



ANALYS AV AVRINNINGENS TRENDER I SVERIGE

Torbjörn Jutman

ANALYS AV AVRINNINGENS TRENDER I SVERIGE

Torbjörn Jutman

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. ALLMÄNT	1
2. DATAUNDERLAG	2
3. ANALYSER OCH RESULTAT	3
3.1 Trendernas signifikans	4
3.2 Regionala mönster - 30-års perioder	5
3.3 Förändring av regionala mönster med ökande periodlängd	8
3.4 Trendmönstrens stabilitet.	9
3.5 Existens av svängningar	11
4. SAMMANFATTNING	14
REFERENSER	15

ANALYS AV AVRINNINGENS TRENDER I SVERIGE

1. ALLMÄNT

De långsiktiga förändringarna i vattenresurstillgångarna har alltid varit av stort intresse. Hänsyn till eventuella förändringar måste tas inom samhällsplanering i allmänhet och inom vattenkraftplanering i synnerhet. I anslutning till aktuella klimatsdiskussioner och antaganden om verkningar av den s.k. växthuseffekten har intresset ökat ytterligare. Beräkningar med hjälp av globala cirkulationsmodeller har visat att uppmärksamheten måste riktas mot förändringar av nederbördens volymer och mot regionala omfördelningar av densamma. Med inriktning på vattentillgångar blir också effekter av förändringar i temperaturen och temperaturfördelningen väsentliga.

Undersökningens syfte är att analysera de långsiktiga förändringarna av landets vattentillgångar och deras regionala fördelning. De presenterade analyserna av avrinningens trender och svängningsmönster är ett av många led i kartläggningen av utvecklingen fram till dagens situation. De kan utgöra underlag för studier av de faktorer som påverkar fördelningen av våra vattentillgångar i tid och rum. Förklaringar till kartlagda tendenser i avrinningsmönstren har främst sökts i förändringar av de atmosfäriska cirkulationsmönstren.

En mer detaljerad undersökning av sambanden med de atmosfäriska strömningsmönstren presenteras i en kommande rapport i vilken tyngdpunkten kommer att ligga på en analys av nederbördens trendfördelning i tid och rum på motsvarande sätt som för avrinningen i denna rapport och på en samlad analys av nederbörd och avrinning.

Effekter av annan mänsklig påverkan, exempelvis människans förändring av vegetationstäcket, har ej analyserats i denna rapport. Dessa analyser avses inkluderas i ovan nämnda kommande undersökning.

Tidigare undersökningar av avrinningens långsiktiga variationer i Sverige har rapporterats av bland andra Gottschalk (1980) som också undersökt fördelningen mellan deterministiska och slumpement i avrinningsserier. Här konstateras bland annat att slumpinslaget är så stort att trender och svängningar i avrinningsserier svårligen kan utnyttjas för förutsägelser om framtida strukturer i serierna.

En preliminär statistisk analys av nederbörd, avrinning samt uppgifter om utvecklingen av skogens biomassaavolym för studie av vattenbalansens långsiktiga variationer rapporteras av Jutman et al (1989). Den hypotes som testas innebär att en del av förklaringen till en ökad evapotranspiration (beräknad som $P - Q$) under perioden 1945 - 1987 kan förklaras av en likaledes ökande biomassaavolym och därmed sammanhängande förändring av vattenkonsumtionen. Den preliminära studien fastlägger ej relationen men förkastar den inte heller.

Alexandersson et al (1989) har studerat klimatfluktuationer i Sverige under perioden 1860-1987. Temperatur-, nederbörds- och tryckserier har bearbetats med homogenitetstest och filterteknik. I rapporten analyseras data för en nordlig respektive en sydlig region, med uppdelning med avseende på årstid. Studien visade att temperaturen sedan 1940-talet uppvisat en negativ trend med en utplaning från 1970. Nederbördsmängderna för samma period har undergått små förändringar. En viss omfördelning mellan säsonger kan dock noteras vad avser nederbörd.

2. DATAUNDERLAG

Underlaget för denna studie består av årsvärdesserier av avrinning hämtade från i stort sett alla tillgängliga stationer med fullständig täckning av studerade tidsperioder. Figur 1 visar det maximalt möjliga stationsurvalet. Markeringarna avser avrinningsområdenas skattade tyngdpunkter och anger om vattendraget är reglerat (*) eller oreglerat (O). Serier omfattande någon tidsperiod med reglerade förhållanden har betecknats som påverkade av reglering. Tyngdpunktskoordinater för avrinningsområden finns ej direkt tillgängliga. För områden upp till 2000 km² har stationskoordinater fått utgöra rimliga estimat för tyngdpunktsläge. För större områden har tyngdpunktens position manuellt skattats på karta i skala 1:1500000. Ett antal stationer är påverkade av långtidsregleringar vilket medför en viss omfördelning av avrinningen mellan på varandra följande

år. Detta har inte bedömts påverka resultaten och samtliga av dessa serier har använts. Däremot exkluderades stationer med homogenitetsbrott orsakade exempelvis av under perioden införda överledningar. Information från 70 till 90 stationer, beroende på studerad tidsperiod, har använts i undersökningen.

