (Kalmar län) rapporteras en virkesmängds ökning om ca 50% de senaste 50 åren och ändå större om vi går tillbaka ytterligare 50 år (enligt muntlig information från Gunnar Elversson). Andelen skogsklädd mark 1985 var 69% i Jönköpings län, 64% i Kalmar län och 52% i Hallands län.



Figur 8. Uppmätt nederbörd, avrinning och differens mellan dessa två (=evapotranspirationen) för Blankaström (Emån), Ljungbyån och Simlången (Fylleån).





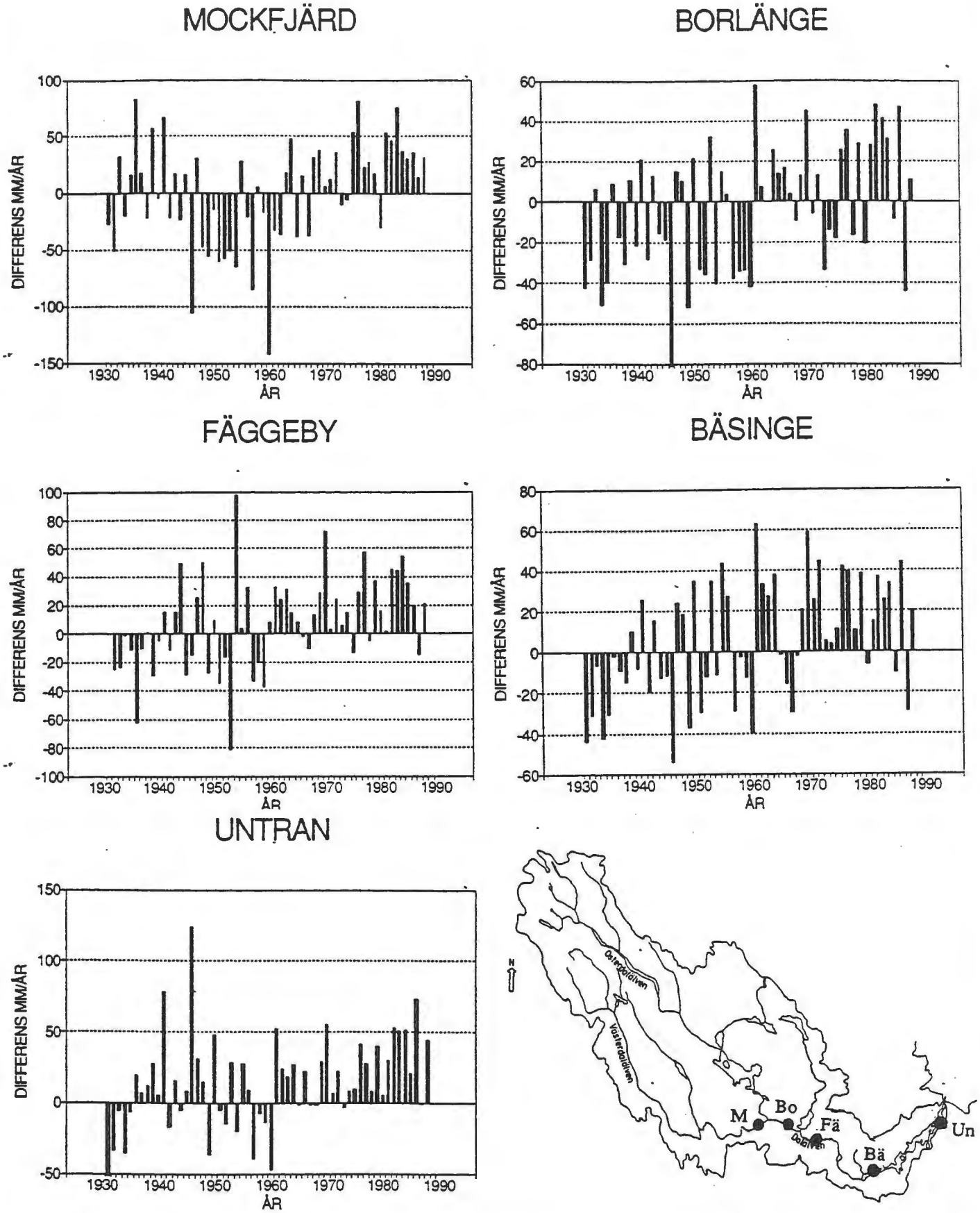


Figur 9. Virkesmängdens förändring i Jönköpings, Kalmar och Hallands län enligt riksskogstaxeringen.

Modellsimulering

Dalälven

Befintliga kalibreringar för Dalälven har utnyttjats för HBV-simuleringar av 10 avrinningsområden i Dalälven. Uppströms liggande avrinningsområden har inräknats vid analysen. Det går inte att rekonstruera vilka år den ursprungliga kalibreringen är gjord för. Avrinningen har simulerats med samma parameteruppsättning för hela perioden 1931 till 1990 och med de utvalda långa nederbördsserierna som indata. Årsdifferensen mellan simulerad och observerad avrinning har beräknats. Sker en markant minskning av avrinningen på grund av t ex ökad avdunstning bör det ge ökad differens mellan simulerad och uppmätt avrinning. Fluktuationerna i årsdifferensen är relativt stora. Resultatet redovisas för de fem längst ner belägna vattenföringsstationerna, nämligen Mockfjärd, Borlänge, Fäggeby, Bäsinge och Untran, i figur 10.

