



DNMI

Det norske meteorologiske institutt

REPORT NO. 29/99

KLIMA

SESONGVARSLING FOR NORGE ?

**E.J.Førland, R.E.Benestad, I.Hanssen-Bauer,
J.Mamen, J.Smits**



DNMI - RAPPORT

ISSN 0805-9918

DET NORSKE METEOROLOGISKE INSTITUTT
BOX 43 BLINDERN, N - 0313 OSLO

RAPPORT NO.
29/99 KLIMA

TELEFON +47 22 96 30 00

DATO
08.10.99

TITTEL

SESONGVARSLING FOR NORGE ?

UTARBEIDET AV

Eirik J. Førland, Rasmus E. Benestad, Inger Hanssen-Bauer, Jostein Mamen, John Smits

OPPDRAKSGIVER

Energiforsyningens Fellesorganisasjon (EnFO prosjekt nr. 551017) og
Det norske meteorologiske institutt

SAMMENDRAG

Det blir gitt en kort oversikt over metoder som benyttes internasjonalt for sesongvarsling, med hovedvekt på USA, Danmark, Sverige og det europeiske værvarslingssenteret (ECMWF) i Storbritannia. Det blir også gitt en grov evaluering av sesongprognosene fra ECMWF f.o.m. januar 1998 t.o.m. september 1999. Resultatene fra denne evalueringen er ikke særlig oppløstende, og spesielt for nedbør er det svært få sesonger der ECMWFs prognoser i det hele tatt har gitt noe signifikant signal over Norge. De få "signalene" som foreligger har endog oftest hatt motsatt fortegn av det som ble observert.

Det er et sterkt ønske om tilgang til sesongvarsler fra eksterne brukere, ikke minst innen energiforsyningen. Dersom det i nær fremtid skal initieres forsøk med sesongvarsling for Norge, bør slike varsler i første omgang baseres på statistiske metoder, eventuelt i kombinasjon med de dynamiske varsler fra ECMWF. Skisser av mulige statistiske metoder for sesongvarsling er beskrevet i rapporten. På sikt er det liten tvil om at dynamiske metoder også for våre områder vil gi bedre resultat enn statistiske. Det er derfor viktig å ha et nært samarbeid med ECMWF m.h.t. evaluering og videreutvikling av metoder for sesongvarsling for Nord-Europa.

UNDERSKRIFTER

Eirik J. Førland

Eirik Førland
Prosjektleder

Bjørn Aune

Bjørn Aune
Fagsjef

INNHold

Forord	4
1. Innledning	5
2. Potensielle brukere av sesongvarsler i Norge	7
3. Metoder for sesongvarsling	10
3.1 «Dynamiske metoder»	10
3.2 Statistiske metoder	10
3.3 Sesongvarsling og ENSO	11
3.4 «Alternative metoder»	12
3.5 «Langtidsvarsler» i folketroen.....	15
4. Seongvarsling ved ECMWF	16
4.1 Bakgrunn	16
4.2 Metode	17
4.3 Beskrivelse av ECMWFs sesongvarsler for Nord-Europa	17
4.4 Evaluering av ECMWFs sesongvarsler for Norge	23
4.5 Kvalitetsvurdering av ECMWFs sesongvarsler 1998-99.	25
5. Operativ sesongvarsling i Danmark, Sverige og USA	32
5.1 Danmark	32
5.2 Sverige.....	34
5.3 USA: NCEP.....	36
5.4 USA: IRI	36
6. Sesongvarsling for Norge ?	40
6.1 «Kvasi-dynamiske» metoder (med basis i ECMWF).....	40
6.2 Statistiske metoder basert på autokorrelasjon	41
6.3 Statistiske metoder basert på kanonisk korrelasjons analyse	43
7. Diskusjon	45
7.1 Dynamiske og statistiske metoder for sesongvarsling.	45
7.2 Internasjonale standarder for verifisering av sesongvarsler	46
8. Oppsummering	48
Akronymer og forkortelser	49
Referanser	50

FORORD

Denne rapporten gir en oppsummering av arbeidet i prosjektet *SESONGVARSLING FOR NORGE*. Dette prosjektet er dels utført ved midler fra EnFO (prosjektnr. 551017) og dels som egeninnsats fra DNMI.

I prosjektforslaget var det satt følgende målsetning for prosjektet:

- 1). Kartlegge metodikk som benyttes internasjonalt for sesongvarsling
- 2). Vurdere om disse metodene kan benyttes til å gi nyttige sesongvarsler for norske områder.
- 3). Utarbeide forslag om operativ norsk modell for sesongvarsling

I denne rapporten behandles punkt 1) og 2) i prosjektmålsetningen, mens mulige modeller for sesongvarsling for Norge basert på statistiske metoder er beskrevet av Benestad (1999).

1. INNLEDNING

De tradisjonelle meteorologiske prognoser har en tidshorison på 7-10 døgn. Utover 10 døgn blir treffsikkerheten for "øyeblikksvarsler" basert på de eksisterende numeriske prognosemodeller så lav at de har liten nytteverdi. Med en kombinasjon av statistiske modeller og forenklete prognosemodeller er det imidlertid mulig å gi langtidsprognoser av hovedtrekk i nedbør- og temperatur-utvikling. Internasjonalt utarbeider enkelte meteorologiske institutt på forsøksbasis varsler for flere måneder fremover. Dersom det er mulig å utarbeide sesongvarsler med en akseptabel treffprosent for norske områder, vil dette være av stor betydning for f.eks. energisektoren. I 1998-99 har derfor DNMI utført et prosjekt for EnFO med følgende målsetning:

- 1). Kartlegge metodikk som benyttes internasjonalt for sesongvarsling
- 2). Vurdere om disse metodene kan benyttes til å gi nyttige sesongvarsler for norske områder.
- 3). Utarbeide forslag om operativ norsk modell for sesongvarsling

Forsøk på å utarbeide langtidsvarsler har pågått i lang tid. I en rapport fra DNMI i 1956 (Evjen, 1956) heter det: «Ved værtjenesten i USA er man allerede kommet så langt at det under ledelse av dr. Namias sendes ut 30-dags-varsler for temperatur og nedbør. Varslene er gitt i form av karter over mesteparten av den nordlige halvkule og der er avgrenset arealer hvor temperatur og nedbør er betegnet som «normal», «over normal» og «under normal». Man kan således utnytte varslene også med henblikk på norske forhold.

I det lange løp vil det selvsagt være lite tilfredsstillende bare å måtte stole på de amerikanske varsler, som forøvrig må antas å ha større treffprosent for USA enn for Norge. Men å opprette en tilsvarende tjeneste i Norge kan det f.t. ikke være tale om. Varslene er dessuten ennå ikke så sikre at de berettiger svære utgifter hertilands. Imidlertid vil vel krav om 30-dagers-varsling etterhvert melde seg, og det vil være rimelig om Meteorologisk Institutt ofrer muligheten av en slik tjeneste en viss oppmerksomhet. Her er det ikke nok at man prøver å sette seg inn i hvilke metoder som er kommet til anvendelse. Uten praktisk erfaring i bruk av metodene vil man ikke komme langt, om en varsling skal settes i gang.»

Ovennevnte betraktninger er langt på vei gyldige også i dag. Hovedårsaken til at vi i Norge ikke er kommet stort lenger, - over 40 år senere, - er hovedsakelig at ingen av metodene som hittil har vært brukt internasjonalt for langtidsvarsling har gitt særlig gode resultat for våre områder. Men i de senere år er det internasjonalt blitt satset stadig mer på metodikk for sesongvarsling, og med dramatisk forbedring i atmosfæremodeller, regnekapasitet og datagrunnlag er forholdene nå vesensforskjellige fra situasjonen i 1950-årene. Dessuten er anvendelses-områdene for presise sesongvarsler langt flere enn for 40 år siden. Ikke minst for vannkraftproduksjonen i Norge ville gode sesongvarsler for temperatur og nedbør være av meget stor betydning. I denne rapporten nevner vi ulike bruksområder for sesongvarsler (kapittel 2), beskriver den generelle metodikk som nå benyttes for å utarbeide sesongvarsler (kapittel 3), og gir en oversikt over den operative sesongvarsling i Danmark, Sverige, USA (kapittel 5). Av spesiell interesse er den varslingsteknikk som nå utvikles ved det europeiske værvarslingssenteret (ECMWF) i Reading, England, og i kapittel 4 gis det en detaljert beskrivelse av metodikken som ECMWF benytter, og litt om treffsikkerheten av disse varslene i Norge i perioden september 1997-januar 1999. Til slutt (kapittel 6) skisserer vi hvordan det kan utvikles en operativ modell for sesongvarsling for Norge.

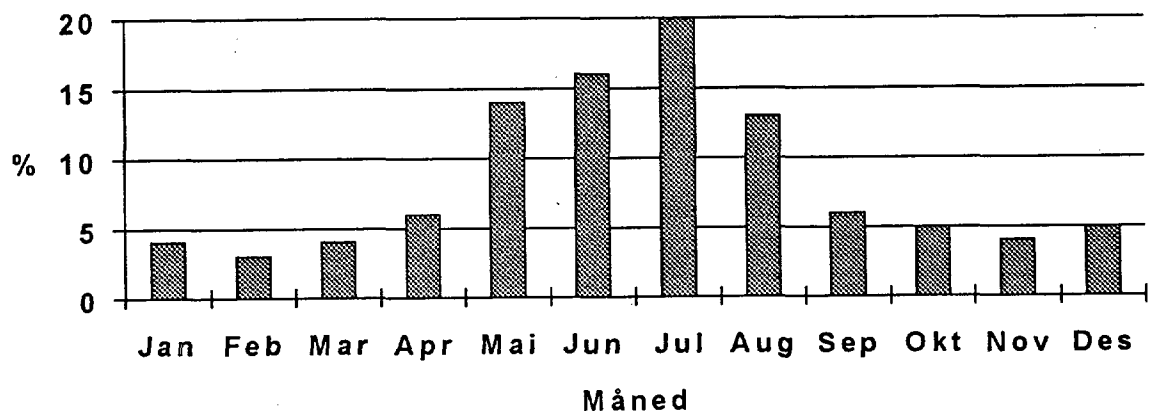
2. POTENSIELLE BRUKERE AV SESONGVARSLER I NORGE

I forkant av et brukermøte om sesong-varsling ved ECMWF i juni 1998 gjorde DNMI noen små undersøkelser for å kartlegge et eventuelt behov for sesong-varsling i Norge. Det ble tatt kontakt med bl.a. produsenter av iskrem, drikkevarer, regntøy, kraftbransjen og landbruket for å høre om de mente de kunne ha nytte av slike varsler. Undersøkelsen er på ingen måte fullstendig, men en del interessante ting kom likevel fram.

2.1 Iskrem

Salget av iskrem er veldig følsomt for været. Halvparten av årsproduksjonen foregår i de fire månedene fra mai til august. Juli er den viktigste måneden, og en kald juli kan ha bare halvparten av det salget en varm juli har. Hvis det blir for varmt øker salget av saftisene, mens salget av fløteisene går ned. Det ideelle været er derfor passe varmt, skydekket kan godt variere noe, men det bør ikke regne. Bransjen må absolutt sies å være interessert i sesong-varslere, og både temperatur og nedbør i sommerhalvåret er interessante parametere.

Salg av iskrem

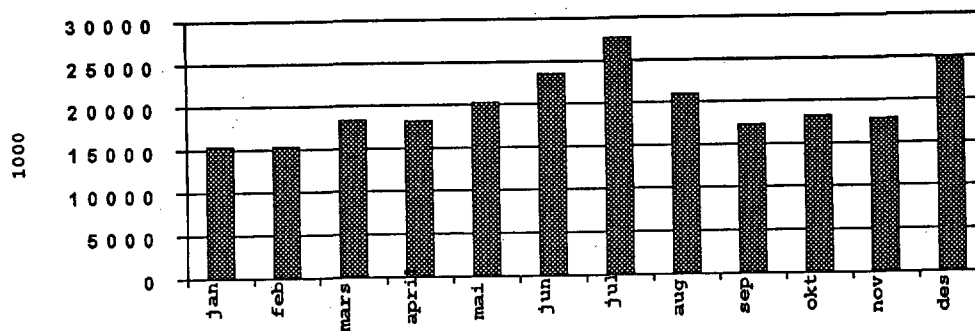


Figur 2.1 Månedsvise fordeling av salg av iskrem i Norge

2.2 Drikkevarer

Salget av drikkevarer varierer ikke så mye i løpet av året som det gjør for iskrem, men det går merkbart opp hvis det blir veldig varmt. Det ideelle været for denne bransjen er derfor det svært varme. Temperaturen er mest interessant, og da aller mest i perioden 1. april til 1. oktober.

D r i k k e v a r e r



Figur 2.2 Månedsvise fordeling av salg av drikkevarer i Norge

2.3 Regntøy

Bransjen lager sine produkter opptil et halvt år før de kommer i hyllene, og det er vanskelig å justere produksjonen på kort varsel. Behovet for sesongvarsler er derfor ikke så stort som for andre bransjer, men nedbørvarsler som går et halvt år eller mer fram i tid, vil ha en viss interesse.

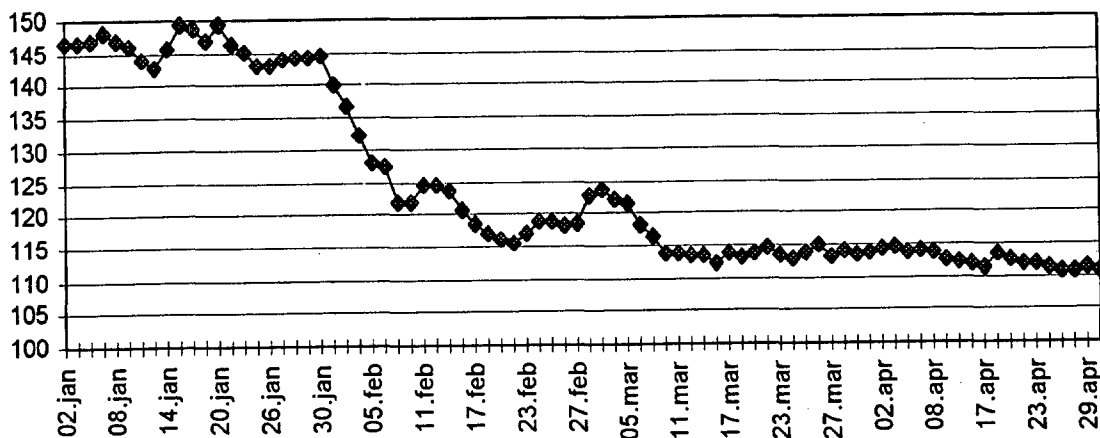
2.4 Reiseliv

De fleste som reiser til Norge, uansett årstid, forventer ikke "fint" vær. Utlendinger har dessuten gjerne bestemt seg lang tid i forveien, mens skandinaver nok bestemmer seg på litt kortere sikt. Men bransjen hadde ikke noe i mot å fortelle at det så ut til å bli en varm og fin sommer i Skandinavia, mens det motsatte nok ikke ville bli formidlet.....

2.5 Kraftprodusenter

Kraftbransjen er, naturlig nok, svært interessert i hvordan været utvikler seg. Strømprisen varierer i takt med den forventede værutviklingen: den går opp hvis det ventes kaldt og/eller tørt vær, mens den går ned hvis det ser ut til å bli mildt og/eller fuktig. Bransjen er generelt veldig interessert i varsler som går langt fram i tid, og både temperatur og nedbør er viktig.

Pris på spotmarkedet (1998)



2.6 Landbruk

Landbrukets behov for sesong-varsler kan tenkes utnyttet slik at hvis det f.eks. så ut til å bli en kald sommer i et område, kunne bøndene få beskjed om at det sannsynligvis ikke ville lønne seg å plante hvete fordi denne krever varmere vær enn bygg. En slik utnytting vil selvfølgelig være av stor verdi for bransjen. Både temperaturvarsler og nedbørvarsler er viktige for landbruket.

3. METODER FOR SESONGVARSLING

3.1 «Dynamiske metoder»

Sesongvarsler kan lages på to prinsipielt forskjellige måter: Dynamisk og statistisk. I dynamiske sesongprognoser benyttes en koplet hav-atmosfære klimamodell som bakgrunn for prognosene. Disse modeller er modifiserte versjoner av de vanlige værprognosemodellene, men i tillegg til atmosfærens strømninger beskrives også verdenshavenes temperatur-, salt- og strøm utvikling. De dynamiske modeller krever best mulig informasjon om utgangs tilstanden til atmosfære og hav ut fra observasjoner. Deretter beregner modellen i små tidsskritt atmosfærens og havens tilstand frem i tiden. Normalt lages mange dynamiske prognoser (ved ECMWF startes en hver dag), som alle gir et forskjellig anslag på f.eks. det neste halve års vær. Hvis man ser på middeler verdier for en sesong, vil man ofte finne at en type vær eller klima (f.eks. varmere enn normalt) forekommer i et flertall av de individuelle prognoser. Det endelige prognoseprodukt vil derfor for dynamiske sesongprognoser beskrive sannsynligheter for forskjellige utviklinger i vær situasjonen. Disse sannsynligheter er beregnet ut fra mange individuelle modellprognoser. En nærmere beskrivelse av sesongvarsling med en dynamisk modell er gitt i kapittel 4.3

Det er viktig å poengtere at dynamiske sesongvarsler ikke kan gis som deterministiske prognoser, men må være basert på sannsynlighetsberegning. Grunnen til dette, er at været er uforutsigbart etter et par uker p.g.a. av ulineære dynamiske effekter («kaoseffekten»). Ved hjelp av f.eks. ensemble beregninger, kan det likevel være mulig å si noe generelt om hvordan den sesongmessige værstatistikken påvirkes av langsomme storskala anomalier, som f.eks. havtemperatur, bakke trykk, lufttemperatur eller sjøis. De dynamiske sesongvarslene gir derfor sannsynlighet for hvilke utslag enkelte storskala anomalier har for lokal værstatistikk.