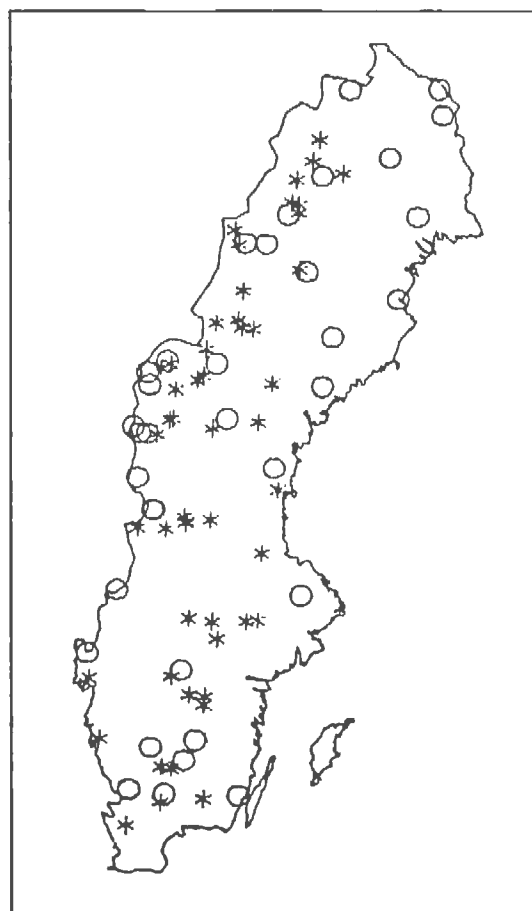
Undersökningen har i den rikstäckande kartläggningen ej sträckts längre tillbaka än till 1928. Antalet tillgängliga stationer som täcker mer än 60 år tillbaka i tiden har bedömts som alltför litet som underlag för en regional kartläggning. Däremot har enstaka längre serier studerats med avseende på den långsiktiga tidsutvecklingen i de få områden där så långa serier finns tillgängliga.

Bearbetningarna är baserade på angivelser av avrinningen i mm.

3. ANALYSER OCH RESULTAT

Analysen av serierna riktades först mot den regionala fördelningen över landet och mot de regionala mönstrens variation med avseende på vald tidsperiod.

Trendbestämningarna genomfördes som linjäranpassningar med minsta kvadratmetoden. Signifikansnivån för lutningskoefficienten noterades. I studien av trendmönstrens variation mellan olika tidsperioder användes endast trenduppgifter med en signifikansnivå av 0.10 eller bättre. Den valda nivån innebär att vi accepterar möjligheten att vi förkastar en sann trend i 10 % av fallen. Denna generösa nivå, sedd i relation till krav i andra hydrologiska undersökningar, motiveras av att de mönster som studeras är svaga och med skärpta krav på signifikansen blir knappast en studie av den regionala fördelningen meningsfull. Enstaka seriers trend klarar naturligtvis även högre signifikanskrav



Figur 1. Fördelning av analysområden.
O = oreglerade
* = reglerade

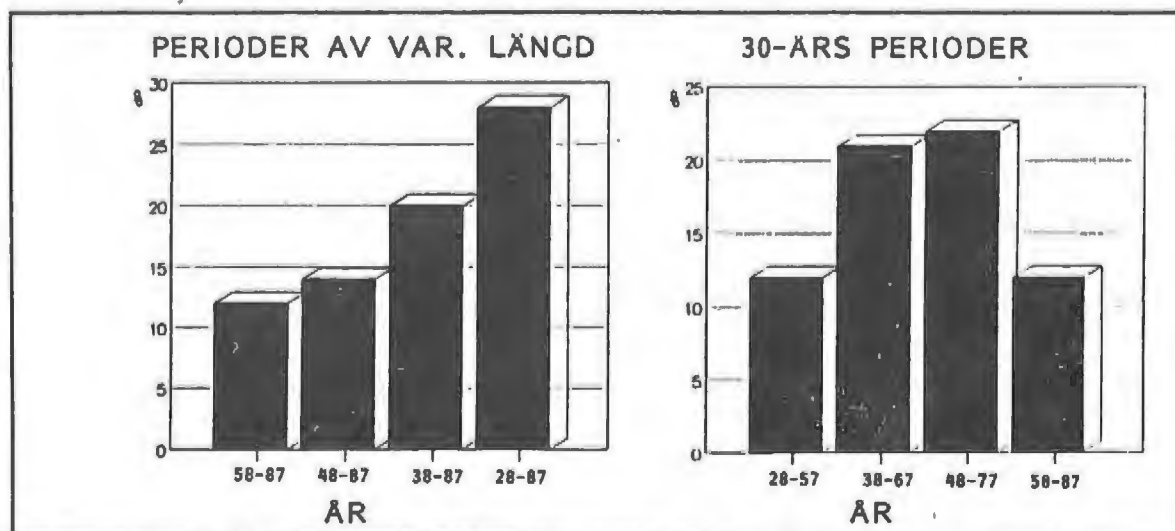
men antalet är för litet som underlag för en regional analys.

Studien av de regionala fördelningen genomfördes i två steg. Först riktades intresset mot variabiliteten vid jämförelse av 30-års perioder. 30-års serier flyttades i steg om 10 år inom den totala perioden 1928 - 1987. I den andra omgången varierades periodens längd med serier sträckande sig 30, 40, 50 respektive 60 år tillbaka i tiden från slutåret 1987 räknat.

Den av trenden förorsakade totala förändringen i avrinningen beräknades för respektive period. Dessa angivelser i mm interpolerades med användande av Kriging för presentation av resultaten i form av isolinjekartor. Interpolation med Kriging innebär att hänsyn tas till korrelationens avtagande med avståndet (mellan stationer) vid beräkning av stationsvikter.

3.1 Trendernas signifikans

De regionala mönster som redovisas är baserade enbart på de signifikanta trendmått vilket begränsade antalet utnyttjade serier i hög grad. I de studerade tidsperioderna uppvisade 12 - 28% av serierna signifikanta trender. Antalet studerade serier i de olika tidsperioderna var 70 till 90 st. Det kan alltså konstateras att en liten del av det totala antalet serier uppvisar signifikanta trender. Detta medför att underlaget för en regional beskrivning av trenderna är magert. Följaktligen blir de figurer som visar trendfördelning över landet delvis grova och kan inte utnyttjas för detaljtolkningar. I figur 2 anges andelen signifikanta serier för varje bearbetad tidsperiod.