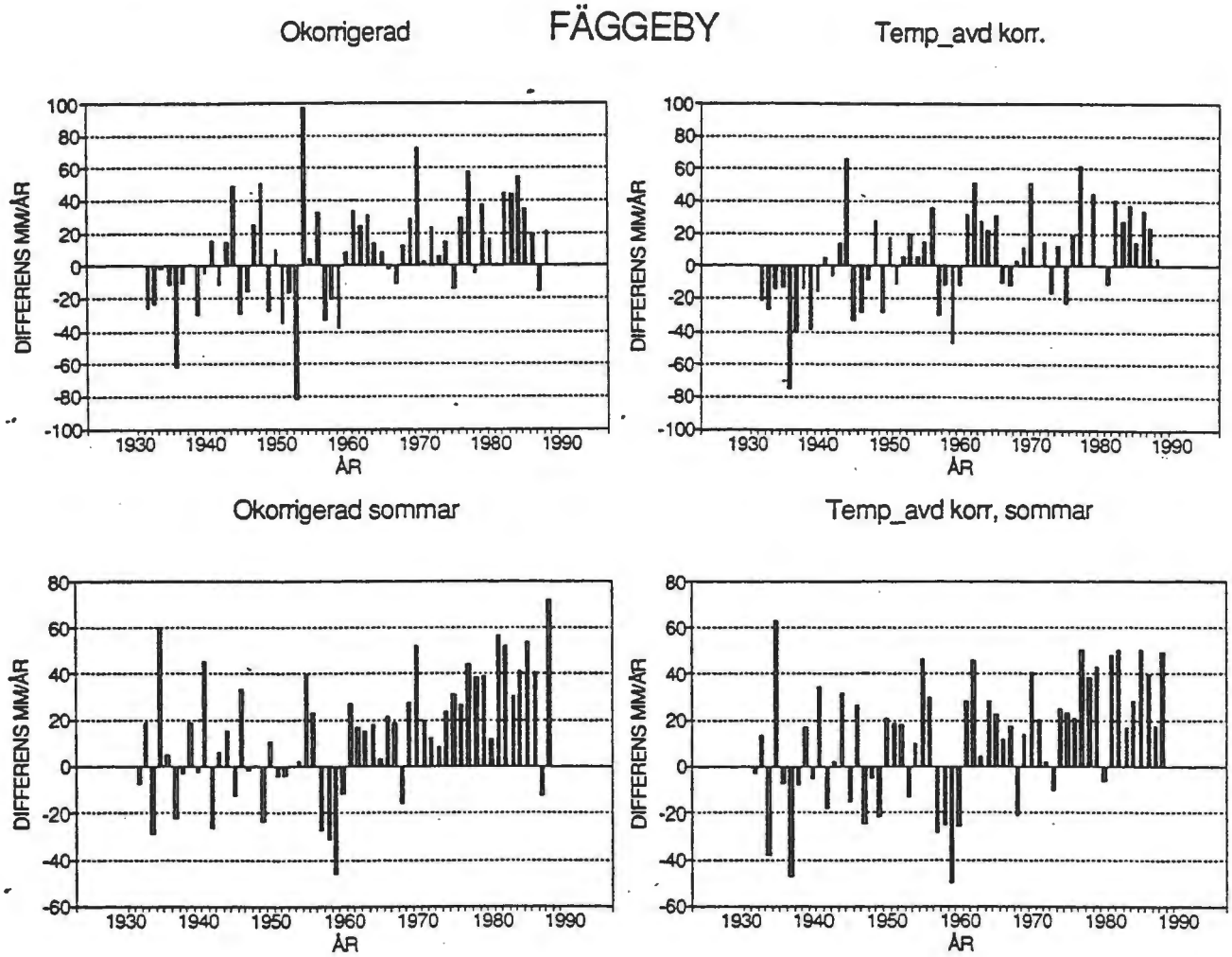


Figur 10. Årsdifferens mellan simulerad och uppmätt avrinning i fem delområden i Dalälvens avrinningsområde.

För några av stationerna - Borlänge, Fäggeby och Bäsinge - kan man skönja en tendens till att differensen förändras från negativ till positiv från 1930 till 1990.

Medan dessa analyser pågick, skedde en förbättring av HBV och PULS-modellernas evapotranspirationsberäkningar. I de ursprungliga modellerna utnyttjas standard månadsmedelvärden på potentiell evapotranspiration som indata, men i den nya rutinen tar man också hänsyn till månader med temperatur-anomalier. Våta och kalla vår-sommar-höst månader reduceras evapotranspirationen och varma, torra ökas den något (Lindström och Bergström, 1992).

I figur 11 redovisas årsdifferensen och sommardifferensen (månaderna maj till okt) beräknad för Fäggeby med och utan korrektion för temperatur-anomalier. I regel medför den nya rutinen mindre fluktuationer i differensen, men de svaga tendenserna kvarstår.



Figur 11. Års-och sommardifferenser mellan simulerad och uppmätt avrinning i Fäggeby, Dalälven, med och utan hänsyn till temperatur-anomalier.

Indalsälven

I Indalsälven har HBV-modellen kalibrerats mellan åren 1974 och 1984 i de fyra delavrinningsområden. Här har även registrerade vattenstånd i sjöarna utnyttjats, men analysen har omfattat delavrinningsområden och inte hela älven som i analysen av Dalälven.