3.2 Statistiske metoder

I statistiske metoder benyttes historiske datasett av klimaparametre som f.eks. sjøtemperatur, lufttrykk, temperatur og nedbør. De statistiske sesongvarslings-teknikker kan inndeles i to grupper:

1). *Lokale modeller*: Observasjonene for en stasjon benyttes til å lage en lokal statistisk modell som kan brukes til å forutsi sannsynligheten for f.eks. et mild vinter. Man kan forenklet si at

man enten baserer seg på autokorrelasjon mellom påfølgende måneder/sesonger (se kapittel 6.2), eller prøver å finne en historisk vær- eller klima-situasjon som minner om den aktuelle, og så benyttes den historiske værutvikling til å lage en aktuell prognose (se f.eks. kapittel 5.3)

2). *Storskala-modeller*: Observasjonene for en stasjon eller en region knyttes opp mot anomalier i f.eks. lufttrykk eller sjøtemperatur over et større område. Eksempel på slik metodikk er gitt i kapittel 6.3.

3.3 Sesongvarsling og ENSO

De dynamiske sesongvarsler har sine opphav i varsler for El Niño Southern Oscillation (ENSO). Tidsskalaen for ENSO er fra 2-8 år, og siden de mellomårlege klimavariasjonene i tropene skjer over lengre tid, tror man at de teoretisk kan være forutsigbare opp til et par år i forveien, som er innen ENSOs karakteristiske tidsskala. Havet representerer hukommelsen i hav-atmosfære koblingen som er grunnlaget for ENSO og det er følgelig havet som er ansvarlig for den lange tidsskalaen. De første seriøse ENSO varslene kom på 1980 tallet, basert på både statistiske metoder som f.eks. kanonisk korrelasjonsanalyse (Barnett 1984, 1988) og koblede dynamiske modeller som f.eks. Cane, Dolan og Zebiak's (1986) modell.

Man har i de senere årene forbedret ENSO prognosene, hovedsakelig fordi man nå har bedre observasjoner fra Stillehavet (TAO rekken) og fordi man nå har kraftigere regnemaskiner som kan kjøre mer avanserte modeller. Når det gjelder ENSO prognoser har man funnet ut at man får bedre treff når man varsler fra og med sommer og opp til vinteren enn når man tar utgangspunkt i vinterforholdene og varsler for sommeren. Denne sesongbetonte treffstatistikken som ofte kalles «spring barrier», viser en viss tidsvariasjon. Vår-prognosene på 1970 tallet var stort sett dårligere enn på 1980 tallet. Det er også andre tegn enn forandringer i «spring barrier» effekten som tyder på at ENSO går gjennom dekadale forandringer. 1990 årene var spesielle i og med at havtemperaturene i den tropiske delen av Stillehavet lignet permanent El Niño situasjon, med kun et lite unntak i 1995/1996. Det er for øvrig ingen god forklaring på spring barrier effekten, og det er ingen fastslått teori på hvordan ENSO fenomenet forandrer seg fra dekadene til dekadene.

3.4 «Alternative metoder»

I tillegg til sesongvarslings-metodikk som utvikles og uttestes ved nasjonale meteorologiske institutt, er det en rekke mer eller mindre seriøse personer/institusjoner som lanserer sine egne metoder. Noen av disse metodene er delvis basert på tilsynelatende fornuftige fysiske resonnement, andre kan i beste fall kategoriseres som «overtro».

Wolfgang Röder, Freie Universität i Berlin har utviklet forskjellige teorier om periodiske variasjoner i temperatur og trykk, og mener bl.a. å kunne påvise 7.8 års og 2.3 års sykluser i temperaturen i Berlin. Han tillegger også solflekksyklusene vekt. Röder baserer sin sesongvarsling bl.a. på trykkanomalier over den nordlige halvkule i de enkelte måneder og temperaturens avvik fra normalen i Berlin et visst antall måneder senere. Röder mener imidlertid at temperatur og trykkfordelingen i den senere tid har endret seg slik at hans statistiske grunnlag 40 år tilbake i tid ikke lenger kan brukes. Dette mener han var årsaken til at hans varsel om en kald desember 1997 ble en fiasko. Aftenposten hevder at «Röders langtidsprognoser pleier å slå til, men hans sommervarsel (1998) ble en gedigen skivebom: Han spådde en varm og tørr sommer - og sier at bommerten skyldes en programmeringsfeil». Röder har så vidt vi vet ikke publisert noe om sine metoder, men henviser til at han bare bruker kjente ting slik at dette ikke er nødvendig. Röders «sesongvarsler» er forøvrig ikke kommersielle.

På oppdrag fra svenske Aftonbladet har Röder (ifølge Aftenposten 15.10.98) utarbeidet langtidsprognose for Norge også for vinteren 1998/1999. Av den fremgår at oktober og november skulle bli kjølige og stormfulle, med til dels store nedbørmengder i det meste av landet. Sjansene for en hvit jul er små for Sør-Norge. Desember skulle bli nedbørfattig med normale temperaturer. Januar, februar og mars skulle derimot bli nedbørrike med temperatur 3-4 grader over det normale. En "evaluering" av Röders langtids-prognoser for Norge for perioden oktober 1997 til februar 1999 er gitt i tabell 3.1.

Tabell 3.1. Grovvurdering av Rödgers «langtidsvarsler» for perioden oktober 1997 til februar 1999. Rödgers prognoser er hentet fra norske massemedia (VG og Aftenposten).

Måned	Varsel	Fasit	Konklusjon
Okt.97	Opp til 2-3°C varmere enn vanlig Mye regn	Kaldere enn normalt i hele landet bortsett fra Finnmark. Opp til 3°C under normalen. Eneste område med mye nedbør relativt til normalen var Møre og deler av Trøndelag	Temp.: Bom Nedb.: Bom
Nov.97	Mildt i sør, kaldt i nord Trolig mye regn	Normalt til mildt i sør. Nær normalen i kyststrøk nordpå. Indre strøk av Nord-Norge hadde temperaturer inntil 1-2°C under normalen. Mindre nedbør enn normalt over mesteparten av landet. Kun et par områder på Østlandet og i Finnmark fikk mer nedbør enn normalt	Temp.: Delvis treff Nedb.: Bom
Des.97	Mesteparten av måneden blir det fortsatt kaldt i nord. Sørpå blir det normale temperaturer. Ved juletid blir det kaldt og lite snø	Mildere enn normalt i så å si hele landet, særlig i Nord-Norge. Også i julen lå temperaturen godt over normalen de aller fleste steder. Mer nedbør enn normalt på Sør- og Østlandet og indre strøk av Finnmark, ellers mindre enn normalt	Temp.: Bom Nedb.: Bom
Jan.98	Fremdeles lite snø. Været domineres av høytrykk og kulde. I midten av måneden blir det mildere, middeltemperaturen vil være 2-3°C under normalen	Uvanlig mildt første del av måneden. I siste del av måneden ble det kaldere. Likevel lå temperaturen for måneden som helhet over normalen i hele landet. I østre deler av Sør- og Midt-Norge lå middeltemperaturene opp til 4-5°C over normalen. Mer nedbør enn normalt på Sør- og Østlandet og i indre strøk av Finnmark, ellers mindre enn normalt.	Temp.: Bom Nedb.: Bom
Feb.98	Stort sett kaldt. Noen korte mildere perioder innimellom. Middeltemperaturen vil ligge 1-2°C under normalen	Svært mildt i Sør-Norge, med middeltemperatur inntil 8°C over normalen. Svært kaldt i Finnmark, med middeltemp. inntil 8°C under normalen. Kun et smalt belte i grenseområdet Nordland/Troms hadde middeltemperatur 1-2°C under normalen	Temp.: Bom Nedb.: ?
Okt.98	Kjølig og stormfull, tildels store nedbørmengder i det meste av landet.	Kjølig i Syd- og Midt-Norge (inntil 2°C under normalt), normalt eller litt mildere enn normalt i Nord-Norge. Nedbør: Litt over normalt i syd, litt under i nord.	Temp: Delvis treff Nedb: Bom
Nov.98	Kjølig og stormfull, tildels store nedbørmengder i det meste av landet.	Temperaturer under normalen stort sett over hele landet. Særlig kaldt i nordøst og i fjellet i Syd-Norge (3-6°C under normalen) Lite nedbør over hele landet. Uvanlig med så lite nedbør over hele landet samtidig.	Temp: Delvis treff Nedb.:Bom
Des.98	Normale temperaturforhold. Lite nedbør.	Mildt over hele landet (opp til 3°C over normalen). Mindre nedbør enn normalt på Østlandet, Sørlandet, og sydøstlige deler av Midt-Norge. Mer nedbør enn normalt i landet forøvrig.	Temp: Bom Nedb.: Delvis treff
Jan.99	Temperaturer 2-3 °C over det normale. Mye nedbør.	Kaldere enn normalt i Finnmark. Mildt i Syd- og Midt-Norge (0.5-4°C over det normale). Stort sett mindre nedbør enn normalt i Nord- og Midt-Norge. Stort sett mer nedbør enn normalt i Syd-Norge	Temp: Delvis treff Nedb.: Delvis treff
Feb.99	Temperaturer 2-3 °C over det normale. Mye nedbør...	Kaldere enn normalt i Finnmark. Mildt i Syd- og Midt-Norge (0.5-3°C over det normale). Store regionale og lokale variasjoner i månedsnedbøren. Stort sett mindre nedbør enn normalt i Vest-Finnmark, Troms og på Østlandet. Mer nedbør enn normalt å Vestlandet og i Midt-Norge	Temp: Delvis treff Nedb.: Delvis treff

Piers Corbyn i det britiske firmaet *Weather Action* tilbyr prognoser for Skandinavia for opp til 11 måneder fremover i tid. Weather Actions såkalte *Solar Weather Technique* (SWT) går ut på at ytre sol-baserte faktorer er hovedårsaken til at tradisjonelle værvarsler blir feil. P. Corbyn mener at disse solfaktorene kan betraktes som "perturbasjoner" på tradisjonelle varsler. SWT forutsier solar-faktorer som kan forbedre nøyaktigheten av tradisjonelle varsler på kort og middels skala. De kan også brukes til "SWT" langtidsvarsler opp til 41 måneder frem i tid. Disse blir presentert gjennom s.k. "SWT Pressure Tendency Forecast Maps".

Bakgrunnen for teorien er at partikler fra solen gjennom solens forskjellige aktivitets stadier blir sendt ut i verdensrommet (s.k. "solar vind"). Noen av disse partiklene treffer jordatmosfæren, hvor de ifølge Corbyn kan ha betydelig, men komplisert innflytelse på værutviklingen rundt om på jordkloden. Disse prosessene kan ifølge Corbyn forandre sirkulasjonsmønstre og fordelinger av høytrykks- og lavtrykks-områder.

SWT teknikken forutsier når og hvor sol-jord forbindelsen vil opptre. Teknikken gir også s.k. Weather Action indikatorer som beskriver hvordan værsystemene vil utvikle seg som følge av solvind påvirkningen.

SWT har tre grunnprinsipper:

1. Solar aktivitet er en grunnleggende faktor i værutviklingen for alle tidsskalaer fra noen få dager til flere år fremover.
2. Nøyaktige langtidsvarsler må ta i betraktning de ytre faktorer fra solar aktivitet.
3. Vanlige trykkart er ufullstendige verktøy innen varsling. Sol-baserte fenomen som påvirker trykkfordeling og fronter er av avgjørende betydning.

Grunnlaget for Corbyn's metode er ikke publisert;- dette er "forretningshemmeligheter". Detaljene i teoriene hans er ikke kjent for andre enn Corbyn selv; ikke en gang hans nærmeste medarbeidere kjenner detaljene. Det foreligger heller ikke noen seriøse forsøk fra Weather Action på å verifisere "varslene" de har produsert. Inntil evt. mer dokumentasjon av metoden og dens treffsikkerhet foreligger, er det nærliggende å karakterisere SWT-"teknikken som bløff. Vi risikerer dermed å bli satt i bås med Corbyn's kritikere ved UK Met.Office (WIRED, feb-1999) som ifølge Corbyn er "narrow-minded and hypocritical".

3.5 Langtidsvarsler i folketroen

Det finnes en god del litteratur som omhandler «langtidsvarsler» i folketroen. De følgende betraktninger er hentet fra Godske (1956): *«De fleste værregler i folketroen må karakteriseres som ren overtro. Det gjelder blandt annet den enestående «langtidsvarsling» vi møter i Bonde-Practica, en slags værkalender fra 16 hundretallet og fremover. Etter den bestemte været i de to ukene etter jul hele neste års værforhold, og utbyttet av korn, gress - og vin, sykdom på folk og fe osv. En rekke lignende regler finner vi rundt om i landet. «Når det drypper i skogen julaften, blir det et godt år», heter det i Møre & Romsdal. Meget julesne var som regel et godt tegn. I det hele synes det som om en regnet med at «meget varsler meget». Store snefonner varsler store kornbinger; så høyt som sneen er om vinteren skal også høyet bli til St.Hans, og så lange istappene ble om vinteren, så langt ble også høyet. Også om våren var det nyttig å følge med og ta varsler. Galer gjøken første gang i syd blir det et godt år - denne regel finnes mange steder, men noen få steder er gjøken i nord det beste. I Namdal så de etter linerlen. Satt den på en tørr sten ble det lite melk til sommeren, satt den på gress var det et godt tegn.*

Troen på at menneskets liv og skjebne kunne leses i stjernene er eldgammel og lever ennå. Helt i stil med denne tro er værvarsel som benytter himmellegemenes stilling. «Aspektene», de astronomiske opplysninger som sto i almanakken like til 1921, ble flittig studert av amatørvarslere. Særlig månen blir brukt. Nymåne en lørdag varsler rått og hårdt vær hele måneden. Og står månen nær Jupiter blir det storm; likeså blir det storm ved mange stjerneskudd. Regelen «liggende måne, stående matros» er kjent hos sjøfolkene.»

4. SESONGVARSLING VED ECMWF

4.1 Bakgrunn

Forskningen omkring sesongprognoser foregår i stor grad gjennom internasjonale prosjekter. De meteorologiske institutt i Europa besluttet i 1995 å la deres felles utviklingssenter ECMWF (European Center for Medium Range Weather Forecasts, Reading, UK) bygge opp et operasjonelt sesongvarslingssystem. Det globale, koblede hav-atmosfære sesongprognose system som ECMWF har bygget opp, regnes i dag for å være blandt de beste i verden.

De komplekse fysiske lover som bestemmer atmosfærens oppførsel gjør det vanskelig å beregne klimaet flere uker og måneder fremover i tid. Derfor vil prognosene alltid være beheftet med en viss usikkerhet. I ECMWF prognosene angis sannsynligheten i prosent. Det er viktig å fortolke ECMWF prognosene korrekt. Når det er større sannsynlighet enn normalt for f.eks. en varm sommer, er det fristende å bruke sannsynlighetsprognosen som en positiv og langsiktig værutsikt som lover godt vær. Men sannsynlighetsprognosen lover jo også at det er en viss sannsynlighet for at den samme sommer skal bli kaldere enn normalt. En kald sommer betyr altså ikke nødvendigvis at prognosen er feil.

Utgangspunktet for ECMWFs sesongvarsler er som nevnt i kapittel 3.3 antagelsen om at overflate havtemperaturene (sea surface temperatures - SST) og ned til 300 m dyp i den tropiske delen av Stillehavet er forutsigbare noen måneder frem i tid. I tropene er Stillehavets overflate temperatur sterkest påvirket av mellomårlige variasjoner i forbindelse med ENSO. De tropiske havs påvirkning på atmosfæren er avhengig av årstid og sted i tillegg til størrelsen av havtemperatur-anomaliene. Tropiske klimaforhold, som for eksempel ENSO, ser ut til å påvirke også høyere breddegrader. Man mener bl.a. at La Niña episoden for 1988/1989 bidro til anomalier i 500hPa høydene over nord Europa, og at man dermed kunne bruke noe av ENSO informasjonen til sesongvarsling. Analyse av sesongvarslene ved ECMWF tyder på at de forskjellige årstider medfører forskjellig forutsigbarhet. For Nord-Europa er våren mest forutsigbar, og høsten minst forutsigbar.