Figur 2. Andel serier med signifikant trend av totala antalet serier i respektive tidsperiod

Vänstra delen av figur 2 visar andel serier uppvisande signifikant trend för olika serielängder. För detta datamaterial kan konstateras en ökande andel signifikanta trender med ökande observationsperiod. Figuren avspeglar också ungefärligen det absoluta antalet signifikanta trenduppgifter då utgångsantalet inte varierade mycket mellan de olika tidsperioderna.

Den högra delen av figur 2 visar andel signifikanta trender för olika 30-års perioder. Här får mer kortfristiga variationer i klimatet stor inverkan och variationen tycks slumpmässig.

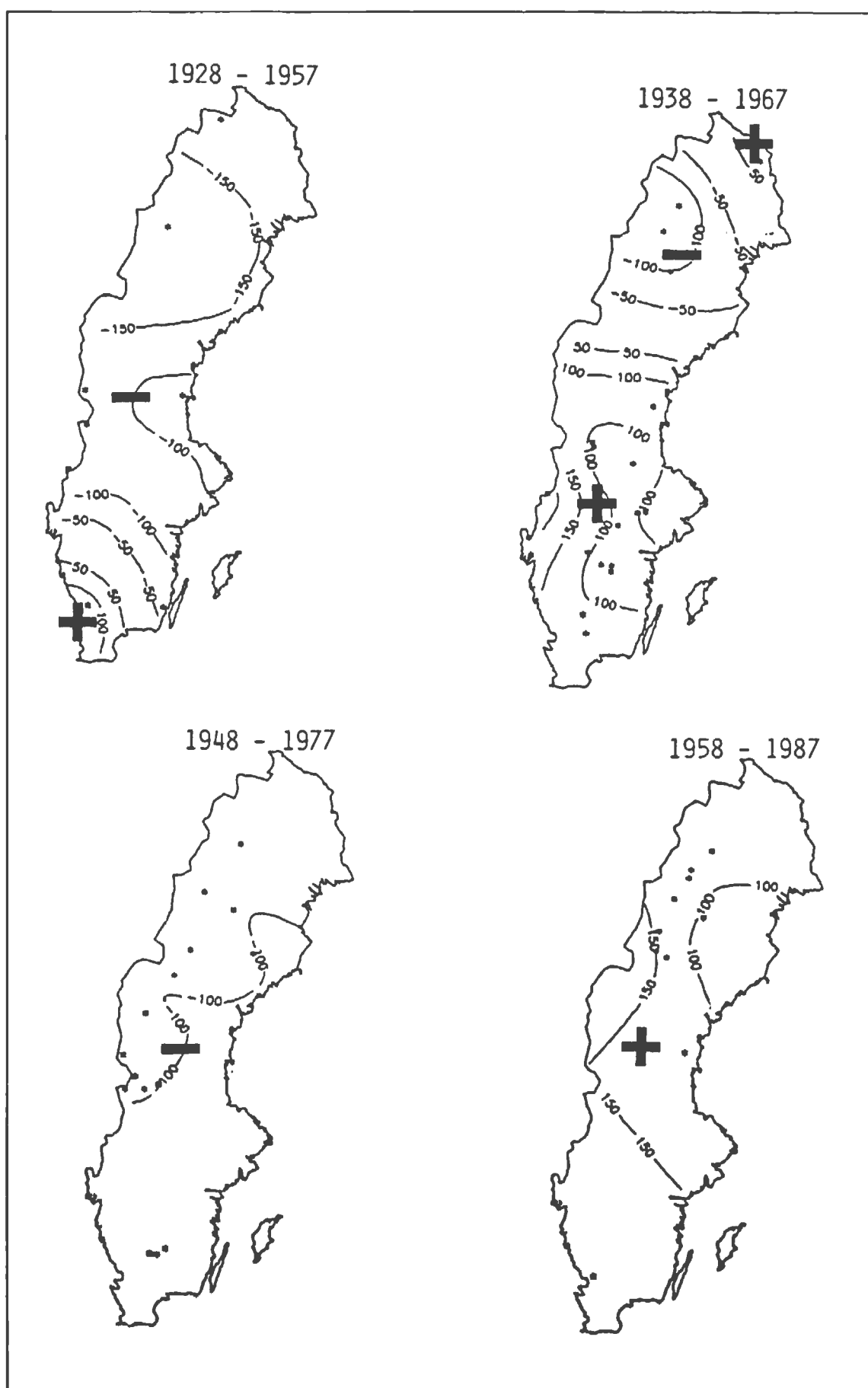
Avrinningsserier har egenskaper som gör att resultat från trendanalyser baserade på korta serier blir osäkra. Stor influens har den stora variationen från år till år. Trendanalyser bör med utgångspunkt från en sådan egenskap grundas på så långa serier som möjligt. I en studie av de regionala mönstren måste dock kravet på så långa serier som möjligt sättas mot kravet på en tillfredsställande rumslig täckning.