I figur 12 redovisas årsdifferensen mellan simulerad och uppmätt avrinning för Landösjön, Liten, Midskogens kraftverk (lokala tillrinningen) och Hammarforsen (lokala tillrinningen nedströms Krångede). De bygger på ett glest nederbördsnät. Någon korrektion av evapotranspirations beräkningarna på grund av temperatur-anomalier har inte utförts. Det går inte att urskilja några tendenser i differensen mellan simulerad och uppmätt avrinning.

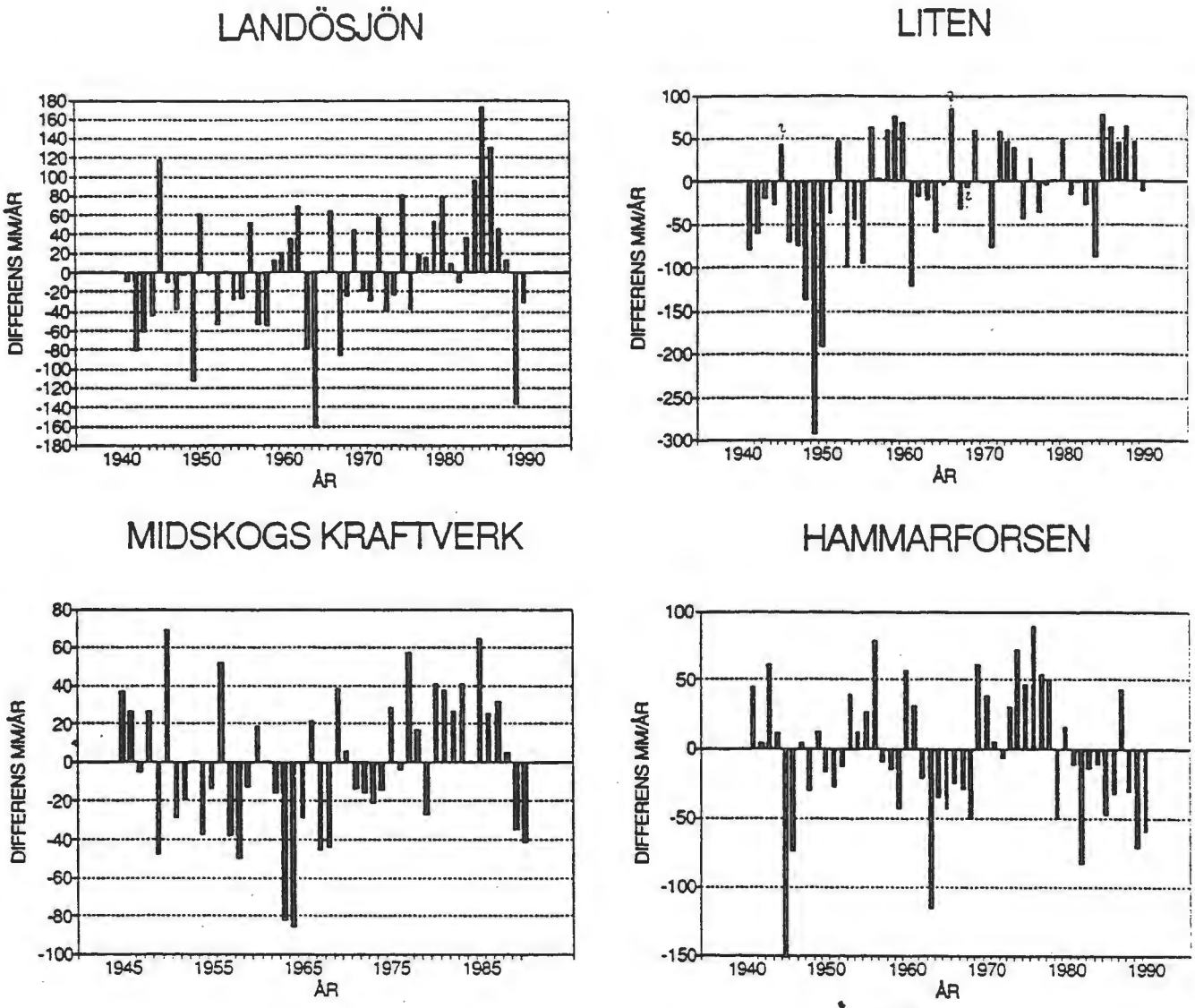
Emån, Ljungbyån och Fylleån

I Blankaström (Emån) är kalibreringsperioden 1980-89, i Källstorp (Ljungbyån) 1933-42 och i Simlången (Fylleån) 1980-86.