4.2 Metode

ECMWFs sesongvaslingsmodell er basert på en global koblet hav-atmosfære GCM (General Circulation Model). [ECMWF atmosfæremodell (cycle15r8, T63 med ca 1.8°x1.8° romlig oppløsning og 31 nivåer i høyden. Semi-lagrangsk dynamikk), HOPE havmodell (høy oppløsning i tropene og 20 dybdenivåer), og OASIS-II kobling. Koblingen utføres daglig med momentum, varme og ferskvann flukser fra atmosfæremodellen, og SST fra havmodellen]. Det er full kobling mellom havmodellen og atmosfæren, men p.g.a modellfeil, får man en drift, s.k. «klimadrift» i de koblede modellresultatene som er av samme størrelsesorden som de signalene man prøver å forutsi. Klimadriften blir fjernet etter integrasjonen, men før resultatene er analysert. Assimileringsmetoden er en såkalt 'univariate optimal interpolation' hvor man bruker temperaturer fra TAO rekken i tropene og WOCE ved høyere breddegrader. SST er ikke direkte assimilert, men man bruker en sterk 'relaxation' mot observerte verdier. Ensemble integrasjoner blir kjørt med havanalysen som gitte startverdier. Atmosfære- og land- verdier er tatt fra ERA atmosfærisk analyse. Den koblede modellen blir integrert opp til 6 måneder frem i tid, 3 ganger i uken. Ensemble integrasjonene består derfor av 12 til 15 integrasjoner for hver måned.

Mange modeller ga gode ENSO varsler for 1980 årene da El Niño episodene oppstod nærmest periodisk. Derimot var de fleste ENSO varslene for 1990 årene dårlige, antageligvis p.g.a at ENSOs karakter nå hadde forandret seg til å ligne en mer eller mindre permanent El Niño tilstand for hele dekadene, med unntak av 1995 La Niña episoden. ECMWFs sesongvarslingsmodell ga likevel gode El Niño-simuleringer for 1990 årene, og 1997 El Niño var varslet flere måneder i forveien.

4.3 Beskrivelse av ECMWFs sesongvarsler for Nord-Europa

4.3.1 Kart over ensemble middel

Hvert kart (se eksempel i figur 4.1 og 4.3) blir merket med den perioden det er gyldig for, f.eks. DJF99 gjelder tre måneders perioden desember 1998 - februar 1999. Ensemblet er basert på prognoser initialisert i løpet av en periode på en måned, sentrert om referanse datoen som er gitt som start på varslet. For eksempel, et ensemble varsel med en referanse dato på 1. november vil bestå av varsler med initialbetingelser fra perioden 16 oktober til 15. november.

Antall prognoser som inngår i ensemblet og antallet som beskriver «middelklima» er også angitt på kartene.

På kartene blir kontur-verdier listet ut, null konturen er grensen mellom blå og gule konturer. Retningen på fargeskalaen avhenger av hvilket felt som skal plottes: blå betyr *vått* (mer nedbør), men også kaldt (lavere temperaturer) eller lavere lufttrykk. Unntatt for SST, har feltene gått gjennom en lokal signifikanstest før de plottes ut. Punkter hvor ensemble fordelingen ikke gir tydelige signaler sammenlignet med referanseklimaet blir blanket ut (hvitt felt på kartene). 95% signifikans nivået som benyttes er lokalt: Under null hypotesen om at det ikke er noe signal, vil man med dette nivå forvente at 5% av varslene har et falskt signal. Når sterke perturbasjoner er tilstede (slik som 1997/98 El Niño episoden), er det høy sannsynlighet for at et modellsignal er reelt. (ECMWF presiserer at det at et signal er reelt ikke er noen garanti for at signalet vil forekomme i virkeligheten !)

4.3.2 Kart over sannsynligheter

I tillegg til kartene over middelavvik nevnt i kapittel 4.3.1, presenterer ECMWF også kart over sannsynligheter (se eksempel i figur 4.2 og 4.4). Disse kartene viser sannsynligheten for at en gitt variabel (f.eks. nedbør) er større enn medianverdien. Hvis sannsynlighets-fordelingen for den kommende sesong var identisk med langtids-klimaet, ville denne sannsynligheten være nøyaktig 50% og intet signal ville være tilstede. Hvis sannsynligheten er tett opp mot enten 100% eller til 0%, eksisterer det en sterk tendens for hhv. høye eller lave verdier. Sannsynlighetene som blir markert på kartene er avmerket symmetrisk over 60% og under 40%. Som med kartene for ensemble middel, avhenger retningen på konturskalaen av feltet. For nedbør indikerer lyseblått en over 60% sannsynlighet for mer enn normal nedbør (opp til over 90% for mørkeblått), mens gult indikerer at sjansene for å få mer enn normalnedbør er under 40% (dvs. en tendens til tørke). For temperatur og havnivåtrykk, indikerer gule og røde farger sjanse for verdier høyere enn middelverdiene, og blå verdier en lav sjanse for verdier over middelverdien. Den begrensede størrelsen på ensemblet (typisk ca. 30) betyr at det er en betydelig mengde sampling-feil i estimatene av sannsynlighetene, slik at disse kun må betraktes som grove estimat. Det er også viktig å være klar over endog en perfekt sampling bare vil vise modell-estimerte verdier, og ikke de virkelige sannsynligheter. Et sant utsagn om sjansene for nedbør høyere enn middelverdien må også ta hensyn til risikoen for at modellen er feil !

4.3.3 Tekniske detaljer

Varsler av nedbør, bakketemperatur og midlere lufttrykk i havsnivå blir som nevnt ovenfor presentert både som kart over ensemble middel anomalier og kart over sannsynligheter. Felter over sjøtemperatur anomalier er kun tilgjengelige som ensemble middel anomalier. Ledetiden («lead time») er definert som tiden mellom referansedatoen for varselet og starten av varslingsperioden. Sesongvarslene blir produsert ca. 1 måned etter den korresponderende referansedatoen, slik at den «nyttbare» ledetid er ca. 1 måned kortere enn den nominelle verdien !

De tidligste sesongvarsler fra ECMWF (for perioden DJF97/98 og tidligere) ble produsert hver tredje måned, og benyttet et ensemble på 3 varsler pr. uke gjennom et to måneders vindu sentrert om den 1.januar, 1.april, 1.juli eller 1.oktober. Sesongvarslene blir nå generert på en månedlig basis, og bruker et ensemble på 7 varsler pr. uke gjennom et 1 måneds vindu sentrert om den 1ste i hver måned. Det blir også produsert kart for tre overlappende 3-måneders perioder fra hver start dato. For eksempel, sesongvarslene sentrert om 1.desember blir brukt til å generere produkter for 3-måneders midler for periodene januar-mars (JFM), februar-april (FMA) og mars-mai (MAM). Hvert sett av varsler er tilgjengelig ca. 1 måned etter sentraldatoen. Grunnen til denne forsinkelsen er dels at settet med startdatoer går 15 dager utover sentraldatoen, dels at hav-analysene ligger mer enn en uke bak sanntid (for å tillate at tilstrekkelig med havobservasjoner kommer inn), og dels at det tar flere dager å kjøre de koblede modellen og prosessere dataene). Fortsatt er ikke en helt operasjonell kjøreplan etablert.

«Klimaet» (dvs. de middelveier anomalier beregnes ut fra) består av 11 separate integrasjoner for hvert av de seks årene 1991-96, noe som gir 66 ensemblemedlemmer. Dette er ikke det samme som langtidsklima (eller «normalverdier, cfr. kapittel 4.3.4), selvom ECMWF hevder at *«in regions dominated by internal atmospheric variability the climate atmospheric variables can be considered to be 'long term'. Only in cases where external forcing has produced untypical behaviour over the last six years will the 'climate' be biased to the last six years rather than the long term climate».*

Den lokale signifikansen av varslene blir beregnet med en såkalt Wilcoxon-Mann-Whitney test, som er ikke-parametrisk (dvs. den forutsetter ikke en normal fordeling). I de fleste tilfeller er

ikke resultatene særlig forskjellige fra en t-test, men den ikke-parametriske testen er mer pålitelig for de noen ganger betydelig «skjeve» nedbørfordelinger.

4.3.4 Eksempel på sesongvarsler fra ECMWF

En gang i måneden presenterer ECMWF en rekke kart med sesongvarsler for Nord-Europa i de kommende måneder. F.eks. blir det i midten av mai presentert i alt 21 kart for de tre «sesongene» JJA, JAS og ASO for fire klimaelement:

Temperatur (2 m o.b.): Anomalikart og sannsynlighetskart for 3 sesonger (totalt 6 kart)

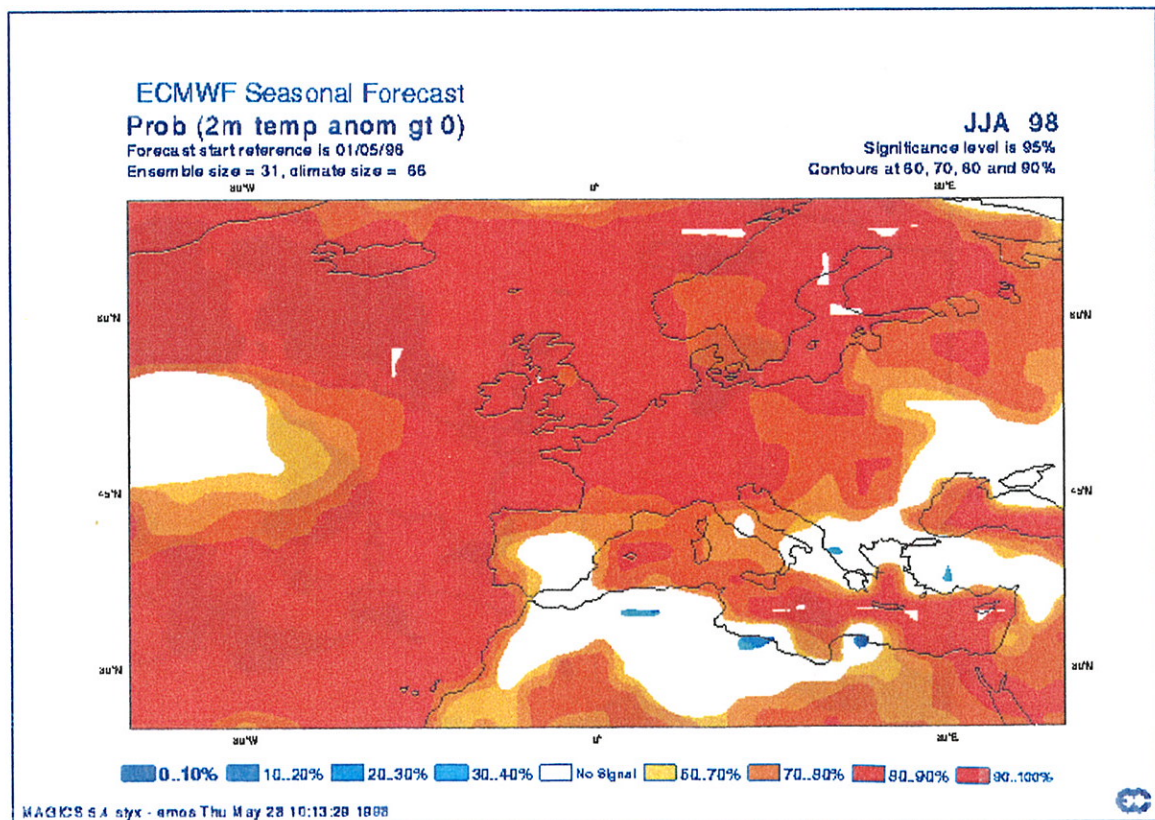
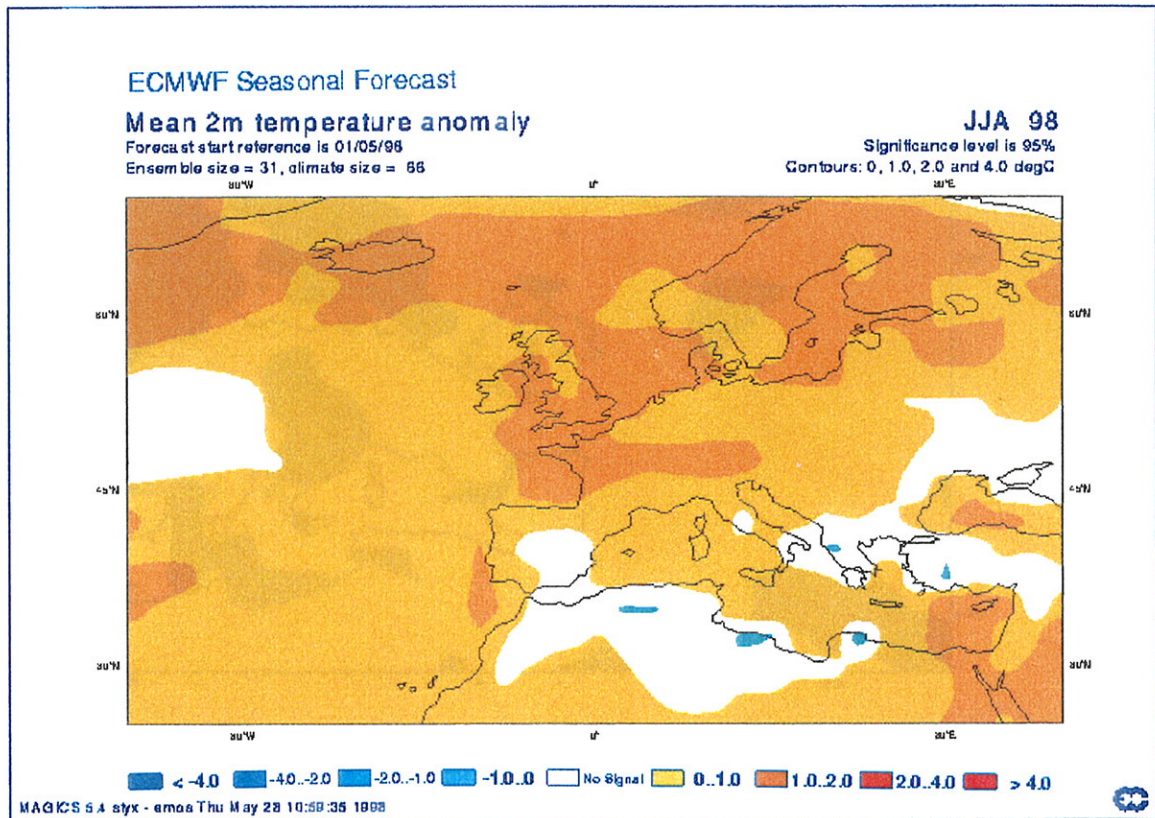
Nedbør: Anomalikart og sannsynlighetskart for 3 sesonger (totalt 6 kart)

Lufttrykk (i havsnivå): Anomalikart og sannsynlighetskart for 3 sesonger (totalt 6 kart)