3.2 Regionala mönster - 30-års perioder

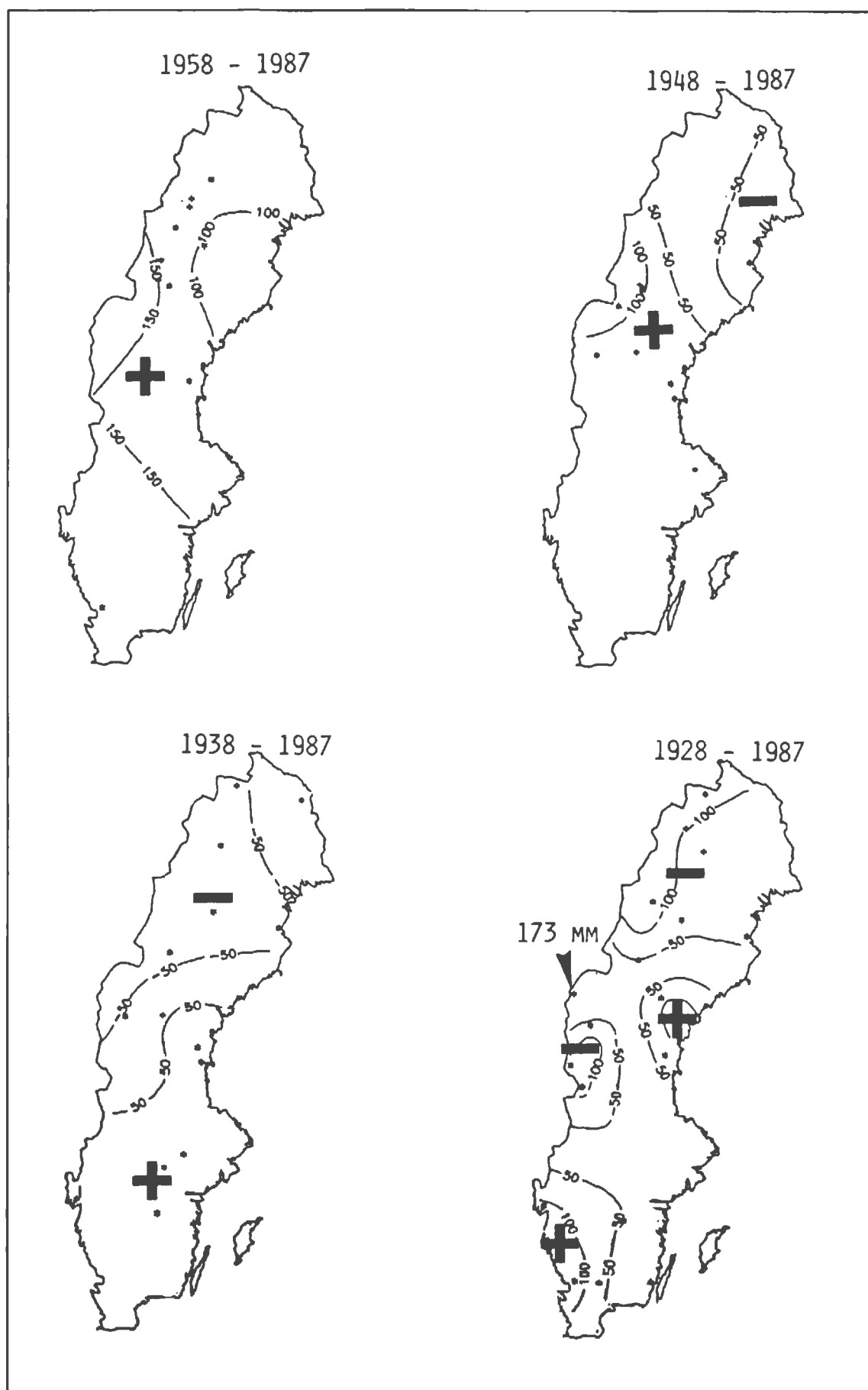
Figur 3 visar trendmönstren för fyra 30-årsperioder. De två tidigaste 30-årsperioderna uppvisar ett blandat mönster. Desto mer anmärkningsvärda är resultatet som visas i de återstående två delfigurena. Hela landet uppvisar en minskning i avrinningen under 1948 - 1977 på 50-150 mm.

Samhällets stora beroende av goda vattentillgångar gör att uppmärksamheten ofta är stor när det gäller uppgifter om trender för avrinningen. Den informationen om negativ trend som gavs i slutet av 1970-talet bidrog säkert till den oro man då uttryckte för de framtida vattentillgångarna. Under perioden 1958 - 1987 ger trenduppgifterna en motsatt bild: Genomgående positiva värden för hela landet. Främst ett antal våta år i slutet av perioden orsakade en vändning av den negativa trenden på 30-års basis.

Det är anmärkningsvärt att den 10-åriga förskjutningen av serierna kan ge signifikanta trender av motsatta tecken inte bara för enskilda serier utan även för hela regioner. Ett relativt litet antal extrema år kan ha mycket stor inverkan på resultaten, framför allt då dessa extrema år befinner sig i början eller slutet av serien. Försiktighet bör därför



Figur 3. Avrinningens regionala trendmönster; 30-års perioder. Signifikanta områden markerade (*). Total ändring under respektive period i mm.



Figur 4. Avrinningens regionala trendmönster; varierad periodlängd. Signifikanta områden markerade (*). Total ändring under respektive period i mm.

iakttas innan långtgående slutsatser om klimatet dras på grundval av i detta sammanhang så korta serier.