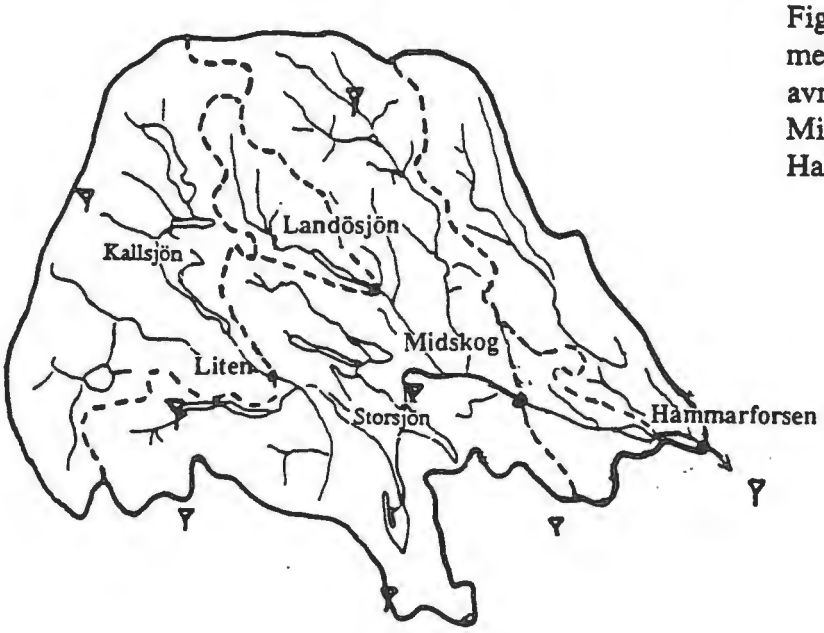
Analysen har utförts med och utan rutiner för temperatur-anomalier (dock utan att göra om kalibreringen) för hela året och för enbart sommarhalvåret, då kanske effekten av evapotranspirationen syns bäst. I figur 13 återfinns årsdifferensen okorrigerad och i figur 14 differensen sommartid (maj-okt) för alla tre stationerna med hänsyn tagen till temperatur-anomalier.

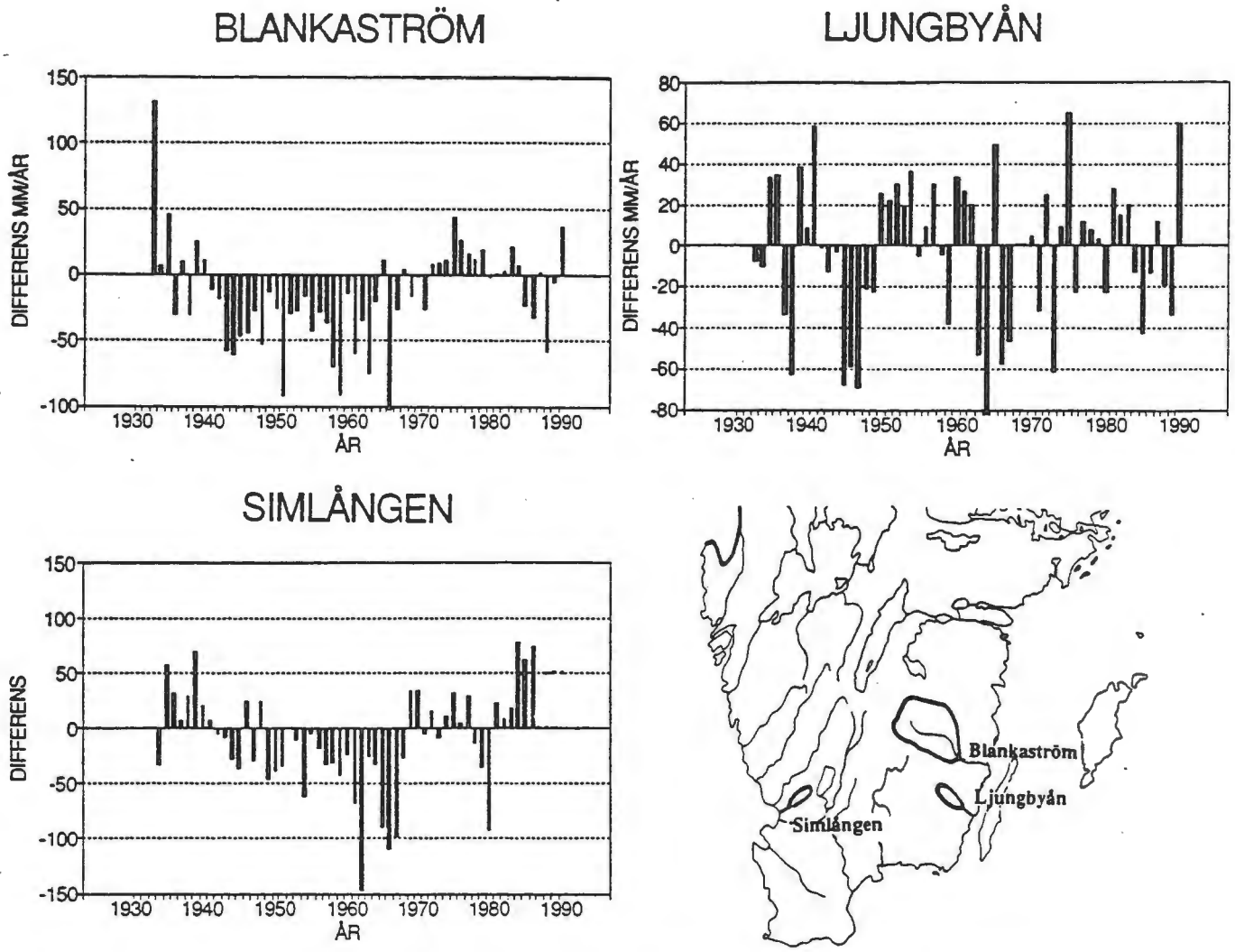
Under åren 1940 till 1990 skedde det en förändring från i huvudsak negativa till positiva differenser i Blankaström och i Simlången (1940-1986) beräknat för hela året, men inte för Ljungbyån. Före 1940 var differenserna positiva i Blankaström och i Simlången. I Ljungbyån flyttades nederbördsstationen Kalmar 1961 och därefter ger den stationen ca 10% mer nederbörd per år. Dess vikt är 10% i modellberäkningen av den totala areella nederbörden för Ljungbyån, vilket bör ge ca 1% för hög nederbörd efter 1961. Denna förändring är inte tillräcklig för att ändra bilden av Ljungbyåns differenser.