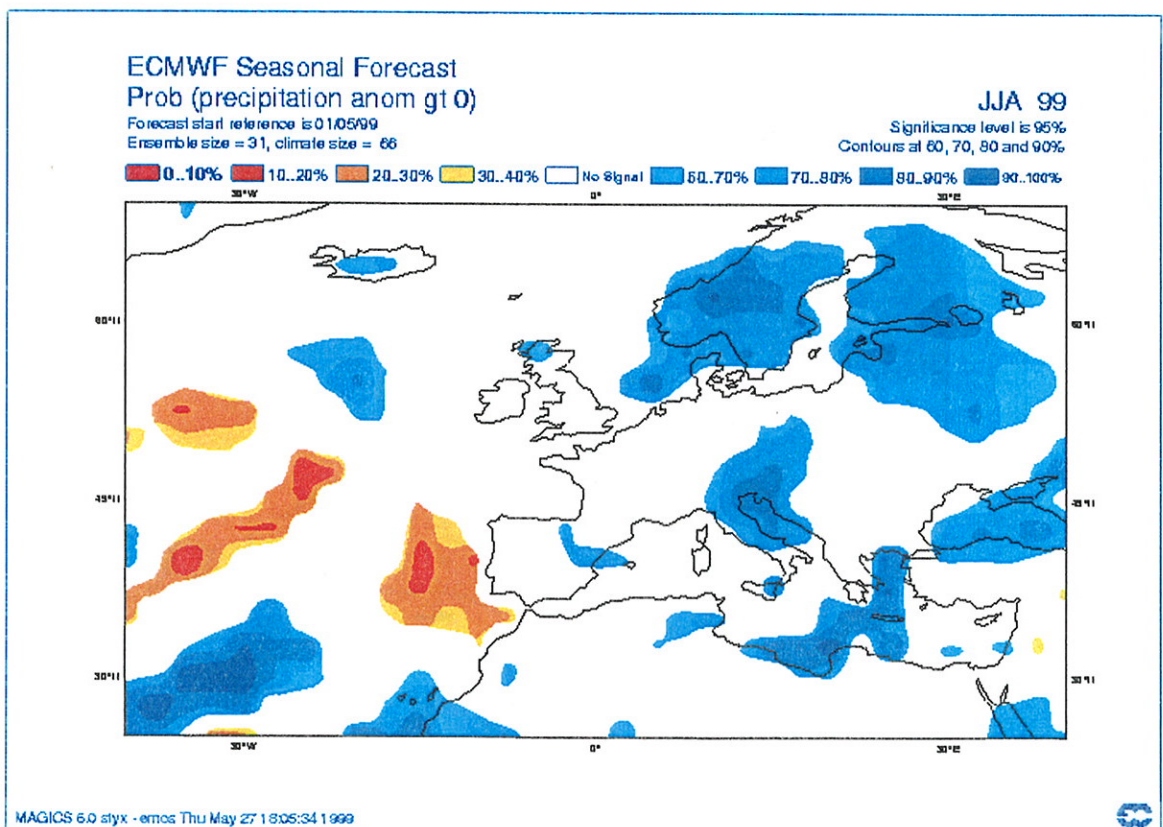
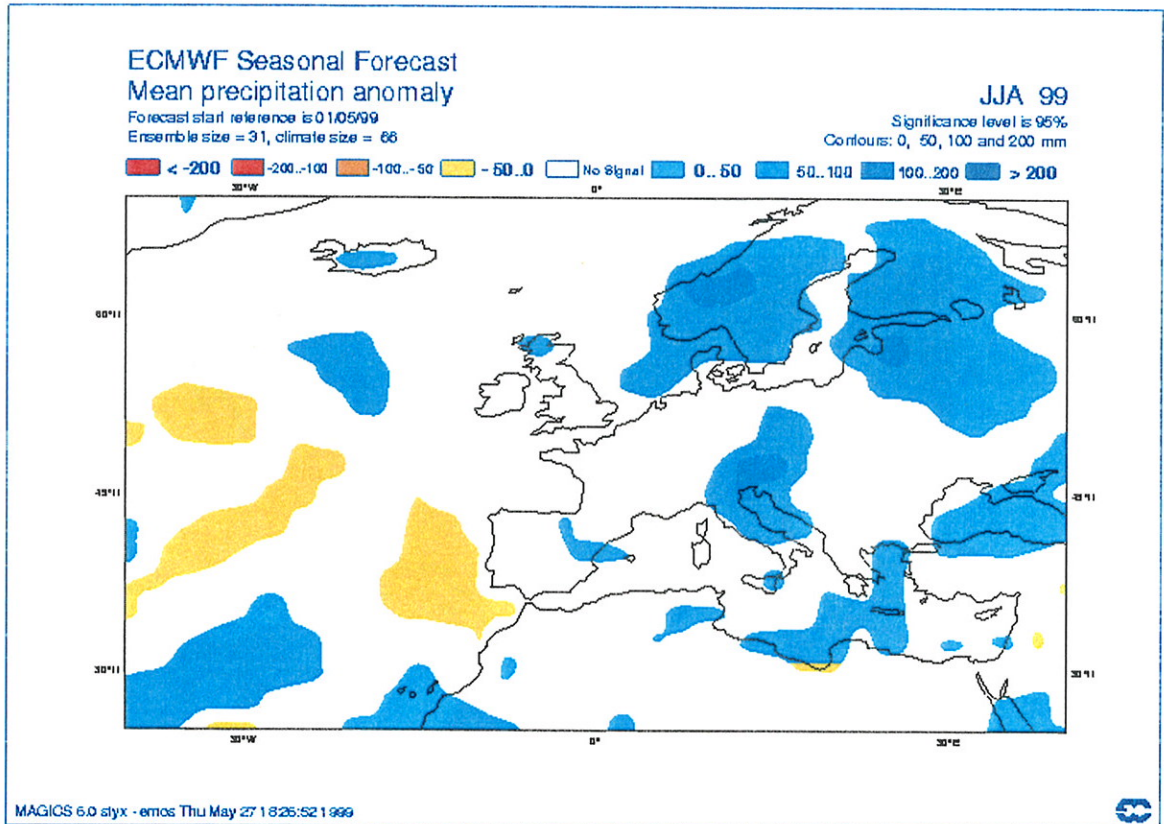
Havstemperatur: Anomalikart for 3 sesonger (totalt 3 kart)

Figur 4.1 viser eksempel på anomalikart for temperatur for sommersesongen (JJA) 1998. Referansedatoen for kartene (se øverste venstre hjørne) var 1.5.1998, «ensemble» størrelsen var 31 (døgnlige prognoser med start i perioden 15.4-15.5) og «klima» størrelsen var på 66 (dvs. middelveiden kartene viser avvik fra, er basert på prognoser kjørt for årene 1991-96). Som signifikansnivå (se øverste høyre hjørne) er brukt 95%, og konturer er tegnet for avvik på 0, 1, 2 og 4 °C.

Det fremgår av figur 4.1 at temperaturen over store deler av Norge var «forventet» å bli opptil 2 °C over middelveiden. Figur 4.2 viser at sannsynligheten for å få temperatur over middelveiden er 70-90% i ulike deler av Norge. Sommertemperaturen i Sør-Norge ble dessverre ikke helt i tråd med disse prognosene.....! Dette er ikke nødvendigvis det samme som at varselet var feil! Sesongvarslene er som nevnt sannsynlighetsvarsler. Selvom varslene sier at det var ca. 80% sannsynlighet for at sommertemperaturen ville bli høyere enn «middelveiden», er det fortsatt 20% sannsynlighet for at dette ikke skulle inntreffe. Forskningsjef T.E. Nordeng ved DNMI har i massemedia kommentert sesongvarselet for sommeren 1998, og beskrevet «atmosfærens manglende forutsigbarhet». Nordeng (1998) konkluderer sin vurdering av ECMWFs sesongvarsel for sommeren 1998 med *«Virkeligheten havnet i den minste kategorien, men det var fortsatt større sannsynlighet for at det skulle ha blitt varmt og tørt»*. Man kan selvfølgelig heller ikke se bort fra at modellen er feil !



Figur 4.1 & 4.2 Eksempel på ECMWFs sesongprognoser for temperatur
 (Fig.4.1 (øverst) viser avvik fra referanseverdi, fig.4.2 (nederst) viser sannsynlighet)



Figur 4.3 & 4.4 Eksempel på ECMWFs sesongprognoser for nedbor

(Fig.4.3 (øverst) viser avvik fra referanseverdi, fig.4.4 (nederst) viser sannsynlighet)

Figur 4.3 viser kart over midlere nedbør anomali for perioden JJA-99. Forklaringen til kartene er tilsvarende som for temperaturkartet (figur 4.1), men konturlinjene er trukket for hhv. 0, 50, 100 og 200 mm. Kartet viser at var prognosert opptil 100 mm mer nedbør i sommer enn middelverdien for perioden 1991-96. For Troms og nordlige del av Nordland var det ikke noe «nedbørssignal», dvs. prognosene ga ikke noen statistisk sikre opplysninger om nedbørutviklingen i denne regionen. Figur 4.4 viser at sannsynligheten for at midt Norge skulle få mer nedbør enn «middelverdien» var over 80%. Også her gjelder det å være klar over dette også innebærer at det var ca. 20% sannsynlighet for at nedbøren skulle bli lavere enn «middelverdien».

4.4 Evaluering av ECMWFs sesongvarsler for Norge

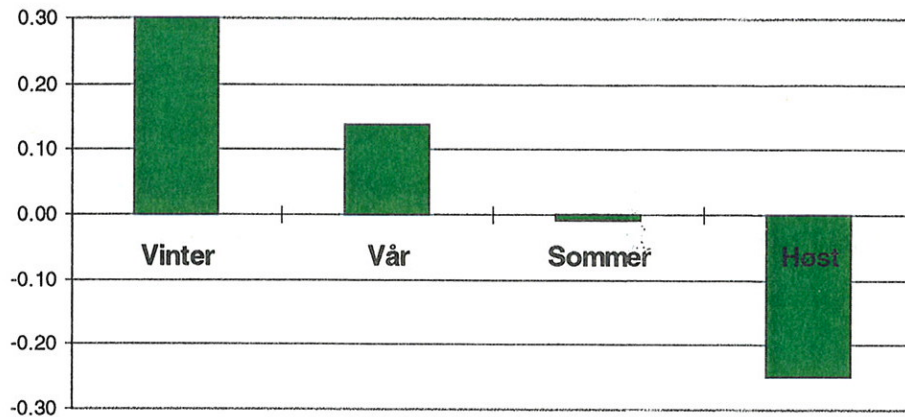
4.4.1 Generelt

ECMWF presiserer uttrykkelig at sesongvarslene bare sendes ut på forsøksbasis, og at de må brukes med stor forsiktighet. Denne advarselen gjelder ikke minst for våre områder. For de deler av kloden som blir influert av ENSO (se kapittel 3.3 & 4.1) er treffsikkerheten av sesongvarslene langt bedre enn for Nord-Europa. Som det vil fremgå av kapittel 4.5, er de varsler som hittil er sendt ut for Norge av forholdsvis liten verdi. Samtidig som modellene ved ECMWF forbedres, er det endel andre forhold som må endres for at varslenes nyttebarhet skal bli bedre.

Av forhold som bør forbedres og som er tatt opp uformelt med ECMWF kan nevnes:

- 1). Kartene viser avvik relativt til perioden 1991-96. Norske brukere vil formodentlig foretrekke å få opplysninger om avvik fra referansperioder de bruker i andre sammenhenger, f.eks. fra normalperioden 1961-90. Selvom ECMWF (cfr. kapittel 4.3.3) lar det skinne igjennom at referanseperioden 1991-96 er representativ for en «langtidsmiddelverdi», er dette på ingen måte tilfelle for temperatur og nedbør i Norge. Eksempel på dette er vist i figur 4.5.

Anomalier i sesongnedbør, Vestlandet



Figur 4.5: Nedbørforholdstall $(1961-90)-(1991-96)]/(1991-96)$

Fig 4.5 viser at for perioden 1991-96 var nedbøren på Vestlandet vinterstid 30% høyere enn i normalperioden 1961-90. For nedbørrike områder i denne regionen kan således et ECMWF-varsel om 200 mm mindre vinternedbør enn referanseverdien (1991-96), være konsistent med at det kan falle mer nedbør enn «normalt» for perioden 1961-90. Ved bruk av ECMWFs varsler bør anomaliene enten omregnes til 1961-90 perioden, eller det må lages oversikt over forskjeller mellom ECMWFs modellklima for 1991-96 og det "observerte" normalklima 1961-90.

4.4.2 Temperatur

For temperatur brukes det samme absolutt-skala (avvik på 0, 1, 2 og 4 °C) for alle årstider. Variabiliteten i vintertemperatur i Norge er vesentlig større enn for sommertemperatur. Et avvik på 4°C vinterstid innebærer således et relativt sett langt mindre avvik fra normalverdien enn et tilsvarende avvik sommerstid.

4.4.3 Nedbør

Nedbørkartene viser avvik på mer enn hhv. 0, 50, 100 og 200 mm. Med de store nedbørgradientene vi har i Norge, innebærer et avvik på 200 mm en dramatisk sesong i Skjåk-traktene (vinternormal er f.eks. 71 mm), mens den for midtre strøk av Vestlandet høst og vinter indikerer et avvik på mindre enn 20%. Varsler med avvik i prosent ville således være mer realistiske for våre forhold. Og også for nedbør er det store forskjeller i middelvei og

variabilitet mellom de ulike årstider: Et avvik på 200 mm vil f.eks. være mer «ekstremt» om våren enn om høsten.

4.4.4 Tidsoppløsning

Sesongvarslene fra ECMWF gis for 3 måneders perioder. Årsaken er at tendensene varslene bygger på er såvidt grove (mye "støy") at de kun viser hovedutvikling for en lenger periode. (Ved å øke lengden av varslingsperioden senkes støynivået i forhold til "signalet"). Men for de fleste brukere vil varsler på månedsbasis være å foretrekke. Varsler på månedbasis utarbeides av ECMWF, men treffsikkerheten er forløpig så lav at de kun benyttes for intern evaluering.

4.4.5 Romoppløsning.

Som det fremgår av eksemplene vist i figur 4.1-4.4, er det en grov oppløsning i varslene, og isolinjene tar ikke hensyn til kjente klima-gradienter i Norge. Sesong-produktene fra ECMWF (og spesielt kartene over anomalier i lufttrykk) danner imidlertid et godt utgangspunkt for nedskalering til å gi mer lokale/regionale detaljer. Men med det presisjonsnivå sesongvarslene har p.t. (se kapittel 4.5) har det liten hensikt å forbedre oppløsningen.

4.4.6 Videreutvikling av sesongvarsler ved ECMWF

Det arbeides kontinuerlig ved ECMWF med å forbedre sesongvarslene, og det er liten tvil om at dette produktet vil bli vesentlig forbedret i løpet av de kommende år. Det holdes også årlige møter ved ECMWF der sesongvarslene blir evaluert, og ulike typer brukere fra medlemslandene får presentere sine kommentarer til sesongvarslene for de ansvarlige forskere ved senteret.

4.5 Kvalitetsvurdering av ECMWFs sesongvarsler for 1998 og 1999

4.5.1 Verifisering ved SMHI

R.Joelsson, SMHI (pers.komm.) har forsøkt å verifisere ECMWFs sesongprognoser fra slutten av 1997 til midten av 1998. Han har benyttet 19 stasjoner i Norden, bl.a. Bodø, Trondheim og Oslo. Han har subjektivt interpolert prognoseverdier for disse stedene fra ECMWFs grove regionkart som er lagt ut på Internett. Det er lett å overdrive prognosenes presisjonsnivå med en slik verifikasjonsteknikk, og Joelsson har derfor gjort sine hovedvurderinger for to regioner: Syd- og Nord-Sverige. Han konkluderer med at «temperaturprognoserna för den undersökta perioden inte har någon högre skill. De förhållandevis bästa prognoserna under våren, de

sämsta under sommaren och främst i landets södra och mellersta del». For nedbør har «prognoserna i genomsnitt rätt tecken på anomalin, t.ex. om det kommit mer nedbörd än normalt, så antyds det i allmänhet i prognoserna. Men nivån på avvikelsen är oftast för liten, även om det finns undantag». Joelsson konstaterer at «skillen är tveksam (dålig)», spesielt for ECMWFs temperaturprognoser. Han understreker at verifikasjonsperioden er altfor kort til at resultatet er signifikant, eller til at det antyder noe om det fremtidige potensialet til ECMWFs sesongprognoser.

4.5.2 «Verifisering» av ECMWFs sesongprognoser for Norge

For Norge har vi foretatt en evaluering av ECMWFs sesongvarsler for temperatur og nedbør for perioden f.o.m. januar 1998 t.o.m. september 1999. Etersom prognose-kartene gir forventede hovedtrekk i værutviklingen på en stor skala, er det tatt ut «typiske» verdier for fire regioner: Østlandet, Vestlandet/Møre & Romsdal, Trøndelag samt Nordland/Troms. Tabell 4.1 og 4.2 viser typiske verdier for ledetider på både 1, 2 og 3 måneder. De observerte verdier er basert på medianverdi for 3 representative stasjoner i hver av de tre regionene (**Østlandet:** 12680 Lillehammer/ 08130 Evenstad-Øverenget, 18700 Oslo-Blindern, 36560 Nelaug, **Vestlandet/Møre & Romsdal:** 44560 Sola, 50540 Bergen-Florida, 64550 Tingvoll-Hanem, **Trøndelag:** 69100 Værnes, 71550 Ørlandet, 73500 Nordli-Holand, **Nordland/S.Troms:** 79530 Rana-Båsmoen, 82290 Bodø, 84800 Narvik. For temperatur er avvikene gitt i grader Celcius, for nedbør er en sammenligning mer komplisert. ECMWF prognosene er gitt i millimeter (se kapittel 4.4.3), og resultatet av verifiseringen ville avhenge sterkt av valget av «representative stasjoner». Siden datagrunnlaget er meget spinkelt, har vi derfor valgt en mer *kvalitativ* sammenligning. Prognosene viser "typisk" avvik i millimeter (50,100, osv), mens de observerte verdier gir avvik i prosent.

Et gjennomgående trekk er at det bare er et fåtall prognoser som har noe signal i det hele tatt for Norge. Årsaken er ikke nødvendigvis at prognosene tilsier nær normale forhold, men at det er så stor spredning i ensemble medlemmene at det ikke kan påvises noe statistisk sikkert signal. Manglende «signal» gjør seg spesielt gjeldene for nedbør-prognosene. For Østlandet er det for 1 måneds ledetid kun «signal» i én (JJA-99) av de 19 tilgjengelige sesongprognosene (tabell 4.2). Også for de andre regionene er det bare et fåtall sesonger med et signifikant "nedbørsignal". Tabell 4.2 viser også at i et flertall av de sesongene der det forelå "nedbørsignal", var fortegnet motsatt av det som ble observert.....!