3.3 Förändring av regionala mönster med ökande periodlängd

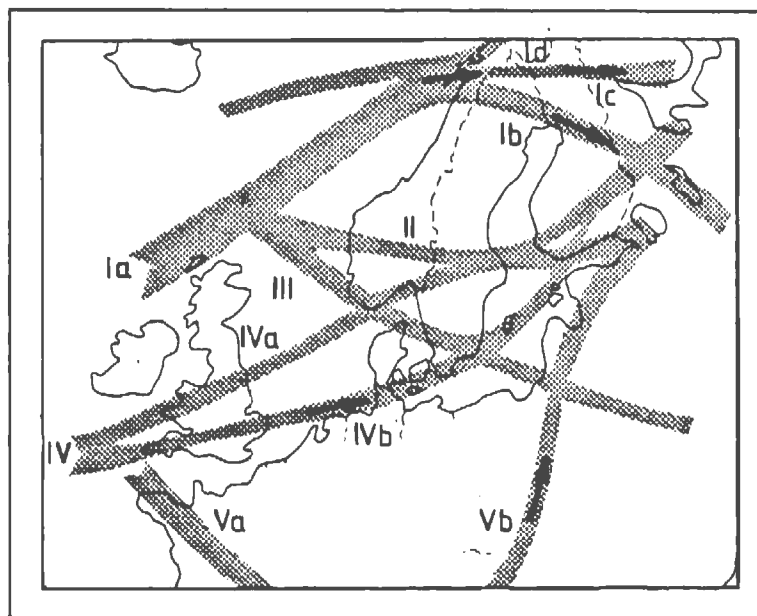
I figur 4 visas regionala trendmönster för successivt förlängda bearbetningsperioder från 30 till 60 år. Från en överlag positiv trend för perioden 1958-1987 kan man, på basis av mönstren för de successivt förlängda serierna, se en utveckling mot en negativ trend för fjällområdet samt norra Norrlands kust- och inland och i positiv riktning för västkustområdet och sydöstra Norrland. I resultatet från den längsta perioden splittras trendbilden för fjällkedjan av värdet från en station speciellt markerad i figuren. Stationens avrinningsområde är litet (ca 200 km²) och ej påverkat av reglerande åtgärder. Belägenheten i ett lågt parti av fjällkedjan och utan högre fjällmassiv på den norska sidan ger detta område en annan nederbördsregim jämfört med resten av fjällkedjan.

Finns det då någon fysikalisk förklaring som gör detta mönster möjligt? Närmast till hands ligger att söka

orsakerna i förändringar i de atmosfäriska cirkulationsmönstren. Det föreligger få systematiska studier av lågtrycksbanor och frekvensen av dessa. Dock genomförde den tyske meteorologen van Bebber i slutet av förra århundradet omfattande kartläggningar av lågtrycksbanorna (figur 5) i Europa.

Han betecknade huvudbanorna med de romerska

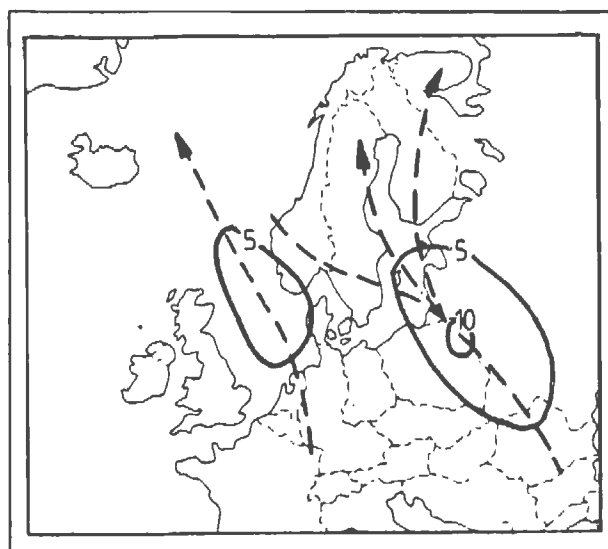
siffrorna I - V och deras avarter med a - d. Idag används i stort sett endast beteckningen Vb, lågtrycksbanan över Östeuropa.



Figur 5. Cyklonbanor i Europa.
Efter J. van Bebber (1891)

Salomonsson (1986) genomförde en motsvarande analys för ett något större område än

van Bebbers för perioden 1977-1986, dock begränsad till april månad. En i det här sammanhanget viktig slutsats i rapporten är att frekvensen av lågtryck i en bana från sydost (figur 6), från Polen och över Östersjön, är högre i det moderna materialet än i van Bebbers. Banan råkar vara en sidogren av Vb. Detta skulle kunna vara en del av förklaringen till den positiva trenden i regionen med centrum i sydöstra Norrland om resultaten för april månad från



Figur 6. Lågtryck från sydost.
Efter Salomonsson
(1986)

Salomonssons rapport överensstämmer

med förhållandena på årsbasis. Samma effekt ger också en ökad frekvens av lågtryck från väst och sydväst samt över Bottenhavet nybildade lågtryck i samband med lågtryck från sydväst. De positiva trenderna i västkustregionen härrör troligast från ökad frekvens av lågtryck med västlig härkomst, den för Sverige vanligaste banan. Det har dock inte gått att finna rapporter om förändringar i frekvensen av dessa lågtryck.

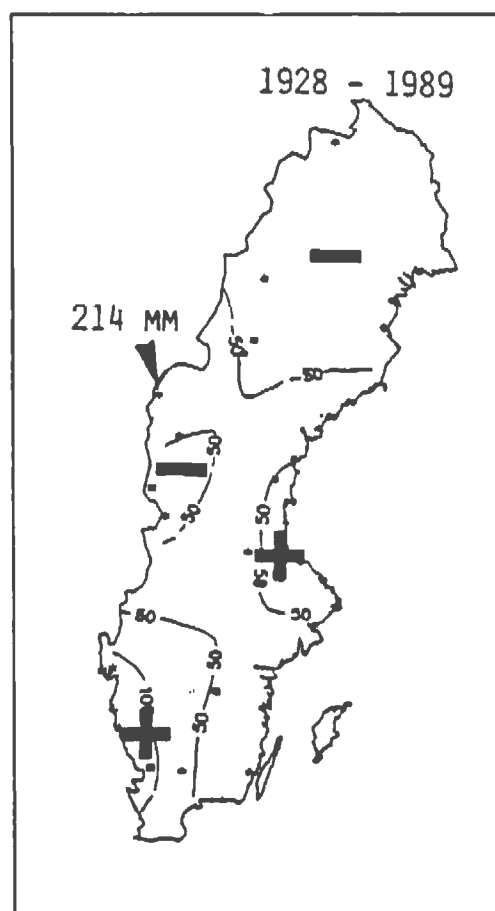
3.4 Trendmönstrens stabilitet.