Differensberäkningen för sommaren enbart visar en liknande tendens för Blankaström, men inte för Simlången och snarare motsatt förändring för Ljungbyån.

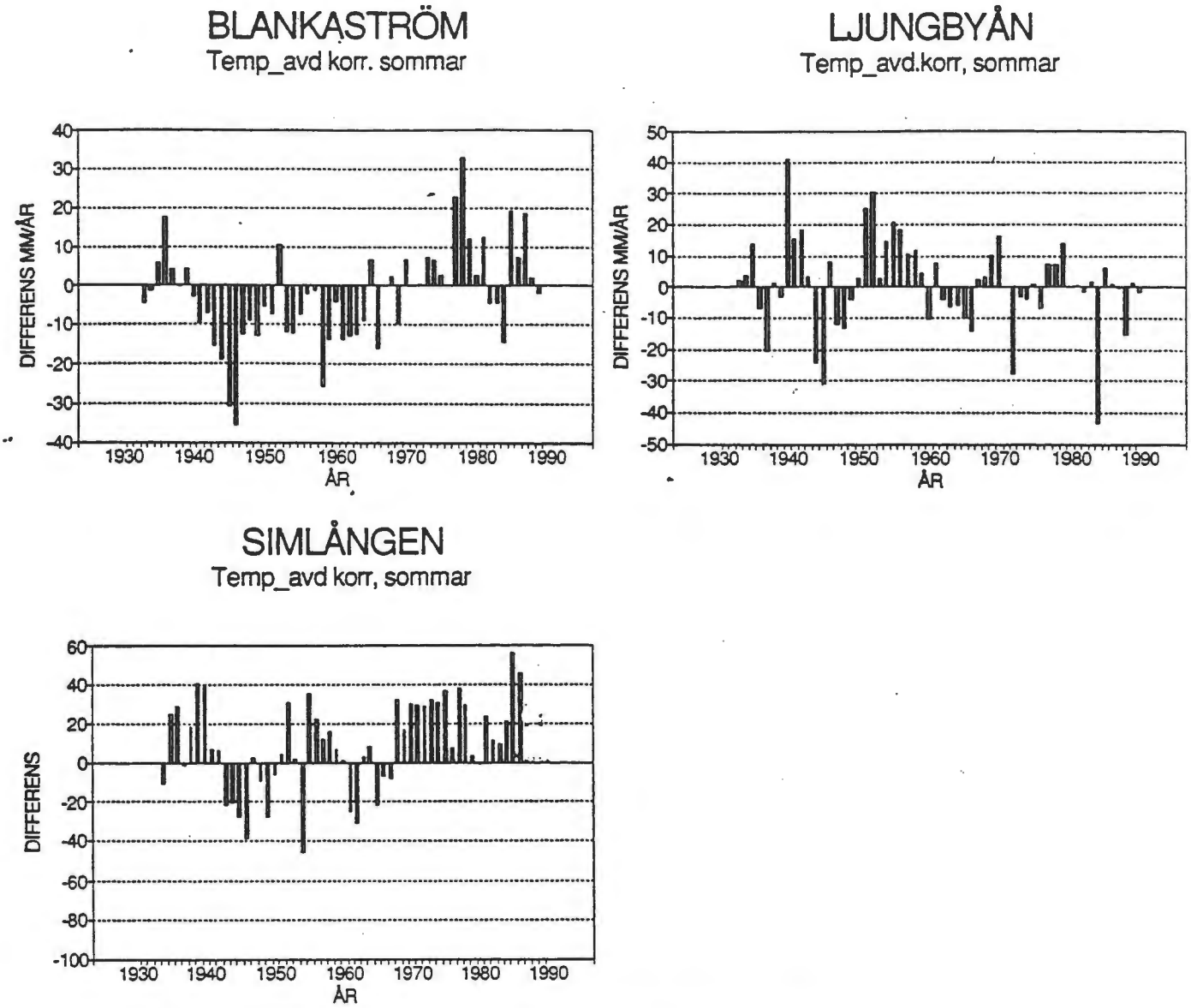


Figur 12. Årsdifferensen mellan simulerad och uppmätt avrinning för Landösjön, Liten, Midskogens kraftverk och Hammarforsen.





Figur 13. Årsdifferens mellan simulerad och uppmätt avrinning (okorrigerad för temperatur-anomalier) för Blankaström (Emån), Ljungbyån och Simlången (Fylleån).



Figur 14. Differens mellan simulerad och uppmätt avrinning för sommarhalvåret (maj-okt) korrigerad för temperatur-anomalier för Blankaström (Emån), Ljungbyån och Simlången (Fylleån).

DISKUSSION

Skogen och vattenbalansen

Det är inte enbart den totala virkesmängden som har betydelse för evapotranspirationen utan även trädens ålder. När en skog kalavverkas ökar avrinningen i regel, men denna ökning avtar successivt när den unga skogen och eventuell sly och gräs växer upp. I början är skogstillväxten låg, men ökar kraftigt och når sitt maximum vid relativt låg ålder för att sedan långsamt avta. För tall når den sitt maximum vid 25-35 år och för gran vid ungefär 40-50 år på medelgod mark i Sverige (Lundmark, 1986). Det går inte direkt att koppla tillväxten till trädens vattenförbrukning, men man kan anta att de i stort sett följer varandra. Federov och Marunich (1989) anger följande årliga evapotranspirationssiffror (i % av evapo-

transpirationen för en mogen skog i 90-95 års ålder) för en uppväxande gran- och tallskog utifrån ryska undersökningar:

Evapotranspirationen	från marken efter avverkning	45-60%
"	5 år efter avverkning	70%
"	10 år efter avverkning	80%
"	20-25 år efter avverkning	100%
"	40-45 år efter avverkning	110-115%

och därefter successivt avtagande igen.