Tabell 4.1: «Verifisering» av ECMWFs sesongvarsler for Norge: **TEMPERATUR.**

Prognosene og observasjonene er gitt som avvik (°C) fra middelverdier for hhv. periodene 1991-96 og 1961-90. (Regioner: ØSTlandet, VESTlandet/Møre & Romsdal, TRØNDELag, NORDland/TRoms)

1998

(+1 mnd)	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ	DJF
Region	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs
ØSTL.	- 3.6	- 2.0	0.5 0.5	1.5 -0.5	1.5 -0.6	0.5 -1.3	- -0.1	- 0.0	0.5 -0.3	- 0.0	- 1.0	- 2.2
VEST/MR	- 1.7	- 1.2	0.5 -0.3	0.5 -0.2	1.5 -0.6	1.0 -0.9	0.5 0.1	0.5 -0.2	0.5 -0.2	- -0.6	- 0.6	- 1.4
TRØND	- 2.2	- 1.0	0.5 -0.6	0.5 -0.5	1.0 -0.4	1.5 -0.1	- 0.6	- 0.1	0.5 -0.3	- -0.6	- 0.0	- 1.2
NO/TR	-0.5 0.9	- 0.1	- -0.3	- 0.1	1.0 0.1	1.5 0.8	- 1.8	0.5 0.9	- 0.2	- -0.1	-1.0 0.0	- 0.5

(+2 mnd)	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ	DJF
Region	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs
ØSTL.	X 3.6	- 2.0	- 0.5	0.5 -0.5	1.5 -0.6	1.5 -1.3	1.5 -0.1	0.5 0.0	- -0.3	- 0.0	- 1.0	X 2.2
VEST/MR	X 1.7	- 1.2	- -0.3	0.5 -0.2	1.0 -0.6	1.5 -0.9	1.0 0.1	0.5 -0.2	- -0.2	0.5 -0.6	- 0.6	X 1.4
TRØND	X 2.2	- 1.0	- -0.6	0.5 -0.5	1.0 -0.4	1.0 -0.1	1.5 0.6	0.5 0.1	- -0.3	- -0.6	- 0.0	X 1.2
NO/TR	X 0.9	-0.5 0.1	- -0.3	- 0.1	0.5 0.1	1.0 0.8	1.0 1.8	0.5 0.9	- 0.2	- -0.1	- 0.0	X 0.5

(+3 mnd)	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ	DJF
Region	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs
ØSTL.	X 3.6	X 2.0	- 0.5	0.5 -0.5	0.5 -0.6	1.5 -1.3	1.5 -0.1	1.0 0.0	- -0.3	- 0.0	- 1.0	- 2.2
VEST/MR	X 1.7	X 1.2	- -0.3	0.5 -0.2	0.5 -0.6	1.5 -0.9	1.5 0.1	0.5 -0.2	0.5 -0.2	- -0.6	- 0.6	- 1.4
TRØND	X 2.2	X 1.0	- -0.6	0.5 -0.5	0.5 -0.4	1.0 -0.1	1.5 0.6	0.5 0.1	- -0.3	- -0.6	- 0.0	- 1.2
NO/TR	X 0.9	X 0.1	- -0.3	- 0.1	- 0.1	0.5 0.8	1.5 1.8	0.5 0.9	- 0.2	- -0.1	- 0.0	- 0.5

1999

(+1 mnd)	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ	DJF
Region	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs
ØSTL.	- 1.8	- 1.4	1.0 0.5	0.5 -0.1	0.5 -0.5	0.5 0.2	- 1.8					
VEST/MR	- 1.6	- 1.4	0.5 0.8	0.5 0.4	0.5 -0.1	0.5 0.4	- 1.9					
TRØND	- 1.2	0.5 1.4	1.5 0.5	0.5 0.5	1.0 0.0	0.5 0.1	- 1.2					
NO/TR	- 0.4	- 0.9	1.5 1.0	- 1.0	0.5 0.3	0.5 -0.1	0.5 0.6					

(+2 mnd)	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ	DJF
Region	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs
ØSTL.	- 1.8	- 1.4	- 0.5	0.5 -0.1	0.5 -0.5	0.5 -0.2	0.5 1.8	-				
VEST/MR	- 1.6	- 1.4	- 0.8	0.5 0.4	0.5 -0.1	0.5 0.4	0.5 1.9	-				
TRØND	- 1.2	- 1.4	- 0.5	0.5 0.5	0.5 0.0	0.5 0.1	0.5 1.2	0.5				
NO/TR	- 0.4	- 0.9	- 1.0	0.5 1.0	0.5 0.3	0.5 -0.1	0.5 0.6	0.5				

(+3 mnd)	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ	DJF
Region	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs
ØSTL.	- 1.8	- 1.4	- 0.5	0.5 -0.1	0.5 -0.5	0.5 0.2	0.5 1.8	0.5	-			
VEST/MR	- 1.6	- 1.4	- 0.8	0.5 0.4	0.5 -0.1	0.5 0.4	0.5 1.9	0.5	-			
TRØND	- 1.2	- 1.4	- 0.5	0.5 0.5	0.5 0.0	0.5 0.1	0.5 1.2	0.5	0.5			
NO/TR	-1.0 0.4	- 0.9	- 1.0	- 1.0	0.5 0.3	0.5 -0.1	0.5 0.6	-	0.5			

X betyr at det ikke foreligger noen prognose

- betyr at det foreligger prognose, men at det ikke er noe signifikant «signal» for regionen (dvs. hvitt felt på kartene)

Tabell 4.2: «Verifisering» av ECMWFs sesongvarsler for Norge: **NEDBØR**

Prognosene (mm) og observasjonene (%) er gitt som avvik fra middelverdier for hhv. periodene 1991-96 og 1961-90. (Regioner: ØSTlandet, VESTlandet/Møre & Romsdal, TRØNDELag, NORDland/TRoms)

1998

(+1 mnd)	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ	DJF
Region	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs
ØSTL.	- 2	- 50	- 34	- 80	- 23	- 27	- -1	- 3	- -2	- -16	- -5	- 12
VEST/MR	-50 66	-25 72	- 5	- -14	- -2	- 20	25 -14	- -4	- -32	- -4	-25 -8	- 30
TRØND	- 72	- 70	- -12	- -1	- -9	25 30	- -8	- -17	- -47	- -21	- -18	- 28
NO/TR	-25 62	-25 36	- 10	- 5	- 2	25 -34	- -29	- -20	- -11	- -17	- -18	- -22

(+2 mnd)	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ	DJF
Region	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs
ØSTL.	X -2	- 50	- 34	- 80	25 23	- 27	- -1	- 3	- -2	- -16	- -5	- 12
VEST/MR	X 66	-50 72	- 5	- -14	- -2	- 20	- -14	- -4	- -32	25 -4	- -8	- 30
TRØND	X 72	-25 70	- -12	- -1	25 -9	- 30	25 -8	- -17	- -47	- -21	- -18	- 28
NO/TR	X 62	-50 36	- 10	- 5	- 2	25 -34	25 -29	- -20	- -11	25 -17	- -18	- -22

(+3 mnd)	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ	DJF
Region	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs
ØSTL.	X -2	X 50	- 34	- 80	- 23	- 27	- -1	- 3	- -2	- -16	25 -5	- 12
VEST/MR	X 66	X 72	-50 5	- -14	-25 -2	- 20	- -14	- -4	- -32	- -4	25 -8	- 30
TRØND	X 72	X 70	-25 -12	- -1	- -9	25 30	- -8	- -17	- -47	- -21	- -18	- 28
NO/TR	X 62	X 36	-25 10	- 5	- 2	- -34	25 -29	- -20	- -11	- -17	- -18	- -22

1999

(+1 mnd)	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ	DJF
Region	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs
ØSTL.	- 80	- 72	- 40	- 45	- 21	50 2	- -1					
VEST/MR	- 52	- 41	- 4	- 50	- 42	25 9	- -24					
TRØND	- 20	- 45	- 5	- 33	25 19	75 22	- -20					
NO/TR	- -38	- -27	25 -17	- 42	- 42	25 11	- -9					

(+2 mnd)	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ	DJF
Region	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs
ØSTL.	- 80	- 72	- 40	- 45	- 21	- 2	- -1					
VEST/MR	- 52	- 41	- 4	- 50	- 42	25 9	25 -24					
TRØND	- 20	- 45	- 5	25 33	- 19	25 22	25 -20					
NO/TR	- -38	- -27	- -17	25 42	- 42	- 11	25 -9					

(+3 mnd)	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ	JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ	DJF
Region	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs	Prog Obs
ØSTL.	- 80	- 72	- 40	- 45	- 21	- 2	- -1					
VEST/MR	- 52	- 41	- 4	- 50	- 42	- 9	25 -24					
TRØND	- 20	- 45	- 5	25 33	25 19	- 22	- -20					
NO/TR	- -38	- -27	- -17	- 42	25 42	- 11	- -9					

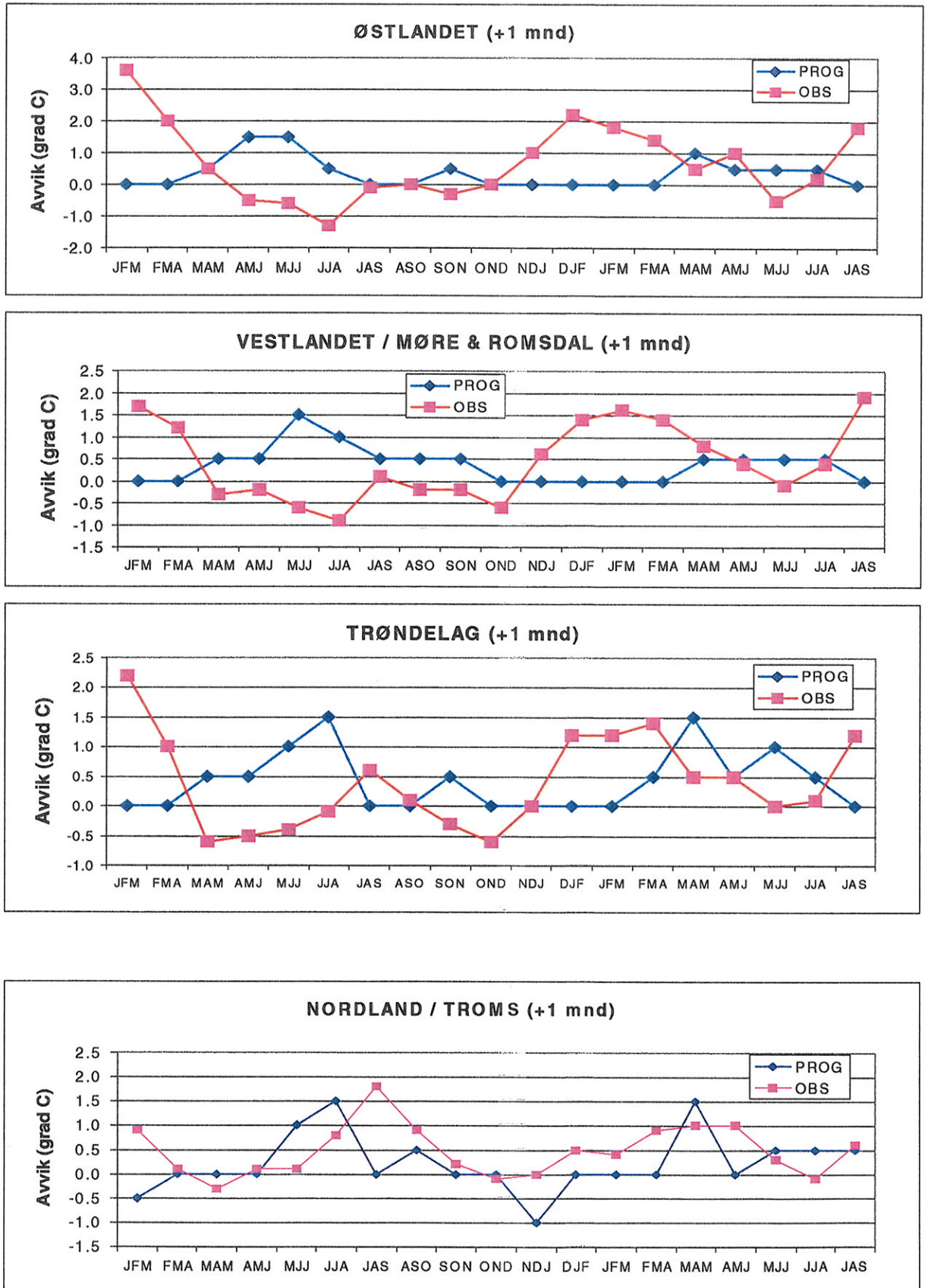
X betyr at det ikke foreligger noen prognose

- betyr at det foreligger prognose, men at det ikke er noe signifikant «signal» for regionen (dvs. hvitt felt på kartene)

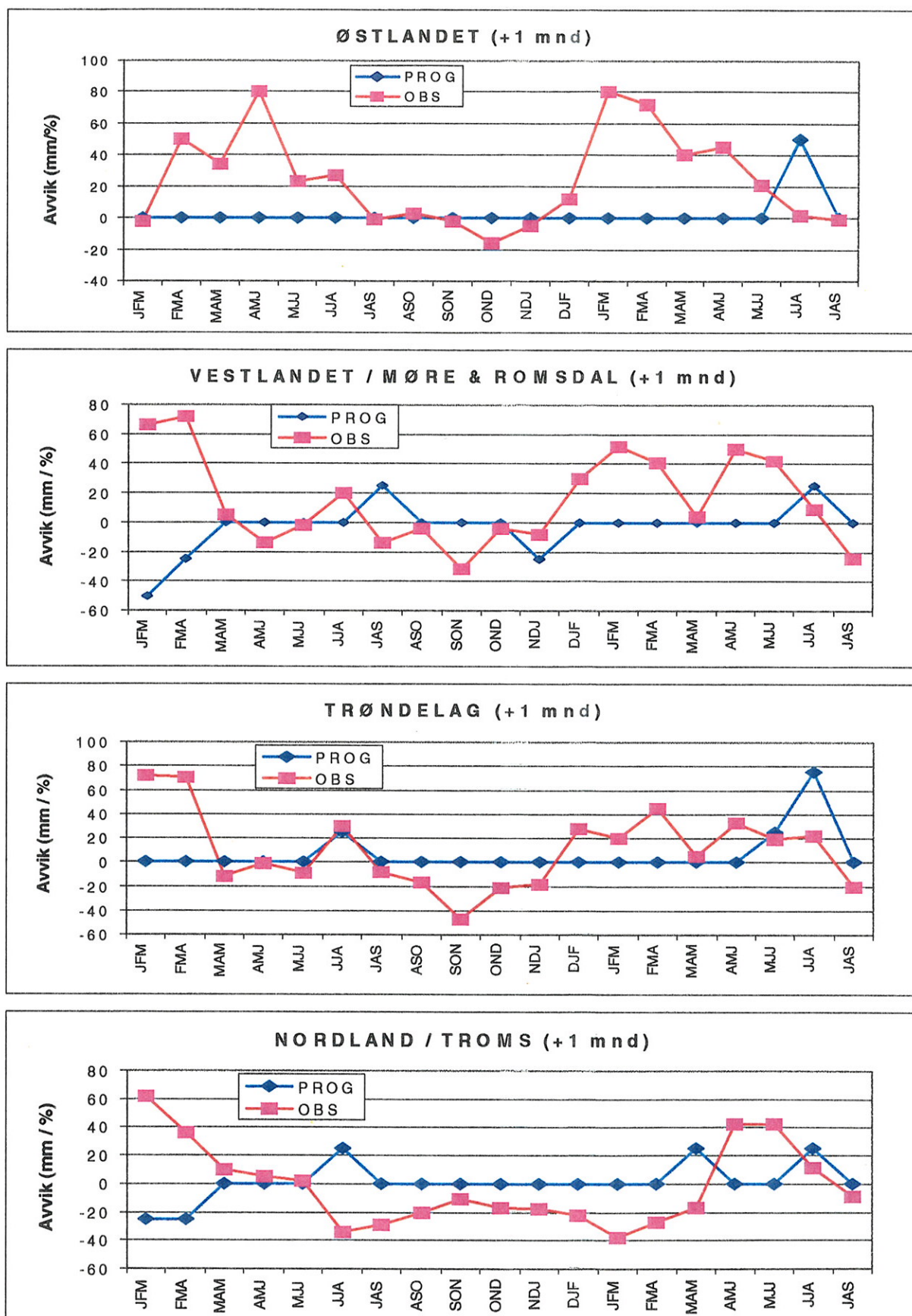
Også for temperatur er det flere tilfeller med motsatt enn samme fortegn på prognose og observasjon. Best treff er det for Nordland/Troms, der den varme perioden MJJ-ASO i 1998 ble prognosert riktig både for ledetider på 1, 2 og 3 måneder. Dessverre prognoserte ECMWF høy sannsynlighet for store positive temperaturavvik for sommersesongen 1998 i Sør-Norge. Som kjent fra massemedia sommeren 1998 ble fasiten en helt annen (se også tabell 4.1)! For temperatur (figur 4.6) hadde prognoser (ledetid 1 måned) og observasjoner stort sett motsatt fortegn i Sør-Norge i hele 1998. Prognosene gav heller ingen forvarsler om den milde vinteren 1998/99. For nedbør (figur 4.7) er det dominerende trekk at det for alle regioner bare er noen meget få sesonger der prognosene (ledetid 1 måned) har gitt signifikante signal, og at den nedbørrike vinteren og våren 1998/99 på Østlandet og Vestlandet ikke ble prognosert.

I tillegg til at verdiene for prognoser og observasjoner i tabell 4.1 (og figur 4.6) og spesielt tabell 4.2 (og figur 4.7) ikke er direkte sammenlignbare, er det viktig å være klar over at prognosene er sammenlignet med referanseverdier for 1991-96 mens observasjonene er sammenlignet med perioden 1961-90. Merk f.eks. at nedbør prognosene stort sett ligger under referanseverdien om vinteren og over om høsten. Figur 4.5 viste at referanseverdien i alle fall på Vestlandet ligger betydelig over "normalene" om vinteren og under om høsten. Bruk av 1961-90 som referanseperiode ville følgelig redusere disse forskjellene.