Ett fåtal svenska observationsserier sträcker sig mer än 100 år tillbaka i tiden. Tre av dessa har studerats separat med avsikt att utröna hur trender för mycket långa serier faller in i det regionala mönster som redovisats för perioden 1928-1987 i figur 4. Den längsta av dessa serier gäller Vänern med start 1807, därefter Fäggeby (1852) i Dalälven och till sist Vättern (1858). Dessa tre analyserades för den gemensamma perioden 1858-1987.

Alla tre uppvisar signifikant negativ trend. För Vänern och Fäggeby är det förhållandevis klart att en dominerande del av avrinningsområdet ligger inom den negativa regionen och motsäger därmed inte resultaten. Vättern hamnar i figuren i ett mellanområde där visserligen interpolationsprogrammet gett positiva värden men också i ett område där det interpolerade mönstret inte stöds av några punkter. Två av de tre serierna bekräftar alltså mönstret i det långsiktiga perspektivet medan det är svårt att dra några slutsatser om den tredje.

I de regioner som uppvisar positiv trend finns tyvärr inte några serier av motsvarande längd för att ge en indikation av den mer långsiktiga trenden i dessa.

De två senaste åren, 1988 och 1989, har karakteriserats av en ojämn nederbördsfördelning gentemot den normala för landet. Fjällområdet har fått riklig nederbörd samt delvis också Vänerområdet och småländska höglandet. Övriga delar av landet har fått små eller mycket små nederbördsmängder. De två årens fördelning visar på hög nederbörd i de regioner där sista delfiguren i figur 4 uppvisar en negativ trend och omvänt för regioner med positiv trend. Inverkan på den regionala trendfördelningen visas i figur 7. Figuren ger fördelningen för perioden 1928-1989.

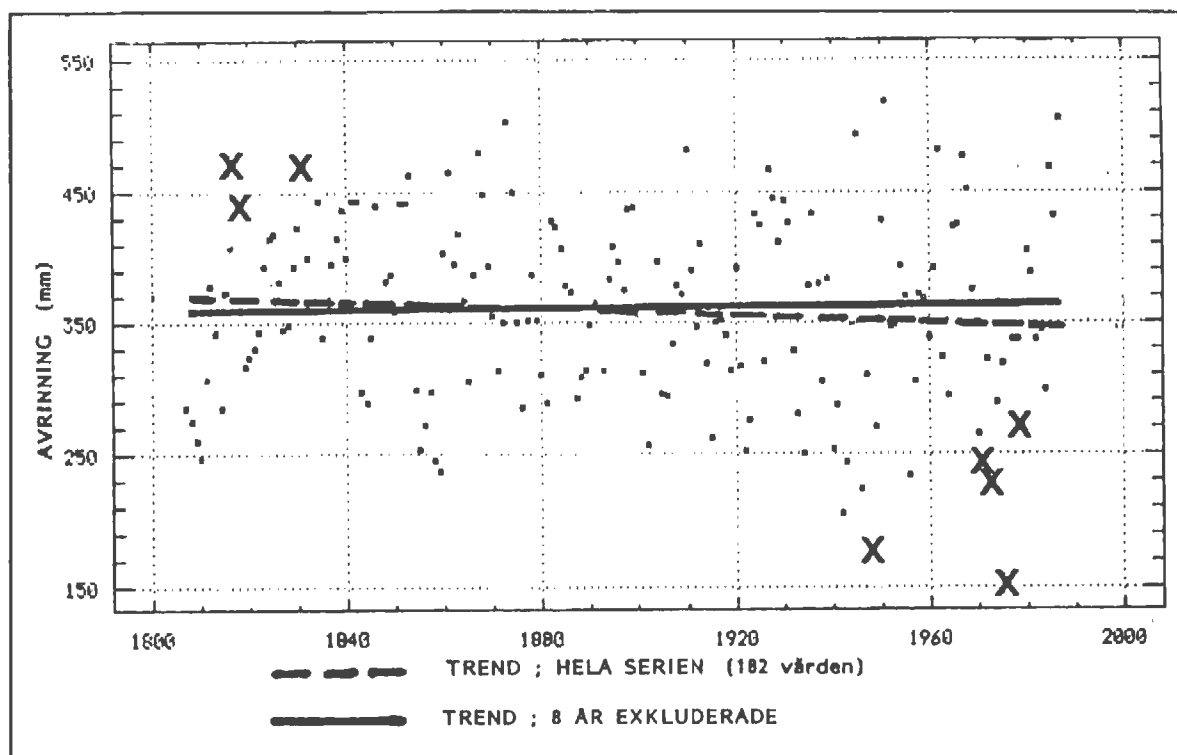


Figur 7. Trendmönster
1928-1989.
Total ändring (mm) .

Jämförelsen visar på generellt sett dämpade trender. I västkustregionen är bilden dock oförändrad och den positiva trenden för stationen i Jämtlands fjälltrakter är än mer accentuerad.

