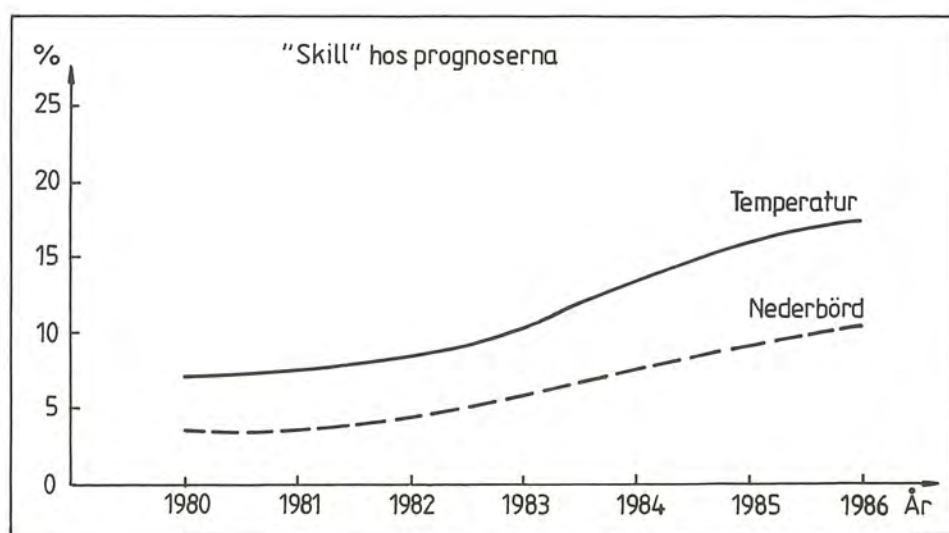




USA's månadsprognoser Verifikation

USA's månadsprognoser Verifikation

Rune Joelsson



Kurvorna visar den procentuella skillnaden mellan månadsprognoserna och klimatchansen. Kurvorna är subjektivt utjämnade. De kan betraktas som prognosskill. För detaljer se texten, särskilt avsnitten: 3.1, 4.1.1d och 4.1.2d

Innehållsförteckning	Sid
1. Bakgrund	1
2. Inledning	1
3. Verifikationsteknik	3
3.1 Kategoriska prognoser	3
3.2 Signifikanstester	6
3.3 Sannolikhetsprognoser	7
4. Verifikationsresultat inklusive signifikanstester	7
4.1 Kategoriska prognoser	7
4.1.1 Temperatur	8
4.1.2 Nederbörd	12
4.1.3 Mera om persistens	16
4.2 Sannolikhetsprognoser	17
4.2.1 Temperatur	18
4.2.2 Nederbörd	19
5. Sammanfattning och diskussion av resultaten	20
6. "First WMO conference on long range forecasting; the practical problems and future prospects"	22
7. Referenser	27

Verifikation av USA's månadsprognoser över Sverige

1. Bakgrund

Intresset för månadsprognoser är stort från många grupper i samhället, inte minst allmänheten och massmedia. Sådana prognoser har ju också framställts av många vädertjänster under årens lopp.

Den allmänna uppfattningen är nog att månadsprognoser har låg tillförlitlighet. Det finns dock inte så många undersökningar som mera systematiskt tagit reda på prognoskvaliteten. Men 1981 publicerades en holländsk artikel(1), som innehåller verifikationsresultat av olika "modellers" månadsprognoser av medeltemperatur, nederbörd och solskenstid för Västeuropa. Längre fram återkommer vi till några av resultaten i den artikeln. Prognoserna gjordes på 70-talet.

Det kan vara intressant att se hur kvalitén av månadsprognoser är över Sverige, med tonvikt på 80-talet. Om tillförlitligheten är acceptabel, bör det finnas intressenter i samhället som har ekonomisk nytta av sådana prognoser.

2. Inledning

De amerikanska månadsprognoserna återges ofta i svensk dagspress, ibland även i TV. Bland annat av den anledningen kan det finnas skäl att närmare utröna tillförlitligheten hos dessa prognoser.