Med det foreliggende sparsomme datagrunnlaget har det liten hensikt å foreta noen mer detaljert evaluering av de sesongprognosene ECMWF hittil har utarbeidet for Norge. Det må imidlertid nok en gang presiseres at prognosene er gitt som sannsynlighets-verdier, og at det ikke i noen tilfeller er angitt at samtlige ensemble-medlemmer viser samme tendens. Som nevnt i kapittel 4.3.4 kan man av tabell 4.1 & 4.2 (og figur 4.6 & 4.7) ikke konkludere at varslene er feil, men at fasiten har en klar tendens til å havne i kategorien med minst sannsynlighet....! De supplerende ECMWF kartene over sannsynligheter (se kapittel 4.3.2) kan benyttes til å vurdere om det er større treffsikkerhet for f.eks. varslere med 80% sannsynlighet. Dette vil bli gjort når datagrunnlaget er blitt større. Det vil da også bli vurdert forskjeller som skyldes at anomaliene for de observerte verdier er relatert til perioden 1961-90, mens ECMWFs referanse er modellert klima for perioden 1991-96. Men ingen av disse forbehold rokker ved at vi for Norge må trekke de samme konklusjoner som man har gjort ved SMHI, nemlig at foreløpig har ECMWFs prognoser en heller dårlig treffsikkerhet !



Figur 4.6 Observerte og prognoserte sesong anomalier for temperatur (JFM-1998 til JAS-1999)



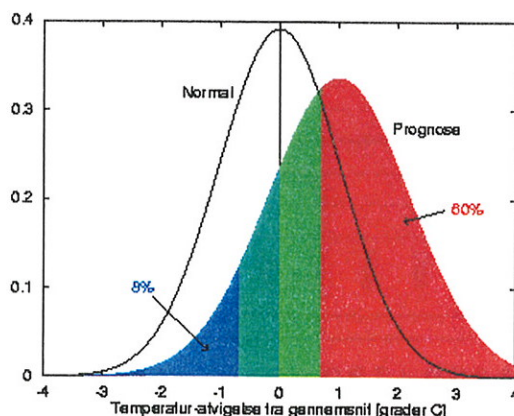
Figur 4.7 Observerte og prognoserte sesong anomalier for nedbør (JFM-1998 til JAS-1999)

5. OPERATIV SESONGVARSLING I DANMARK, SVERIGE OG USA

5.1 Danmark

Danmarks Meteorologiske Instituts (DMI) operasjonelle sesongvarsler er basert på en kombinasjon av dynamiske og statistiske metoder. Den dynamiske del benytter simuleringer med ECMWFs operasjonelle prognosesystem (se kapittel 4.2), mens den statistiske del er utviklet ved DMI. Det arbeides både med etterbehandling av sesongprognosene fra ECMWF og med en helt ny metode, hvor de dynamiske beregningene gjentas med en spesiell modellversjon. I denne versjon er det tilføyet statistiske korreksjoner til de grunnleggende differensialligninger i modellen. Den korrigerte modell har mindre feil og vil derfor gi mer nøyaktige beregninger over hvorledes atmosfæren over store avstander påvirkes av havtemperaturene.

Den endelige prognose for Danmark uttrykkes som en sannsynlighetsfordeling. På basis av denne sannsynlighetsfordeling blir det beregnet sannsynligheter for om den kommende sesong blir varmere eller kaldere enn normalt (dersom prognosen gjelder temperatur).



Eksemplet ovenfor viser temperatur i Danmark for våren (mars-mai) 1998. Den sorte kurven viser hvordan temperaturen har fordelt seg omkring gjennomsnittet for en 100-års periode. I halvdelen av tilfellene har temperaturen ligget innenfor $\pm 0.7^{\circ}\text{C}$ av gjennomsnittet. Den fargede kurve viser en såkalte sannsynlighetstetthet. Intervallene mellom rød/grønn og blå/grønn dekker også $\pm 0.7^{\circ}\text{C}$. Den røde del dekker 60% av arealet under kurven; dette innebærer at det er en 60% sannsynlighet for temperaturen i mars-mai 1998 skulle bli mer enn 0.7°C høyere enn gjennomsnittet. På tilsvarende vis er det kun 8% sannsynlighet for at temperaturen bli mer enn

0.7°C under gjennomsnittet. Det grønne området («nær normal») er delt inn i to. Hvis den høyre del slås sammen med den røde, dekker de til sammen 80% av arealet under kurven. Dette innebærer at det er 80% sannsynlighet for at mars-mai middeltemperaturen i 1998 skulle bli høyere enn mars-mai gjennomsnittet.

Eksempel på aktuell sesongprognose fra DMI er gjengitt nedenfor. Opplysningene er hentet fra DMIs Web-sider (adresse: www.dmi.dk/nyt/season.html)

Den aktuelle sæsonprognose (Opdateret 7. september 1999)

Danmark: Sæsonprognosen for oktober - december viser en svag sandsynlighed for, at middeltemperaturen kommer til at ligge over det normale for perioden.

Grønland: Sæsonprognosen for oktober - december viser en noget kraftigere sandsynlighed for, at middeltemperaturen bliver over det normale.

Ved udarbejdelsen af en sæsonprognose angives et normal - temperaturinterval. Temperaturer uden for intervallet angives blot som "koldere" eller "varmere" end normalt. Normal - intervallet er angivet i parentes i tabellerne herunder.

	Sæsonprognose for Danmark oktober - december	Temperaturfordelingen i Danmark målt gennem 100 år oktober - december
Koldere end normalt	15%	24%
Temperaturer nær det normale (5,0 til 6,2°C)	63%	52%
Varmere end normalt	22%	24%

5.2 Sverige

Sveriges Meteorologiska & Hydrologiska Institut (SMHI) utarbeider langsiktige prognoser opp til hhv. 1 og 6 måneder frem i tid. I tillegg til statistiske modeller utviklet ved SMHI, benyttes resultat fra ECMWF og meteorologiske institutt i England (UKMO), Tyskland (DWD) og USA (NCEP, se kap. 5.3) som grunnlag for langtidsvarslene.

Fra R.Joelsson ved SMHI har vi fått en kort beskrivelse av hvorledes SMHI anvender 1-10 døgns prognoser som underlag for månedsvarsler av lufttemperatur. Metodikken baseres i hovedsak på at det er en viss persistens i temperaturmønsteret. Dette utnyttes i to metoder, en som bygger på korrelasjon mellom to påfølgende måneder, og en som bygger på korrelasjon mellom de første 10 døgn i en måned og hele måneden.

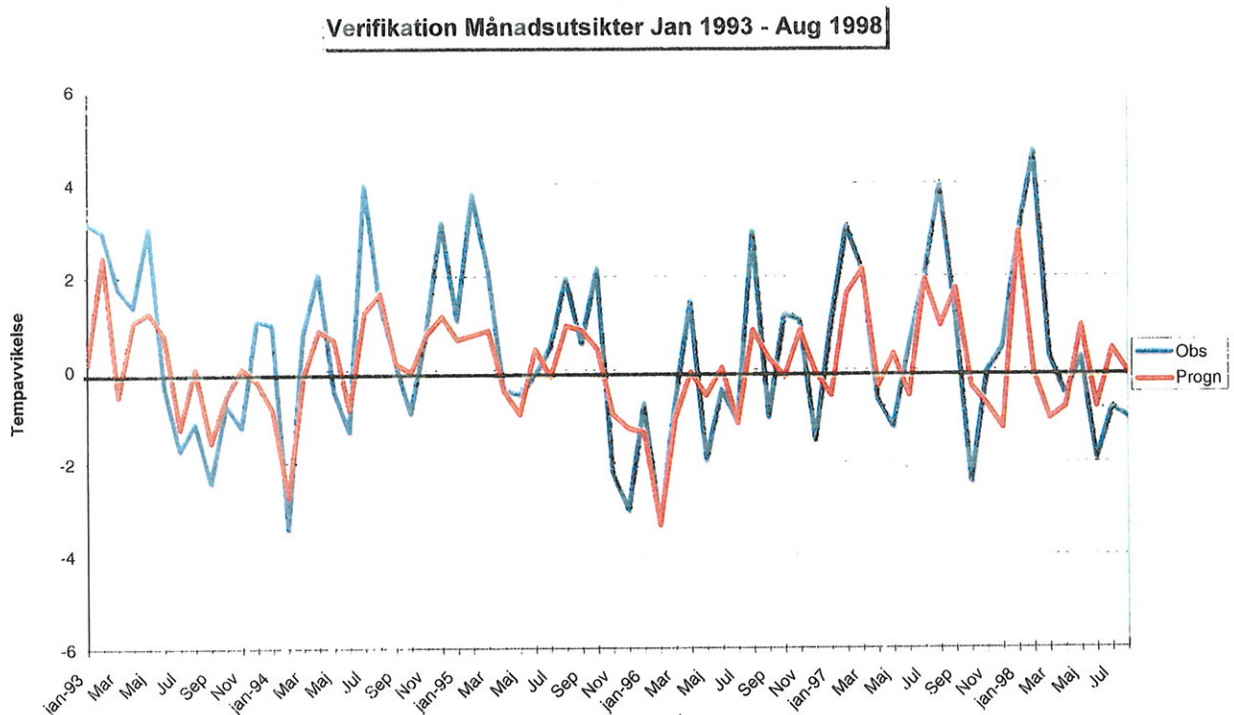
Metode 1.

Vedin et al (1991) har beregnet korrelasjon mellom i påfølgende måneder. For temperatur ble det funnet at denne sammenhengen varierte med årstiden. Den var sterkest om vinteren, da korrelasjonen stort sett var >0.3 , og svakest om høsten. For nedbør var korrelasjonen svakere; stort sett mellom -0.1 og $+0.2$. Dette tydelige signal om koplingen mellom to på hverandre følgende måneder benyttes i metode 1 i prognosesammenheng. Teknikken som benyttes er å plukke ut alle måneds-middeltemperaturer som under det foregående kalendermåneden har ligget innenfor intervallet ± 1.0 °C omkring den just passerte månedens middeltemperatur. Deretter plukker man for disse år ut middeltemperaturen for den kommende måneden. For de utplukkede middelverdiene beregner man så median og kvartil-temperaturer. Deretter sammenlignes den beregnede mediantemperaturen med medianen for hele måleserien. Til slutt modifieres måneds-«prognosen» med den innledende femdagers-prognosen. Hovedinformasjonen i varslet utgjøres av en angivelse av månedsmiddeltemperaturens avvik fra normalverdien, og at sannsynligheten er 50% for at den angitte månedsmiddeltemperaturen havner innenfor intervallet \pm kvartilverdiene.

Metode 2.

SMHI anvender også en annen metode for å lage 1-måneds varsler. Denne er mer «dynamisk», dvs. den utnytter numerisk informasjon fra globale modeller for å prognosere temperaturen 10 døgn fremover. Denne 10-døgns temperaturen brukes så som prediktor for å lage en prognose

for hele måneden. Metoden er således en kombinasjon av numeriske og statistiske metoder. Den numeriske delen er å utarbeide en bra 10-døgns prognose. Den statistiske er å finne en sammenheng mellom de første 10-døgnenes avvik fra normalen, og hele månedens avvik. Teknikken som er anvendt er lineær regresjonsanalyse utført på observerte døgnlige temperaturer i løpet av de ca. 30 siste årene for et antall stasjoner. Det er også undersøkt sammenhenger mellom temperaturen de første 10 døgnene og siste 20 døgnene, i et forsøk på å få en bedre beskrivelse av den forventede temperaturens avvik fra det normale i løpet av den nærmeste måneden.



Figur 5.1 Verifikasjon av SMHIs "Månadsutsikter" juni 1993-August 1998 (Fra H.Vedin, SMHI, pers.komm.)

Ved SMHI er det også gjort forsøk på bruk av CCA (se også kapittel 6.3). Datasettet omfatter månedsdata for perioden 1955-1993 (Johansson et al., 1998). Prediktorene er kvasi-global SST, Nordlige halvkule 700 hPa geopotensiell høyde og foregående månedsverdier av prediktandene selv. Verdiene er midlet over 3 måneders perioder. Den korteste ledetid er 1 måned, den lengste 13 måneder. Prediktor og prediktand data settene blir begge prefiltrert ved bruk av EOF analyse og tidskoeffisientene av de ledende 5 til 6 modene blir så analysert ved CCA, med opptil 6 CCA moder. Representative skill estimater blir oppnådd ved å korrelere varsler og observasjoner over alle år unntatt ett («crossvalidation»).

5.3 USA: National Centers for Environmental Predictions (NCEP)

For USA viser historiske data at det er høy korrelasjon mellom Southern Oscillation Indeksen (SOI), som er en indeks for ENSO styrken, og Pacific North American (PNA) trykk-mønsteret. Dette innebærer at ENSO har en betydelig innvirkning på klimaet i deler av Nord-Amerika, og at dynamiske sesongvarsler har langt høyere score i deler av USA enn i Nord-Europa.

5.3.1 Metoder

De nasjonale sesongvarslene for USA utarbeides av National Centers for Environmental Prediction (NCEP). Prognosene fra NCEP er ifølge van den Dool (1995) basert på tre ulike metoder:

1). *Kanonisk korrelasjonsanalyse (CCA)*

Ved CCA (se også kapittel 6.3) bestemmes relasjonene mellom prediktor feltene i de 4 foregående sesongene og sesongmidler av temperatur og nedbør i USA på et senere tidspunkt. For USA har det vist seg at den globale SST fordeling er den mest verdifulle prediktor, men 700hPa høyde og persistens (dvs. verdi av prediktand på et tidligere tidspunkt) har også betydning.

2). *Koblede modeller (Coupled Model Forecast, CMF)*

CMF er basert på modifiserte numeriske modeller anvendt både på atmosfære og hav. CMF-modellen blir kjørt hver måned som ensemble opp til 7 måneder frem i tid, både med prognosert SST og med persistent SST (i sistnevnte tilfelle er det ikke to-veis kopling hav/atmosfære). Den første integrasjonen bruker SST felter fra en 9-medlem ensemble koblet GCM integrasjon, mens den andre integrasjonen bruker SST som tilsvarer halve foregående måned.

3). *Optimale klima normaler (OCN)*

OCN er kort sagt middelverdien av anomalien observert de siste 10 år i den samme årstid og på den samme lokalitet. Anomalien er relativt til standard 30-års-normalen for 1961-1990. En verifikasjons-serie for perioden etter 1961 er blitt etablert. På grunn av den meget lav-frekvente natur til OCN, er scoren for ledetid på 1 og 2 år omlag den samme. Derfor blir OCN

den dominerende metode for ledetider på over 9 måneder. Det faktum at OCN har såvidt høy «skill» beviser at klimaet ikke er konstant.

5.3.2 Evaluering av NCEPs sesongvarsler

A-priori estimat av skill for hver metode er viktig. For OCN og CCA har NCEP skill informasjon basert på mer enn 30 år. For CMF har man en proxy skill serie for perioden 1982-93 basert på kjøring med fastsatte *perfekte* SST-verdier. Disse a-priori skill seriene blir benyttet for å klassifisere prognosene for hver av de tre metodene CCA, OCN og CMF. Prososener («Climate Outlooks») blir kun offentliggjort for områder hvor korrelasjonen basert på a-priori data er større enn 0.3 mellom prognose og observert verdi. For hver av de tre metodene innebærer dette at store deler av USA er blankt, spesielt for nedbør og lange ledetider.

Det endelige, sammensatte varslet blir konstruert på følgende måte. Hvis A, B og C benevner anomali-prognoser fra hhv. CCA, OCN og CMF-metodene, blir det offisielle varset som en funksjon av element, ledetid og sesong følgende:

$$\text{Offisiell} = a*A + b*B + c*C$$

hvor koeffisientene a, b og c er bestemt fra et stort materiale av hindcasts med de tre metodene. Ved å løse denne ligningen for a, b og c kan man beregne $\text{Cov}(A,B)$, $\text{Cov}(A,C)$ og $\text{Cov}(B,C)$ og $\text{Cov}(A,\text{Obs})$, $\text{Cov}(B,\text{Obs})$, $\text{Cov}(C,\text{Obs})$. De siste tre kovarianser er de tradisjonelle anomali korrelasjoner. De første tre måler den relative redundans blant metodene for det mer enn 30 år lange datasettet. Det er en klar grense for hvor meget ny informasjon man kan få ut ved å kombinere flere av metodene, selv om metodene hver for seg har en høy skill.

Ut fra vanlige verifikasjons-standarder for værvarsler er treffsikkerheten til NCEPs sesongvarsler forholdsvis lav. I de beste sesongene (JFM) når ENSO antas å ha den mest stereotype innflytelse i USA i noen av årene, er midlere korrelasjon prognose/observasjon for hele USA på det best ca. 0.4. I noen områder i sydøstlige og nordvestlige deler av USA er imidlertid treffsikkerheten vesentlig bedre.