Enligt dessa undersökningar bör därför avrinningen vara större från kalmark och ungskog (< 20 år) samt från mycket gammal skog än från medelålders skog.

I ett avrinningsområde består vanligen skogen av bestånd av olika åldrar. Enligt Sveriges Nationalatlas, band Skogen (Nilsson, 1990) minskade andelen kalmark och ungskog mellan 1926 och 1945 för att därefter öka fram till 1985 i Götaland, där Simlången, Blankaström och Ljungbyån är belägna. Grovskogsandelen (grovskog = träd grövre än 25 cm diameter på bark i brösthöjd), som idag är hög i Götaland (53%), ökade kraftigt mellan 1945 och 1985. Den äldre skogen (> 80 år) tredubblades från 6% på 1920-talet till 20% på 1980-talet. I trakten kring Dalälven och Indalsälven, ökade andelen kalmark och ungskog kraftigt mellan 1945 och 1985 liksom grovskogsandelen. Lokalt kan det naturligtvis vara stora avvikelser. Vår kunskap idag är för liten för att kunna säga vad den totala effekten på avrinningen blir, om t ex andelen ungskog och gammal skog ökar samtidigt som den mogna skogen i andra delar blir tätare och virkesrikare.

Differens mellan nederbörd och avrinning

Analysen av den uppmätta nederbörden (omräknad till areell nederbörd utifrån ett antal sammanviktade nederbördsstationer och höjdkorrigerad), uppmätt avrinning och differensen mellan dessa två, som är ett relativt mått på evapotranspirationen, (de centrerade 5-års medelvärdena i figur 3, 6 och 8) visar att nederbörden varierar åtskilligt och att avrinningen i regel följer med väl. Variationerna i differenserna är mindre, men det finns en tendens att de ökar under våta år. Däremot finns det ingen tydlig trend i differenserna, som kan hänföras till skogstillväxten enligt skogstaxeringarna. Avrinningsområdet Liten i Indalsälven hade åren 1948 och 1949 avrinningar som var mer än 90% av beräknad areell nederbörd, vilket är betydligt mer än övriga år. Det medför att differensen blir låg för 5-årsperioden 1946-50 och det ser ut som det finns en trend i differensen i Liten. Antalet långa nederbördsstationer i Indalsälvens avrinningsområdet är få och de är inte helt representativt placerade.

I Dalälvens Vattenregleringsföretags diagram (figur 4) finns det en tydlig uppgång i differensen (benämnd avdunstning) räknad som löpande 10-års medelvärden (högerställt, dvs 1920-30 är markerad år 1930 osv) för åren 1920-45. Det finns en viss risk att det kan bero på glest belägna och ej helt homogena nederbördsmätningar och inte på förändringar i evapotranspirationen. Det går tyvärr inte att fastställa detta. SMHI har i sin analys valt att starta efter 1930, när mätinstrumenten var utrustade med vindskydd.

Modellsimulering

Det som först slår en när man studerar figurerna 10-14, som visar års- och i några fall sommardifferenserna mellan simulerad och uppmätt avrinning för olika avrinningsområden, är den stora fluktuationen mellan olika år och det även under kalibreringsperioderna. Ett antal av de största differenserna kan förklaras om man går tillbaka till observationsserierna. Motsvarande analys för ett litet område som kalavverkats visade en markant förändring av differensen mellan simulerad och uppmätt avrinning (Brandt et al., 1988), medan det är svårt att se några tydliga trender i dessa analyser.

I Dalälven finns det en svag tendens till att differensen övergår från negativa till mer positiva värden i början av 1960-talet vid flera stationer (se figurerna 10 och 11), dvs det skulle kunna vara ett tecken på minskad avrinning, som i sin tur kan bero på ökad evapotranspiration. Virkesmängden i Kopparbergs län förändrades dock inte på 60- och 70-talet, men det kan vara en effekt av att den unga skogen på 50-talet började nå tillväxtmaximum. I Indalsälven, med större skogstillväxt än kring Dalälven, återfinns däremot inte motsvarande tendens. Skogstillväxten var där störst under 40- och 50-talet och analysen kan ha startat för sent för att se några effekter. I Blankaström (Emån) och Simlången (Fylleån) (men inte i Ljungbyån) (se figurerna 13 och 14) finns likaså en övergång till positiva differenser från 70-talets början. Den största skogsökningen skedde dock i Hallands och Jönköpings län mellan 30- och 60-talet. Det finns en motsvarande period med positiva differenser även under 30-talet, som är svår att förklara utifrån rådande virkesmängder och åldersfördelning i skogen.

SLUTSATSER

Sammanfattningsvis kan man konstatera att det är svårt att se några tydliga trender i differensen mellan nederbörd och avrinning (=evapotranspirationen) eller i differensen mellan simulerad och uppmätt avrinning och ännu svårare att koppla ihop dem med skogstillväxten och åldersfördelning. I några områden kan man skönja en tendens, medan den inte återfinns i andra. Mätningar och modeller (som tar hänsyn till de naturliga väderfluktuationerna) ger ett brus i vilket det är svårt att urskilja eventuella förändringar i evapotranspirationen.