Den prognosmetod som används vid amerikanska vädertjänsten, Climate Analysis Center (CAC), är i stort sett den som beskrivits av Namias 1953, men med vissa modifieringar. Man jobbar mycket med cirkulationen på 700 mb, och försöker med hjälp av den prognoserade förändringen dra slutsatser om vädret vid marken. Arbetssättet är en blandning av statistiska metoder, numeriska prognoser och sist men inte minst subjektiva bedömningar och justeringar.

Prognosinformationen avseende medeltemperatur och nederbörd ges i sannolikheter för 3 klasser (kategorier); normal, under och över. Dessa klasser är definierade så att

- normalt skall uppträda i 40% av tiden i långa loppet
- de yttre klasserna under (kallt/lite nederbörd) och över (varmt/ kraftig nbd) skall uppträda i 30% av tiden vardera.

OUTLOOK FOR JANUARY 1986

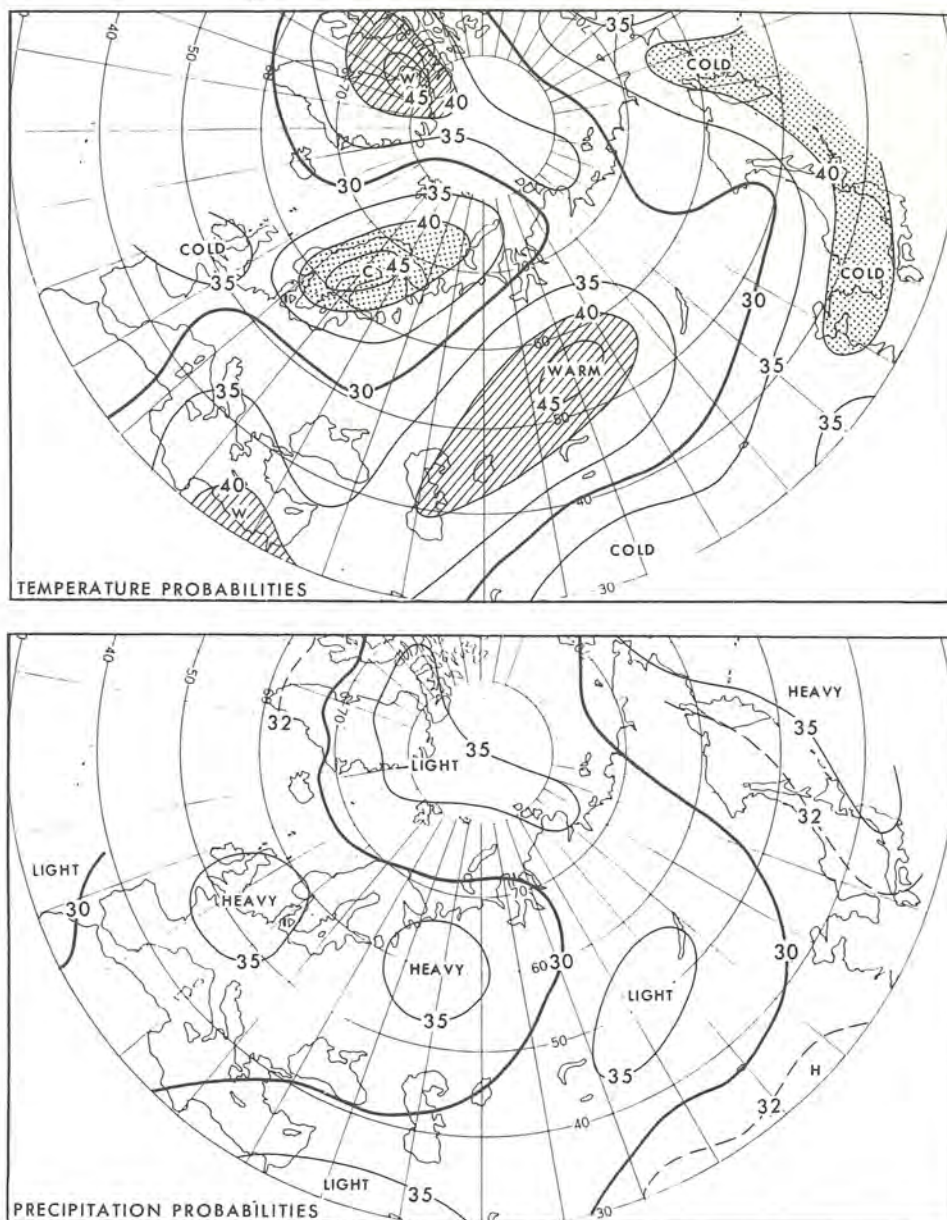


Fig. 1 Exempel på en prognoskarta över Europa och Asien (jan 1986)

Isolinjerna på de kartor, som distribueras från CAC, beskriver variationer hos dessa sannolikheter. Av erfarenhet vet man att skickligheten inte ligger i den centrala kategorin, utan bara i de yttre klasserna, där alltså sannolikheterna modifieras.

Prognoskartorna visar isolinjer för 35, 40 och 45; i något enda fall 50%. Det innebär att 45 eller 50 är det högsta värde som kan tilldelas en klass, vars naturliga sannolikhet är 30%. Om t ex 45% satts på en kategori, betyder det att den motsatta kategorin reduceras med motsvarande belopp, d v s 30 till 15%.

CAC anser också att det är användarens uppgift att använda en sådan information på bästa sätt.

NNNN
 ZCZC 111 54840
 FENA20 KWBC 012000
 30 DAY FORECAST ISSUED FOR JANUARY.

TEMPS 50 PERCENT PROB
 36557 36048 35237 35133 35120 35110
 34805 34504 34006 33507.

ABOVE NORMAL 55 PERCENT
 33513 34013 34319 34028 33736 33940
 35047 36160 00000 33760 33558.

60 PERCENT
 34260 34054 33951 34050 34250 35055 35560.