5.3.3 Utforming av NCEPs sesongvarsler

NCEPs seongvarslingskart (Climate Outlooks) har fire opsjoner:

1. Varsel over normal/median: **A**
2. Varsel under normal/median: **B**
3. Varsel for nær-normal/median: **N**
4. Intet varsel i det hele tatt på grunn av lav skill for alle metoder. (I dette tilfellet anbefales klimatologiske (CL) sannsynligheter for de tre klassene basert på normal perioden 1961-90)

NCEPs sesongvarsler kalles nå *Climate Outlooks* for at brukerne skal skille dem fra tradisjonelle værvarsler. NCEP distribuerer varslene (både det offisielle og for hver av metodene) på internett. Alle a-priori skill estimat er også lagt ut på internett. Fullstendig oversikt over sesongvarsler fra NCEPs Climate Prediction Center kan finnes på internett-adressen: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/predictions/>

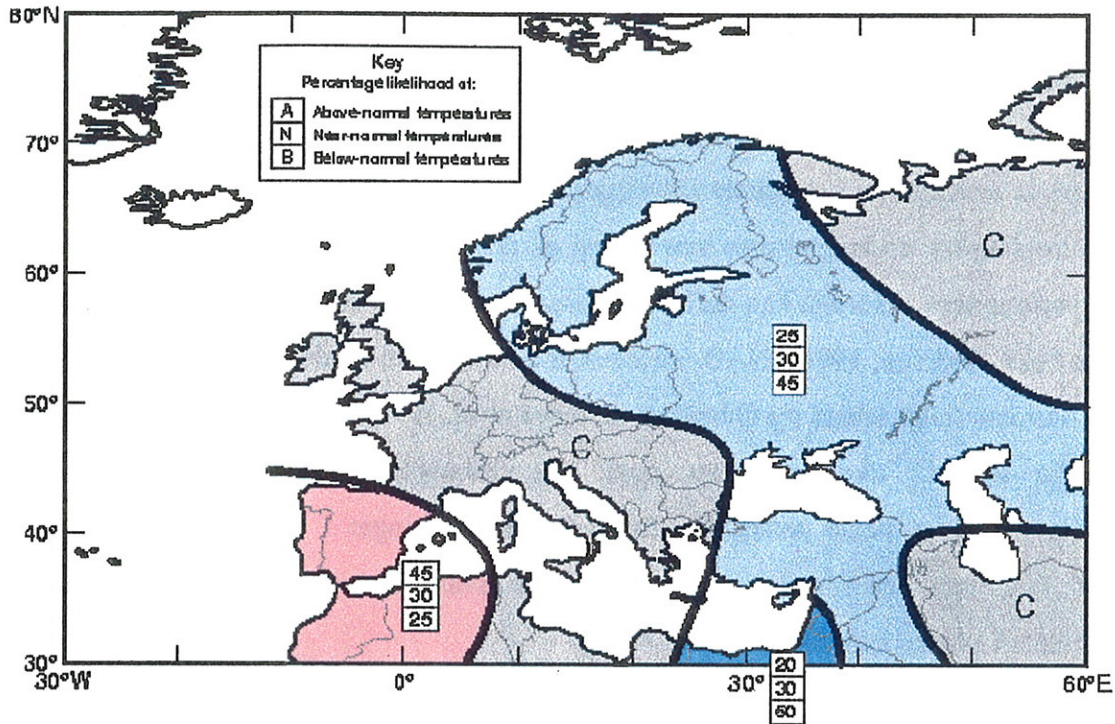
5.4 USA: International Reasearch Institute (IRI)

IRI ble opprettet på midten av 1990-tallet som et flernasjonalt samarbeidsprosjekt mellom Lamont-Doherty Earth Observatory ved Columbia Universitetet i New York og Scripps Institution of Oceanography. Bakgrunnen for opprettelsen var at man utover i 1980-årene fikk større kunnskap om ENSO der man oppdaget at det til en viss grad var mulig å forutsi slike hendelser flere måneder i forveien. Man så derfor behovet for et institutt som kunne forene ressursene når det gjaldt sesong-varsling. IRI utarbeider globale varsler, som foreløpig anses å være eksperimentelle, men som man med tiden håper kan være til nytte for f eks landbruk, fiskerier, vannforsyning osv.

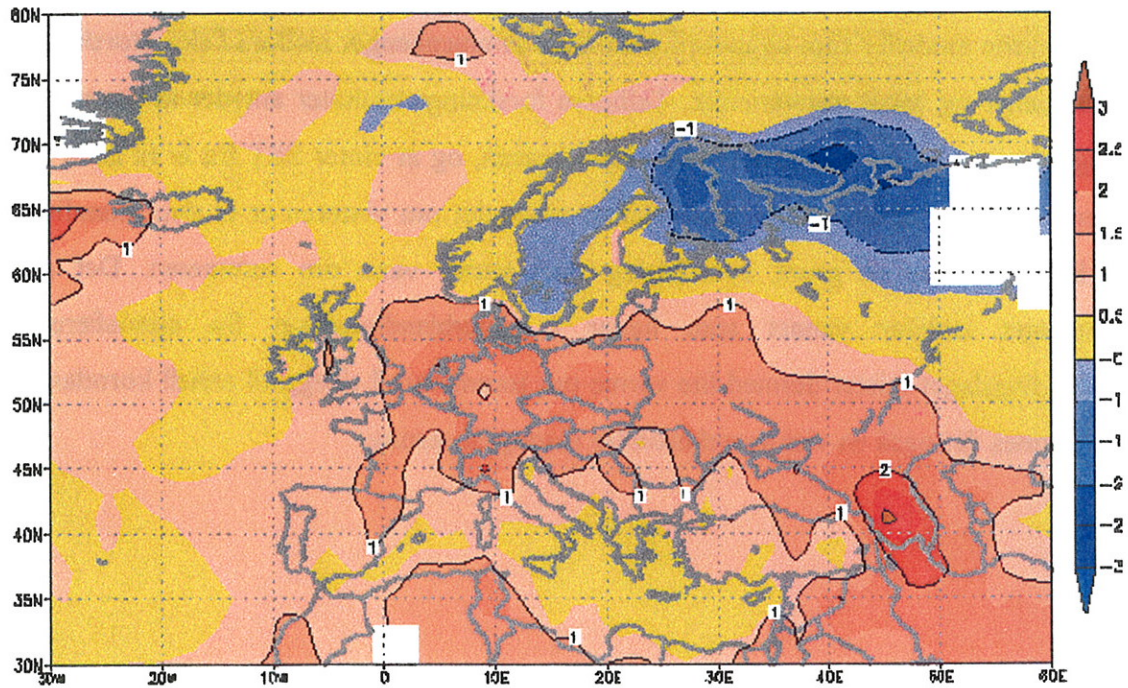
Eksempler på sesongvarsler fra IRI er vist i figur 5.2. Interesserte kan finner mer utførlig informasjon på IRIs hjemmeside (<http://iri.ucsd.edu>)

IRI INTERNATIONAL RESEARCH INSTITUTE
FOR CLIMATE PREDICTION
EXPERIMENTAL CLIMATE FORECAST DIVISION

Map B April - June 1998



CAMS SURFACE AIR TEMP (C) AMJ 98 (Courtesy NCEP/CPC)



Figur 5.2 Eksempel på sesongvarsler fra IRI

6. SESONGVARSLING FOR NORGE ?

6.1 «Kvasi-dynamiske» metoder (med basis i ECMWF)

Det er til dags dato ikke dokumentert noen betydelig sammenheng mellom ENSO og norsk klima, men man kan heller ikke utelukke helt muligheten for at sterke El Niño og La Niña episoder kan ha en påvirkning på klimaet i deler av Norge (se kapittel 3.3 & 4.1). Til tross for at ENSO generelt har liten betydning for våre klimaforhold, er det mye man kan lære fra ENSO prognoser for andre regioner, spesielt med hensyn til metodikk og analyse. Mye tyder imidlertid på at svingninger i storskala sirkulasjonen over nord Atlanteren, som følge av hav-atmosfære kobling har en langt større innvirkning på det norske klima. En del av temperatur- og nedbørvariasjonene i Norden kan derfor forklares av den såkalte *North Atlantic Oscillation* (NAO) (se f.eks. Dickson, 1998). NAO-indeksen er definert som forskjellen i lufttrykk mellom Island og Azorene (eller Island og Gibraltar, se Jones et al., 1997). NAO-indeksen kan variere betydelig fra uke til uke, men har også langtidsvariasjoner på dekadeskala. Disse langtidsvariasjonene er høyst sannsynlig forårsaket av endringer i havstrømmene i Nord-Atlanteren. Når man finner mekanismene bak langtidsvariasjonene i NAO, vil det kunne utarbeides klangt sikrere langtidsvarsler for Norge.

Sesongvarsler for Norge kan baseres på flere forskjellige metoder. Først og fremst, kan man bruke ECMWF varslene direkte eller nedskalere modell resultatene. Man kan også ta i bruk egne statistiske modeller som bygger på historiske sammenhenger mellom f.eks. storskala SST, SLP anomalier og lokal værstatistikk. Tidligere forskningsresultater antyder at havet på våre breddegrader har en slags «hukommelse» om vinteren, og at vinter SST fra år til år til dels er korrelerte. Denne hukommelsen er et resultat av at det om vinteren er et dypt blandingslag, som blir dekket av et grunt overflatelag med varmt vann om sommeren. Det grunne overflatelaget isolerer vannet som ligger i vinterblandingslaget fra atmosfæren, og vinterblandingslaget mister dermed lite varme om sommeren. I tillegg til seriell korrelasjon fra år til år, finnes det også en viss korrelasjon fra sesong til sesong.

6.2 Statistiske metoder basert på autokorrelasjon

6.2.1 Persistens i temperatur og nedbør på måneds-, sesong og års-skala.

Førland & Nordli (1993) gjennomførte en omfattende autokorrelasjonsanalyse for en rekke lange norske nedbør- og temperaturserier både på basis av måneder, årstider og hele kalenderår. Analysene ble gjort for opptil 5 tidssteg tilbake i tid. Dvs. at månedsmiddeltemperaturen i f.eks. juni ble korrelert med temperaturen i mai (1 tidssteg), april (2), mars (3), februar (4) og januar (5 tidssteg).

For **temperatur** ble det funnet statistisk signifikante korrelasjoner i store deler av Norge for de fleste måneder. For flere måneder var korrelasjonskoeffisienten høyere enn 0.5, og i februar var den over 0.6 over store deler av Sørlandet (se figur 6.1a). Dvs. at for februar kan omlag 40% av variansen forklares av autokorrelasjon med januar-temperaturen. Av årstidene er det spesielt høy autokorrelasjon mellom vinter (januar-mars) og vår (april-mai).

Autokorrelasjonen for **nedbør** er jevnt over lavere enn for temperatur. Bare for månedene januar, februar, mars og april og for sesongene januar-mars og april-juni er det større områder med korrelasjonskoeffisienter høyere enn 0.2-0.3. Korrelasjonskoeffisienter høyere enn 0.4 i sammenhengende områder finnes bare i enkelte strøk på Vestlandet i februar (se figur 6.1b) og mars, og for sesongen april-juni. Dvs. at selv de høyeste korrelasjonene bare kan forklare ca. 16% av variansen i nedbørsummene.

Førland & Nordli (1993) konkluderte med at klimasystemet har en viss form for «hukommelse», dvs. at det er en tendens til at avvik en måned kan bli gjentatt i følgende måned. Aune (pers.komm.) viste at også størrelsen på avvikene har betydning. Basert på et stort datamateriale fant han f.eks. for både Oslo-Blindern og Oksøy Fyr at dersom januar-temperaturen hadde vært mer enn 3 °C over normalen, så var temperaturen i februar høyere enn normalverdien i 9 av 10 år. Nordø (1959) viste at man for å prognosere følgende måneds middeltemperatur får bedre resultat ved å benytte middelerdi for de siste 5 døgn enn for hele foregående måned. Dette resonnement blir også benyttet i SMHIs sesongprognoser (se kapittel 5.2)



Figur 6.1 Autokorrelasjonskoeffisienter (januar/februar) for a). Temperatur og b). Nedbør

6.2.2 Prognoser basert på statistisk tidsrekkeметодikk.

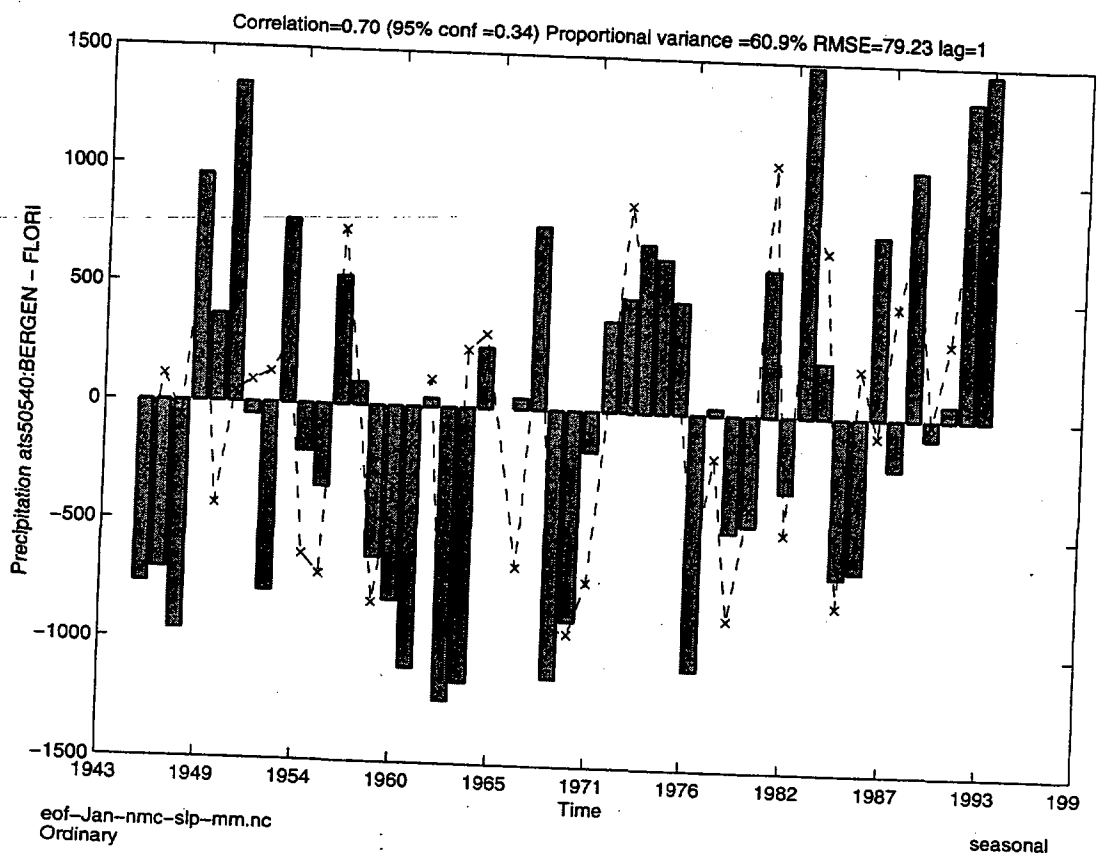
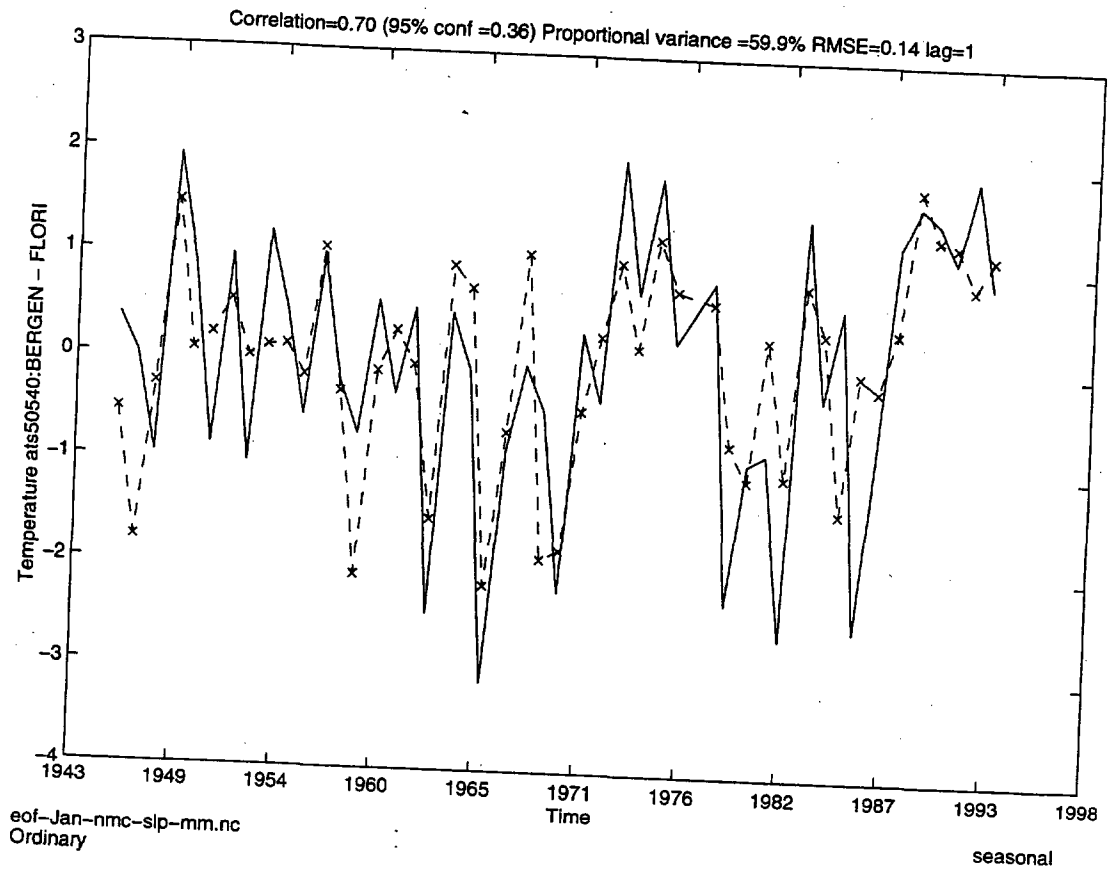
Aldrin & Teigland (1993) undersøkte om statistisk tidsrekkeметодikk kunne benyttes for prognoser opp til 90 døgn fremover i tid. Resultatene viste at for temperatur kunne slike statistiske teknikker gi en viss forbedring i presisjon i forhold til helt naive metoder som å benytte middeltemperaturen de siste 30 årene som prognose. For nedbør ble imidlertid gevinsten ved en slik методikk minimal. Både for temperatur og nedbør ga de statistiske metodene temmelig god beskrivelse av prognosenes usikkerhet. De statistiske prognosene ble også sammenlignet med kvantitative meteorologiske varsler opp til 6 døgn fremover i tid. Aldrin & Teigland (op.cit.) mente at de statistiske metoden kunne være et nyttig supplement til meteorologiske varsler også på kort sikt.