REFERENSER

Alexandersson, H. and Dahlström, B. 1992
Future climate in the Nordic region. SMHI RMK No 64.

Alexandersson, H. and Eriksson, B. 1989
Climate fluctuations in Sweden 1860-1987. SMHI RMK No 58.

Bosch, J.M. and Hewlett, J.D. 1982
A review of catchment experiments to determine the effect of vegetation changes on water yield and evapotranspiration. Journal of Hydrology, 55:3-23.

Brandt, M. 1990
Human impact and weather-dependent effects on water balance and water quality in some Swedish river basins. SMHI RH No.2.

Brandt, M., Bergström, S. and Gardelin, M. 1988
Modelling the effects of clearcutting on runoff - Examples from central Sweden. Ambio, Vol 17, No. 5:307-313.

Bringfelt, B. 1985
A forest evapotranspiration model using synoptic weather data. In Hutchinson, B. A and Hicks, B.B. (eds): The Forest-Atmosphere Interaction, 161-176. Reidel Publishing Company.

Calder, I. 1990
Evaporation in the Uplands. John Wiley & Sons. New York.

Calder, I. and Newson, M.D. 1979
The effects of afforestation on water resources in Scotland. In: Thomas, M.F. and Coppock, J.T. (eds.) Land Assessment in Scotland, Proc. of the Royal Scottish Geographical Society, Edinburgh, May 1979. Aberdeen University Press, Aberdeen, pp 51-62.

Federov, S.F. and Marunich, S.V. 1989
Forest cut and forest regeneration effects on water balance and river runoff. IAHS Publ No 187, Friends in Hydrology: 291-297.

Garczynski, F. 1980
Effects of percentage forest cover on the hydrological regime in three regions of the USA. Proc. of the Helsinki Symp., June 1980. The influence of man on the hydrological regime and special reference to representative and experimental basins. IAHS Publ. No 130.

Harding, R.J. 1992
Water use studies of deciduous woodland in southern England. Annales Geophysicae. Supplement II to vol. 10, p C330.

Hibbert, A.R. 1967
Forest treatment effects on water yield. In: Sopper, W.E. and Lull, H.W. (eds.) International Symposium on Forest Hydrology Proc., Pergamon Press, New York, 527-543.

Jutman, T. 1991
Analys av avrinningens trender i Sverige. SMHI Hydrologi nr 30.

Jutman, T., Bergström, S. and Eriksson, B. 1989
Long term variations of the water balance in Sweden - A prelimary study. Conf. on climate and water, Helsinki, Finland 11-15 Sept. 1989, Vol. 1:103-110.

Lindström, G. 1992
Floods in Sweden - occurence and trends. NHK i Alta, Norge, 4-6 aug., 65-74.

Lindström, G. and Bergström, S. 1992
Improving the HBV and PULSE-models by use of temperature anomalies. Vannet i Norden, Årg. 25, nr 1: 16-23.

Lundmark, J.-E. 1986
Skogsmarkens ekologi, del I. Skogsstyrelsen, Jönköping.

Nilsson, N.-E. (ed) 1990
Skogen. Sveriges Nationalatlas.

Ohlsson, S. 1975
Riksskogstaxeringen. Ändamål, utformning och användningsområde. Inst. för skogstaxering, Skogshögskolan. Rapporter och Uppsatser nr 20.

Pearce, A.J., O'Loughlin, C.L., Jackson, R.J., and Zhang, X.B. 1987
Reforestation: on-site effects on hydrology and erosion, eastern Raukumara Range, New Zealand. Proc. of the Vancouver Symp., Aug. 1987. Forest Hydrology and Watershed Management. IAHS Publ. No 167: 489-497.

Pearce, A.J. and Rowe, L.K. 1979
Forest management effects on interception, evaporation and water yield. Journal of Hydrology, New Zealand, Vol 18:73-89.

Rakmanov, V.V. 1970
Dependence of streamflow upon the percentage of forest cover of cathments. Joint FAO/USSR International Symposium on Forest Influences and Watershed Management (Moscow, USSR), P 55.

Roberts, J. 1983
Forest transpiration: A conservative hydrological process? Journal of Hydrology, 66:133-141.

Robinson, M., Gannon, B. and Schuch, M. 1991
A comparison of the hydrology of moorland under natural conditions, agricultural use and forestry. Hydr. Sciences Journal 36,6, 565-577.

Teklehaimanot, Z, Jarris, P.G. and Ledger, D.C. 1991
Rainfall interception and boundary layer conductance in relation to tree spacing. Journal of Hydrology, 123: 261-278.

Vedin. H. och Eriksson, B. 1988
Extrem arealnederbörd i Sverige 1881-1988. SMHI Meteorologi nr 76.