BELOW NORMAL 55 PERCENT
 05310 05505 35202 34900 04505 04310
 00000 36548 36039 35835 35520 35410 35505 36000 36501.

60 PERCENT
 36536 36230 35820 35713 35808 36007 36508.

65 PERCENT
 36528 36120 36015 36213 36515.

PRECIP 40 PERCENT PROB
 34660 34250 34145 34135 34029 33520.

ABOVE MEDIAN 55 PERCENT
 36008 35514 35013 34708 04600 04805
 05007 05507 36001 00000 35760 35452 35443 35835 36235 36539.

*Tabell 1. Exempel på
 hur månadsprognoserna
 kan tas emot i tele-
 gramform (jan 1986)*

Prognosinformationen förmedlas också i telegramform, som vi kan ta emot på A-plot (exempel se ovan).

Eftersom prognos på centralklassen (normalt) inte ger någon "skill", har man delat centralklassens sannolikhet i två lika delar och tilldelat de yttre klasserna 20% vardera. Det innebär att de isolinjer man får på detta sätt är: 50, 55% o s v.

Någonting man bör notera är att prognoserna för områden utanför USA betraktas som biprodukter och det medför bland annat att de givna sannolikheterna ligger närmare klimatet än för prognoserna över USA-området.

3. Verifikationssteknik

3.1 Kategoriska prognoser

För att bestämma tillförlitligheten och skickligheten hos månadsprognoserna är det nödvändigt att finna lämpliga verifikationsmått och jämförelseprognoser. I första omgången betraktar vi prognoserna som kategoriska.

Det enklaste sättet att se sambandet mellan prognoserade och observerade klasser är att konstruera kontingenstabeller. Dessa tabeller utgörs av 3 kategorier (under, normal och över) för temperatur och nederbörd respektive.

För varje verifikationsstation har jag beräknat (med hjälp av normalfördelningspapper) klassgränserna mellan under/normalt

och normalt/över med fördelningen 30% (under), 40% (normalt) och 30% (över). Stationernas geografiska läge samt årstid bestämmer klassgränsvärdena för observerad månadsmedeltemperatur och ackumulerad månadsnederbörd.