6.3 Statistiske metoder basert på kanonisk korrelasjonsanalyse

DNMI har gjort noen pilotundersøkelser med методikk for sesongvarsling basert på enten CCA eller regresjon, og hvor blant annet sjøtemperaturer eller lufttrykk over større områder blir brukt som inngangsverdier (Benestad, 1999).

Foreløpige resultater fra disse sesongvarslingsforsøkene antyder at den lokale værstatistikken over store deler av Norge blir sterkt påvirket av den nordatlantiske oscillasjonen (NAO), og at månedsmidler av havnivåtrykk over Nord-Atlanteren fra forrige måned dermed kan brukes i de statistiske modellene for å forutsi om det f. eks. blir varmere eller kaldere enn normalt for den neste måneden. Resultatene fra en rekke forsøk viser at prognosene får bedre treff dersom man lager varsler for 3-måneders-midler enn for bare månedsmidler. Det er også stor geografisk spredning i treffsikkerheten på de statistiske sesongmodellene.

Det er best treffsikkerhet for de trykkbaserte temperaturvarslene som starter i januar. Om sommeren viser det seg at disse varslene ofte blir dårlige. Likeledes var prognosene for sesongnedbøren god på Vestlandet om vinteren og våren, men nærmest ubrukelig for Østlandet og i Nord-Norge om våren og høsten. Eksempler på temperatur og nedbør-prognoser med 1-månedes ledetid for februar måned i Bergen er vist i Figur 6.2a og b. Krysskorrelasjon mellom modell og prognose er 0.70 for begge eksemplene.



Figur 6.2 Temperatur (øverst) og nedbør (nederst) prognoser for Bergen for februar.
Ledetid: 1 måned

Varsler basert på sjøtemperaturene i de nordiske hav fikk til dels gitt gode treff i en rekke sesongvarslingsforsøk («hindcasts»). Det er spesielt temperaturvarslene som starter mellom Januar og April som er gode, mens om sommeren og høsten er kryss-validerings korrelasjonen på varslingsforsøkene nede i 0.38 for Oslo. Sjøtemperaturene ga derimot relativt lav treffsikkerhet for nedbørmengden, selv om varslene for Vestlandet ikke kunne sies å være fullstendig ubrukelige.

De foreløpige resultat tyder på at bruk av CCA og storskala felt med foregående måneds anomalier i lufttrykk og sjøtemperatur gir vesentlig bedre treffsikkerhet enn ren autokorrelasjon (kapittel 6.2). Det er blitt eksperimentert med sesongvarsler basert på 500hPa geopotensielle høyder, 500hPa temperaturer og sjøis-utbredelsen i tillegg til trykk og sjøtemperaturer. De foreløpige resultatene (Benestad, 1999) antyder at temperaturvarsler med geopotensielle høyder som inngangsverdier også gir god treffsikkerhet i Nord-Norge om høsten, i tillegg til lignende treffsikkerhet som SLP varslene i resten av landet. Sesongvarsler for nedbør som var basert på geopotensielle høyder hadde også lignende treffsikkerhet som de trykkbaserte varslene. Sjøis-utbredelsen ga noenlunde gode temperaturprognoser hvis de tok utgangspunkt fra vinteren og våren, mens derimot temperaturvarslene som startet om sommeren og høsten var elendige.

7. DISKUSJON

7.1 Dynamiske og statistiske metoder for sesongvarsling

De transiente synoptisk-skala forstyrrelser har en prediktabilitet på noen få dager. En rekke lav-frekvens fenomen har betydning for vær og klimautvikling over tidsskalaen fra 10 døgn - 10 år, bl.a.: Årssyklus, stabile sirkulasjonsmønstre (inkl. "blocking"), 30-dagers bølger, persistente anomalier, "teleconnections", NAO, ENSO, osv. Den internasjonale status for sesongvarsling er blitt oppsummert på et seminar om «Seasonal Forecasting in the European Area» (Visby aug. 1995) og på "Seasonal forecasting users meeting" (ECMWF, Reading, 1998 og 1999). Hovedkonklusjonene m.h.t. bruk av dynamiske eller statistiske metoder er:

- De statistiske og dynamiske metodene er komplementære, og er til gjensidig fordel for hverandre.

- Foreløpig gir statistiske modeller bedre resultat enn dynamiske modeller, men før eller senere (1-15 år ?) vil de dynamiske modeller gi bedre resultat enn de statistiske
- Treffsikkerheten og utformingen av statistiske modeller kan bli brukt som sammenligningsgrunnlag for dynamiske modeller. Statistiske analyser kan også identifisere fenomen som kan være nyttige for forbedring av dynamiske modeller.
- Lange dataserier med høy kvalitet trengs som grunnlag for både statistiske og dynamiske modeller
- Regionale forhold har stor betydning for lokale klimaanomalier, f.eks. regional topografi eller avstand fra hav eller innsjøer. Resultatene fra både dynamiske og statistiske modeller er ofte på stor skala, og trenger derfor å bli nedskalert for å gi varsler for en spesiell lokalitet.
- Det er foreløpig usikkert om det vil bli mulig å varsle *ekstreme* værforhold med den nåværende type koplede dynamiske modeller.
- Det trengs mer arbeid med statistiske studier, og det ville være verdifullt med en mer organisert satsing i Europa for å utvikle statistiske varslingsteknikker.

7.2 Internasjonale standarder for verifisering av sesongvarsler

Internasjonalt pågår det en betydelig satsing på forskning og utviklingsarbeid innen sesongvarsling. Viktigheten av å få en oversikt over metoder som anvendes og ikke minst få en standard for verifikasjon av sesongvarsler er tatt opp av Verdens Meteorologi Organisasjon (WMO) i flere sammenhenger, bl.a. i *Commission for Basic Systems*, på et møte i Washington 1-5 juni 1998. Det ble der tilslutning til en rapport fra CCL XII (August) 1997 der det står:

«The Commission considered that the need for information on assessing the types and quality of prediction methods was urgent, and that ways should be developed to enable users to be informed of the quality associated with a given method. The benefits and problems associated with the free flow of the predictions on the Internet was noted, and the Commission concluded that while there were no means or will to stop anyone from putting climate information on the Internet, it could be proposed that official predictions be accompanied by information on uncertainties and quality.»

The Commission further wished to emphasize the importance it attached to the concept of, and international standards for, indices for evaluation of quality of climate predictions. This

was to allow for a comparison of performance of different models in various situations, which was essential for both users and scientists who developed these models».

WMO pekte på to viktige hensyn som må ivaretas med verifikasjonsstatistikk for sesongvarsler:

- a). Sesongvarslene som sendes til brukere må inneholde kvantitativ informasjon om den «skill» som kan forventes. Denne informasjon må bygge på verifikasjon av metoden for en tidsperiode.
- b). Det må foregå utveksling av verifikasjonsresultat basert på vedtatte normer for score, område, parametre og varslings horisont.

På Seasonal Forecasting users meeting ved ECMWF i juni 1998, foreslo UK Met. Office (UKMO) at kvaliteten av sesongvarslene evalueres med den s.k. *Relative Operating Characteristic* metoden som er beskrevet nedenfor:

Forecast quality, either for deterministic or probabilistic forecasts, is measured through the Relative Operating Characteristics (ROC) approach in which Hit Rate and False Alarm Rate as defined respectively as the proportion of Events (such as rainfall above normal) that were predicted as such and the proportion of occasions that the Event did not occur that were predicted to be Events. In other words, given the matrix as:

		Forecast	
		YES	NO
Observed	YES	Hit	Miss
	NO	False alarm	Correct rejection

then: Hit Rate = Hits/(Hits + Misses)

and False Alarm Rate = False Alarms/(False Alarms + Correct Rejections).

Note that the forecast system is fully described in terms of the Hit and False Alarm Rates. For probability forecasts a series of Hit and False Alarm Rates can be calculated by assuming that the event is predicted when the probability exceeds a series of specific values, usually 0%, 10%, 20%, ..., 100%. When plotted the locus of these points forms the ROC curve. Further details of ROC's can be found in Swets and Pickett (1982), Stanski et al. (1989) and Harrison et al. (1995).

To tie quality to value the user needs to provide the Cost/Loss matrix for each application. Previous Cost/Loss analyses have simplified calculations by assuming linear associations between Costs and Losses, although in the real world these associations may not apply. Such simplifications are not required in this approach. Given the above matrix the user estimates Costs and Losses as in the following matrix in which it is assumed that forecast advice is always followed:

<p>Hits: Losses occur but are mitigated because protection is taken. However Costs of protection must be covered. Losses may be affected by the protection decision; for example a decision to change cultivars may affect expected outcomes.</p>	<p>Misses: Losses occur because no protect is taken, but no Costs of protection are incurred.</p>
<p>False Alarms: Costs of protection are incurred but no Losses are taken as the Event did not happen. Outcome may be affected by the protection decision; for example a decision to change cultivars may affect expected outcomes.</p>	<p>Correct Rejections: No Cost of protection from the Event and no Losses incurred. Normally, but not essentially, set to zero to provide the correct base for calculating value as defined in the text; if a value is input then subtracting it from figures in all boxes will give the same result.</p>

The logic of the matrix is most readily understood by follow the sequence:

Correct Rejections → Misses → False Alarms → Hits.

Given figures in the Cost/Loss matrix and calibration data of Hit and False Alarm Rates from a sequence of historical predictions it is then a straightforward exercise to calculate the value of forecasts for that specific application and to determine optimal approaches for applying forecasts in order to maximize value. It is of course possible for value to be negative regardless of application strategy, in which case users should be advised to plan without reference to the forecasts. Equally it is possible that value will differ dependent on details of the Cost/Loss matrix, and thus separate calculations are essential for each and every application.

8. OPPSUMMERING

De tradisjonelle meteorologiske prognoser har en tidshorisont på 7-10 døgn, men internasjonalt blir det på forsøksbasis utarbeidet sesongvarsler for opptil 15 måneder fremover i tid. Forskningen omkring sesongprognoser foregår i stor grad gjennom internasjonale prosjekter. De meteorologiske institutt i Europa besluttet i 1995 å la deres felles utviklingssenter ECMWF bygge opp et operasjonelt sesongvarslingssystem. På forsøksbasis utarbeider nå ECMWF en gang pr. måned sesongprognoser for bl.a. temperatur og nedbør for opptil 5 måneder fremover. (F.eks. utarbeides det i midten av mai sesongvarsler til og med perioden august-oktober).

I denne rapporten er det gjort en grov evaluering av sesongprognosene for Norge fra ECMWF for perioden f.o.m. januar-mars 1998 t.o.m. juli-september 1999. Resultatene viser at det for norske områder foreløpig er liten nytteverdi i sesongvarslene fra ECMWF. (Treffsikkerheten er vesentlig bedre i tropiske områder som influeres av ENSO). Foreløpig gir sannsynligvis statistiske metoder bedre resultat enn dynamiske modeller over våre områder.

I kapittel 6.3 er det skissert hvordan sesongvarsling for Norge kan baseres på statistiske modeller der f.eks. foregående måneds anomalier i lufttrykk eller sjøtemperatur over større områder blir brukt som inngangsverdier. Inntil de dynamiske modeller for sesongprognoser for våre områder er videreutviklet, bør operative sesongprognoser for Norge baseres på statistiske metoder eller på kombinasjon av statistiske/dynamiske metoder.

På sikt er det liten tvil om at dynamiske metoder også for våre områder vil gi bedre resultat enn statistiske. Det er derfor viktig å ha et nært samarbeid med ECMWF m.h.t. evaluering og videreutvikling av sesongvarsling for Nord-Europa.

AKRONYMER OG FORKORTELSER

CCA: Canonical Correlation Analysis (se kapittel 5.1.1 & 6.3)

CCL: WMO - Commission for CLimatology

CMF: Coupled Model Forecasts (se kapittel 5.1.1)

DMI: Danmarks Meteorologiske Institut

DNMI: Det Norske Meteorologiske Institutt

DWD: Deutscher Wetter Dienst

ECMWF: European Center for Medium-range Weather Forecasting, Reading, England

EnFO: Energi FOrsyningens Fellesorganisasjon

ENSO: El Niño Souther Oscillation (se kapittel 3.3)

EOF: Empirical Orthogonal Functions

GCM: General Circulation Model

NAO: North Atlantic Oscillation (se kapittel 6.1)

NCEP: National Centers for Environmental Prediction

OCN: Optimal Climate Normals (kapittel 5.1.1)

SMHI: Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut

SST : Sea Surface Temperature

TAO: Tropical Atmosphere Ocean

UKMO: United Kingdom Meteorological Office

WOCE: World Ocean Circulation Experiment

REFERANSER:

- Aldrin, M. & A.Teigland, 1993: *Statistiske prognoser og usikkerhetsberegninger for temperatur og nedbør*. Norsk Regnesentral. Notat STAT/08/1993, 51s.
- Barnett, T.P., 1984: *Prediction of El Niño of 1982-1983*, Mon. Weather Rev. 112, 1403-1407.
- Barnett T.P.Graham, N., Cane, M. Zebiak, S. Dolan, S. O'Brien, J. and Legler, D., 1988: *On the prediciton of El Niño of 1986-1987*, Science 241, 192-196.
- Benestad, R.E., 1999: *Evaluation of Seasonal Forecast Potential for Norwegian Land Temperatures and Precipitation using CCA*. DNMI-Rapport 23/99 KLIMA
- Cane, M.A., Dolan, S.C. and Zebiak, S.E., 1986: *Experimental forecasts of the 1982/83 El Niño*, Nature (London), 321, 827-832
- Dickson, R.R., 1998: *The response of the nordic seas to long term changes in the North Atlantic Oscillation*. In. Jónsson and Thorkelsson (ed) ACROSS-Atmospheric Circulation Related to Oscillations in Sea Ice and Salinity. Icelandic Met. Office Report VI-G98019-UR15
- Evjen, S., 1956: *Statistiske stikkprøver som forundersøkelse for 30-dagers-varsling*. DNMI Værtjeneste-Memorandum, Oslo, mars 1956, 25s.
- Førland, E.J. & P.Ø.Nordli, 1993: *Autokorrelasjon i nedbør og temperatur*. DNMI-Rapport 11/93 KLIMA, 47s.
- Godske, C.L., 1956: *Hvordan blir været ?* J.W.Cappelens Forlag, Oslo, 1956 , 258s.
- Johansson,Å, A.BArnston, S.Saha & H van den Dool, 1998: *On the Level and Origin of Seasonal Forecast Skill in Northern Europe*. J. Atmos. Sciences, 103-127.
- Jones, P.D., T. Jónsson, and D. Wheeler, 1997: *Extension to the North Atlantic Oscillation using early instrumental pressure observations from Gibraltar and South-West Iceland*. International J. of Climatology Vol.17, 1433-1450
- Nordeng, T.E., 1998: *Sommerværet: Ble det varslet feil ?* Aftenposten, 23.08.1998
- Nordø, J., 1959: *Expected skill of long-range forecasts when derived from daily forecasts and past weather data*. DNMI- Scientific Report No.4. Oslo 1959.
- van den Dool, H., 1995: *Operational Long-Lead Seasonal Climate Outlooks Out to One Year: Rationale*. I Heikinheimo (ed): International Conference on Past, Present and Future Climate. Silmu-konferanse, Finland, 22-25. Aug. 1995, s.486-488
- Vedin, H., H.Alexandersson & M.Persson, 1991: *Utnyttjande av persistens i temperatur och nederbörd för vårflödesprognoser*. SMI-rapport 82/1991, Norrköping, Oktober 1991, 33s.