SMHI Rapporter HYDROLOGI (RH)

Nr	Titel
1	Sten Bergström, Per Sandén and Marie Gardelin Analysis of climate-induced hydrochemical variations in till aquifers. Norrköping 1990.
2	Maja Brandt Human impacts and weather-dependent effects on water balance and water quality in some Swedish river basins. Norrköping 1990.
3	Joakim Harlin Hydrological modelling of extreme floods in Sweden. Norrköping 1992.
4	Sten Bergström The HBV model - its structure and applications. Norrköping 1992.
5	Per Sandén and Per Warfvinge Modelling groundwater response to acidification. Norrköping 1992

SMHI HYDROLOGI

Nr	Titel
1	Bengt Carlsson Hydrokemiska data från de svenska fältforskningsområdena. Norrköping 1985
2	Martin Häggström och Magnus Persson Utvärdering av 1985 års vårflödesprognoser. Norrköping 1986
3	Sten Bergström, Ulf Ehlin, SMHI, och Per-Eric Ohlsson, VASO Riktlinjer och praxis vid dimensionering av utskov och dammar i USA. Rapport från en studieresa i oktober 1985. Norrköping 1986
4	Barbro Johansson, Erland Bergstrand och Torbjörn Jutman Skåneprojektet - Hydrologisk och oceanografisk information för vattenplanering - Ett pilotprojekt. Norrköping 1986
5	Martin Häggström Översiktlig sammanställning av den geografiska fördelningen av skador främst på dammar i samband med septemberflödet 1985. Norrköping 1986
6	Barbro Johansson Vattenföringsberäkningar i Södermanlands län - ett försöksprojekt. Norrköping 1986
7	Maja Brandt Areella snöstudier. Norrköping 1986
8	Bengt Carlsson, Sten Bergström, Maja Brandt och Göran Lindström PULS-modellen: Struktur och tillämpningar. Norrköping 1987
9	Lennart Funkquist Numerisk beräkning av vågor i kraftverksdammar. Norrköping 1987
10	Barbro Johansson, Magnus Persson, Enrique Aranibar and Robert Llobet Application of the HBV model to Bolivian basins. Norrköping 1987
11	Cecilia Ambjörn, Enrique Aranibar and Roberto Llobet Monthly streamflow simulation in Bolivian basins with a stochastic model. Norrköping 1987
12	Kurt Ehlert, Torbjörn Lindkvist och Todor Milanov De svenska huvudvattendragens namn och mynningspunkter. Norrköping 1987
13	Göran Lindström Analys av avrinningsserier för uppskattning av effektivt regn. Norrköping 1987
14	Msja Brandt, Sten Bergström, Marie Gardelin och Göran Lindström Modellberäkning av extrem effektiv nederbörd. Norrköping 1987
15	Håkan Danielsson och Torbjörn Lindkvist Sjökarte- och sjöuppgifter. Register 1987. Norrköping 1987
16	Martin Häggström och Magnus Persson Utvärdering av 1986 års vårflödesprognoser. Norrköping 1987
17	Bertil Eriksson, Barbro Johansson, Katarina Losjö och Haldo Vedin Skogsskador - klimat. Norrköping 1987
18	Maja Brandt Bestämning av optimalt klimatstationsnät för hydrologiska prognoser. Norrköping 1987
19	Martin Häggström och Magnus Persson Utvärdering av 1987 års vårflödesprognoser. Norrköping 1988
20	Todor Milanov Frysförluster av vatten. Norrköping 1988
21	Martin Häggström, Göran Lindström, Luz Amelia Sandoval and Maria Elvira Vega Application of the HBV model to the upper Rio Cauca basin. Norrköping 1988
22	Mats Moberg och Maja Brandt Snökartläggning med satellitdata i Kultsjöns avrinningsområde. Norrköping 1988
23	Martin Gotthardsson och Sten Lindell Hydrologiskt stationsnät. Svenskt Vattenarkiv Norrköping 1989
24	Martin Häggström, Göran Lindström, Luz Amelia Sandoval y Maria Elvira Vega Aplicacion del modelo HBV a la cuenca superior del Rio Cauca. Norrköping 1989
25	Gun Zachrisson Svåra islossningar i Torneälven. Förslag till skadeförebyggande åtgärder. Norrköping 1989
26	Martin Häggström Anpassning av HBV-modellen till Torneälven. Norrköping 1989
27	Martin Häggström and Göran Lindström Application of the HBV model to six Centralamerican rivers. Norrköping 1990
28	Sten Bergström Parametervärden för HBV-modellen i Sverige. Erfarenheter från modellkalibreringar under perioden 1975 - 1989. Norrköping 1990
29	Urban Svensson och Ingemar Holmström Spridningsstudier i Glan. Norrköping 1990
30	Torbjörn Jutman Analys av avrinningens trender i Sverige. Norrköping 1991
31	Mercedes Rodriguez, Barbro Johansson, Göran Lindström, Eduardo Planos y Alfredo Remont Aplicacion del modelo HBV a la cuenca del Rio Cauto en Cuba. Norrköping 1991
32	Erik Arnér Simulering av vårflöden med HBV-modellen. Norrköping 1991
33	Maja Brandt Snömätning med georadar och snötaxeringar i övre Luleälven. Norrköping 1991
34	Bent Göransson, Maja Brandt och Hans Bertil Wittgren Markläckage och vattendragstransport av kväve och fosfor i Roxen/Glan-systemet, Östergötland. Norrköping 1991
35	Ulf Ehlin och Per-Eric Ohlsson, VASO Utbyggd hydrologisk prognos- och varningstjänst. Rapport från studieresa i USA 1991-04-22--30. Norrköping 1991
36	Martin Gotthardsson, Pia Rystam och Sven-Erik Westman Hydrologiska stationsnät/Hydrological network. Svenskt Vattenarkiv. Norrköping 1992
37	Maja Brandt Skogens inverkan på vattenbalansen. Norrköping 1992

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

ISSN 0283-7722