När det gäller klassgränserna för de prognoserade parametrarna, så framgår det i telegrammen att sannolikheten 50% utgör linjen för indifferens och att 55%-linjen är gräns mellan under/normal och normal/över respektive.

Utöver att i kontingenstabellerna direkt se hur väl prognoserna stämmer med observationerna, kan man också beräkna olika verifikationsmått från tabellerna.

- Jag har beräknat korrelationen mellan observerade och prognoserade klasser på följande sätt (se kontingenstabellen nedan):

x	- 1	0	1	$\sum f$ $\sum yf$	$\sum y^2 f$
y				$\sum xf$	$\sum xyf$
- 1	f_1 $-f_1$ $-f_1$	f_2 $-f_2$ 0	f_3 $-f_3$ f_3		
0	f_4 0 f_4	f_5 0 0	f_6 0 f_6		
1	f_7 f_7 $-f_7$	f_8 f_8 0	f_9 f_9 f_9		
$\sum f$ $\sum yf$				N	
$\sum xf$					
$\sum xyf$ $\sum x^2 f$					

Fig. 2
Kontingens-
tabell för att
demonstrera be-
räkning av
korrelationen

$$\bar{x} = \frac{\sum xf}{N} \quad s_x^2 = \frac{\sum x^2 f}{N} - \bar{x}^2$$

$$\bar{y} = \frac{\sum yf}{N} \quad s_y^2 = \frac{\sum y^2 f}{N} - \bar{y}^2$$

$$r = \frac{\frac{\sum xyf}{N} - \bar{x} \cdot \bar{y}}{s_x \cdot s_y} \text{ (korrelationen)}$$

- För att demonstrera hur de övriga verifikationsmått beräknats, kan vi utgå från tabellen nedan.

P R O G N O S

	under	normal	över	tot.
under	x_{11}	x_{12}	x_{13}	n_1
normal	x_{21}	x_{22}	x_{23}	n_2
över	x_{31}	x_{32}	x_{33}	n_3
tot	f_1	f_2	f_3	N

Fig. 3 Beteckningarna i kontingenstabellen används för att demonstrera beräkning av olika verifieringsmått (se nedan)

* Träffprocenten blir: $\frac{x_{11} + x_{22} + x_{33}}{N} \times 100$

* Klimatologiska träffprocenten: $\frac{n_2}{N} \times 100$

* Träffprocenten för den klimatologiska chansen (C): $\frac{n_1 f_1 + n_2 f_2 + n_3 f_3}{N} \times 100$

* På motsvarande sätt kan man beräkna kontingenstabeller för klimatologiska chansen

* Heidke skill score (HS):

$$HS = \frac{R - C_1}{N - C_1} \times 100, \text{ där:}$$

R = antalet riktiga prognoser

C_1 = antalet riktiga prognoser med en annan metod

N = totala antalet prognoser

Heidke skill score har beräknats för att jämföra USA:s progn. mot persistens och klimat. I Heidke skill score betraktar man bara diagonalen i en kontingenstabell för att bedöma skickligheten. Man straffas alltså inte för extrema fel, d v s de ev. värden som finns i de båda ändarna, vinkelrät mot diagonalen i en kontingenstabell.

Helt riktiga prognoser ger värdet 1; helt felaktiga värdet -1.

Ett skicklighetsindex $S = \left(\frac{R}{N} - C \right) \times 100$ har också beräknats där alltså månadsprognoserna jämförs med klimatologiska chansen.

S är alltså ett mått på den procentuella förbättringen över klimatchansen. Med detta index kan vi göra jämförelser med resultaten från den holländska undersökningen av USA's månadsprognoser för De Bilt på 70-talet.

3.2 Signifikanstester

En viktig del av jobbet att undersöka tillförlitligheten och skickligheten hos USA's månadsprognoser, består i att kontrollera om prognoserna är signifikant bättre än lämpliga referenser.