Trendmönstren är som tidigare nämnts svaga och ett fåtal extrema år kan ge stora förändringar och ibland total omsvängning. Känsligheten exemplifieras i figur 8. Den längsta tillgängliga serien, Vänern 1806-1987, uppvisar en signifikant negativ trend. Stryks åtta strategiskt valda värden har vi i stället fått en svag positiv trend.

Möjligheten till snabba förändringar i avrinningens trendmönster orsakad av ett fåtal extrema år är en karakteristisk egenskap hos avrinningsserier. En följd av extrema år behöver inte nödvändigtvis behöver vara en följd av långsiktiga förändringar av klimatet, vilket i sin tur försvårar identifieringen av effekter av mänsklig påverkan.



Figur 8. Trendförändring vid exkludering av värden.

3.5 Existens av svängningar

En intressant inslag i karakteristika hos avrinningsserier är förekomsten av svängningar. En komplikation är här den överlagring av olika periodlängder som förekommer. Korta periodlängder blandas med långa och en del förmodligen så långa att de inte kan identifieras på grund av våra i det här sammanhanget relativt sett korta observationsserier.

Det finns i Sverige endast tre avrinningsserier som sträcker sig 130 år eller längre tillbaka i tiden. De tre, som redan nämnts i avsnitt 3.4, analyserades med periodogramanalys. Före bearbetningen filtrerades serierna till flytande 3-års medelvärden då intresset främst var riktat mot längre svängningar. Jämförelser mot ofiltrerade serier har gjorts för identifiering av eventuella effekter p.g.a. själva filtreringen.

Periodogrammetoden är en enkel men något osäker metod för analys av svängningskomponenter. Se exempelvis Yevjevich (1972). Man bör bl.a. ha tillgång till ett flertal serier i samma region och seriernas längd bör, som en tumregel, åtminstone vara 10 ggr periodlängden för den analyserade svängningen. I vårt fall betyder detta att vi kan identifiera periodlängder upp till omkring 13 år. De tre serierna ligger ungefärligen i samma region. Resultaten av analysen ges i figur 9. Våglängder satta

inom parentes är randeffekter orsakade av att längre våglängder ej är perfekt sinusformade (aliasing). Dessa randeffekter har det varit möjligt att identifiera utifrån existerande material. Återstår indikationer på våglängder kring 14 (i två av tre fall) respektive 18 år (i alla tre fallen) samt möjligen 6 och 8 år.

Man kan konstatera att Vänern och Fäggeby, vilkas avrinningsområden är av mer likartad karaktär och belägenhet, uppvisar en något högre grad av samstämmighet i svängningsbilden.

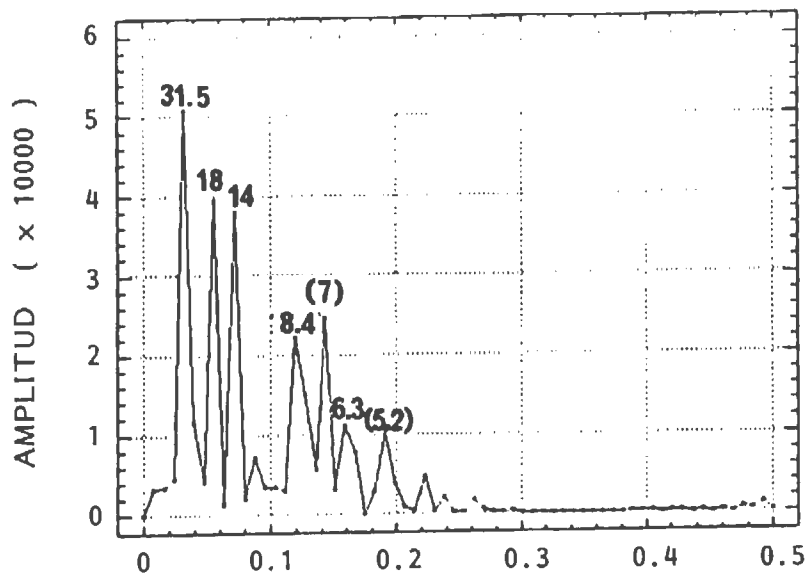
Det är naturligtvis svårt att bedöma värdet av analysresultatet. Om svängningarna är reella, finns få möjliga förklaringar att tillgå. Solfläckscykeln (11 år) nämns ofta som möjlig orsak till svängningar hos allehanda variabler. Enligt kommentarer från meteorologiskt håll utgör den en obetydlig term i de dynamiska ekvationerna och därmed ett mindre troligt upphov till de svängningar som studeras här.

I två av figurema återfinns en periodlängd av 18 år (osäker eftersom så få perioder ryms inom serien) vilken kan sägas ligga nära luni-solarcykeln (18.6 år). Luni-solarcykeln härrör från variationen i solens och månens gravitationspåverkan på jorden och dess atmosfär. Variationen i inbördes positioner ger maxima c:a vart 18:e år.

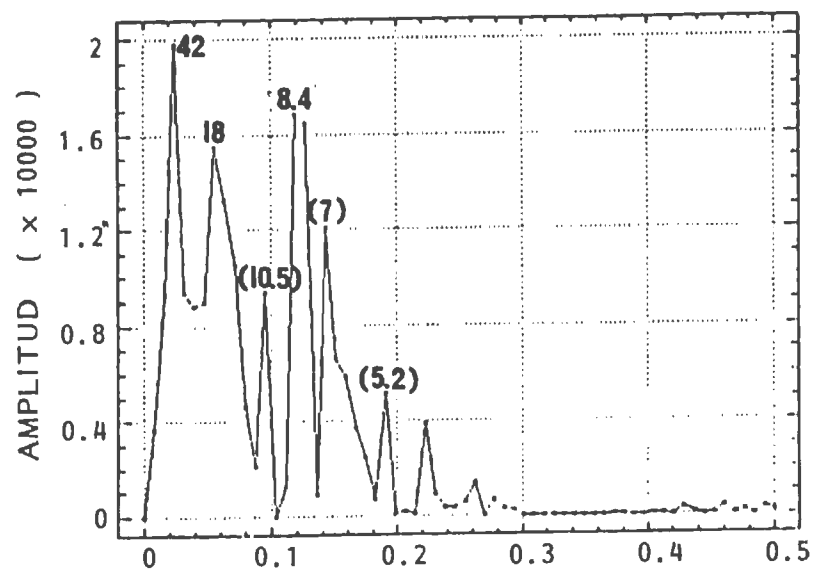
Den troligaste förklaringen till avrinningens temporala variationer är nog att finna i svängningar i den storskaliga atmosfäriska höjdströmningen, som i sin tur påverkar lågtrycksbanorna. Dessa eventuella svängningar kan i sin tur vara fenomen av slumpkaraktär enbart knutna till den studerade perioden. Osäkerheterna är alltså stora och många som alltid i klimatstudiesammanhang.

Det framstår som klart att tillgängliga seriers begränsade längd gör analyser av längre svängningar osäkra. Framför allt finns inte hydrologiskt underlag för att identifiera skillnader olika regioner emellan med avseende på svängningsmönster.

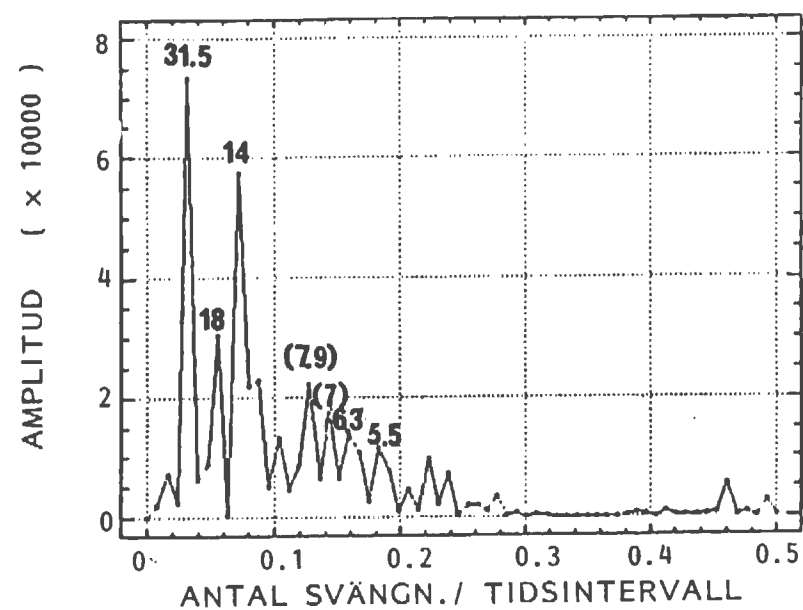
FÄGGEBY



VÄTTERN



VÄNERN



Figur 9. Periodogramanalys för perioden 1858-1987. Angivelserna vid kurva avser våglängder (år).

4. SAMMANFATTNING

Rapportens syfte är att analysera de långsiktiga förändringarna i avrinningen under perioden 1928-1987 som underlag för studier av eventuella uppkomna eller förväntade klimatförändringar.

Alla tillgängliga kompletta avrinningsserier från stationer inom landet har analyserats för kartläggning av regionala trendmönster i olika tidsperioder. Stationer med grova inhomogeniteter har exkluderats. Analyserna är baserade på serier av årsvärden.

Trendmönstren är generellt sett svaga. En relativt generös nivå (0.10) har därför valts för signifikanstestet. Resultaten visar att ett fåtal extrema år i följd kan ge stora återverkningar på trendmönstret.

De regionala trendmönstren uppvisar för den senaste 60-års perioden en negativ trend för större delen av fjällområdet och en positiv för västkusten och sydöstra Norrland.

Förändringar i fördelningen av vädersystemen mellan lågtrycksbanorna är en trolig delförklaring till den omfördelning av avrinningen som skett under den senaste 60-års perioden. Det blir fortsättningsvis nödvändigt att i större utsträckning utröna kopplingen mellan omfördelningen och förändringar i den atmosfäriska storskaliga höjdströmningen som i sin tur är beroende av den globala temperaturfördelningen, där växthuseffekten kan inverka. Det är även av vikt att ytterligare undersöka inverkan av andra mänskliga ingrepp som kan ha gett signifikanta förändringar av avrinningsförhållandena.

REFERENSER

- Alexandersson H. : Climate fluctuations in Sweden 1860-1987. SMHI.
 Eriksson B.(1989) RMK No. 58. Norrköping.
- van Bebbber W.J. (1891) : Die Zugstrassen der barometrischen Minima.
 Meteorologische Zeitschrift, Oktober 1891.
- Gottschalk L. (1980) : Slump och determinism i vattenföringsserier.
 SMHI. FOU-notiser nr 4. Norrköping.
- Hansen E. (1971) : Analyse af hydrologiske tidsserier.
- Jutman T. Bergström S. : Long term variations of the water balance in Sweden
 Eriksson B. (1989) - a preliminary study. Conference on Climate and
 Water,Helsinki, 1989. Volume 1.
- Salomonsson G. (1986) : Vb och andra lågtrycksbanor - idag och för 100 år sedan.
 Polarfront nr 50. Norrköping.
- Yevjevich V. (1972) : Stochastic Processes in Hydrology. Water Resources
 Publications, Fort Collins, Colorado.



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