Fishers Z-transformation

Ett sätt att undersöka signifikansen är att se om korrelationen som man kan beräkna från en kontingenstabell är signifikant skild från noll. Fishers Z-transformation är ett lämpligt verktyg att göra en sådan test med. Följande antaganden och tillvägagångssätt är då lämpliga:

Vi ställer upp noll-hypotesen H_0 : korrelationen är ej signifikant skild från.

Vi väljer signifikansnivån 0.05, d v s sannolikheten är 0.05 (felrisken) att korrelationen avviker från väntevärdet med mer än dubbla standardavvikelsen.

Vi antar att korrelation (r) är slumpmässig, då blir kvantiteten $Z = \frac{1}{2} \ln \frac{1+r}{1-r}$ approximativt normalfördelat. En skattning av standardavvikelsen blir då $\frac{1}{\sqrt{N-3}}$; kalla den för Δ_2 . N = totala

antalet fall. Enligt teorin kan vi bilda teststorleken $\mu = \frac{Z}{\Delta_2}$

Om $\mu > 1.96$ förkastas H_0 , d v s r är signifikant skild från 0.

Not: Det är viktigt att prognoserna är oberoende, de får varken vara rums- eller tidskorrelerade. Därför har jag testat på enskilda stationer. Vid hopslagning av prognoser har kravet varit att stationerna skall ligga långt ifrån varandra. För att undvika persistensinflytande har prognoser från var 3:e månad valts.

Vid jämförelse med persistens har jag dock verifierat prognoser för konsekutiva månader.

χ^2 -testen

Ett annat sätt att undersöka signifikansen hos prognosernas skill är att använda χ^2 -testen.

Man kan direkt utgå från kontingenstabellerna och beräkna storheten:

$$\chi^2 = \sum_i \frac{P_i - J_i}{J_i}, \text{ där}$$

P_i = värdena från Prognoskontingenstabellen

J_i = värdena från Jämförande kontingenstabellen

Frihetsgraden är = 4 för en 3-kategorikontingenstabell.
Med konfidensgraden 0.95 måste $X^2 > 9.49$ för att prognoserna skall betraktas som signifikant bättre än jämförelseprognoserna (oftast klimatchansen).

3.3 Sannolikhetsprognoser

Eftersom USA:s månadsprognoser anges som sannolikheter kan det vara naturligt att verifiera dem som just sannolikhetsprognoser.

- Jag har valt att använda Brier index och jämfört med klimatologin för att få ett mått på skickligheten (relativa säkerheten).

Not: Brier index är kvadraten på avvikelserna mellan prognoserad sannolikhet och observationer, där 1 = det man i prognosen bedömer skall slå in och 0 = det man i prognosen bedömer inte skall slå in.

$$SS = \frac{BSSC - BS}{BSSC} \times 100, \text{ där } BS = \text{Brier index för prognoserna.}$$

BSSC = Brier index för de klimatologiska prognoserna.

- En perfekt prognos ger $SS = 100\%$
- En prognos som är lika bra som den klimatologiska ger $SS = 0$ (ingen skicklighet)
- En prognos som är sämre än den klimatologiska ger $SS < 0$
- Jag har dessutom med hjälp av sannolikhetsdiagram jämfört observerade frekvenser med prognoserade sannolikheter, d v s man får direkt och visuellt en uppfattning om prognosernas tillförlitlighet.

Beträffande temperaturen har jag jämfört prognoserad sannolikhet för kallare än normalt med observerad klass. I de fall prognoserna angivits som varmare än normalt, har jag tagit motsvarande komplementklass. Samma förfarande har använts angående prognoserad sannolikhet för mindre nederbörd än normalt.

För temperaturprognoserna har spännvidden av sannolikheterna i allmänhet varit mellan 35 och 70%. För nederbörden är intervallet snävare: 40 till 60%.

Not: Prognoserna som distribueras i telegramform anges med sannolikheterna: 50% (indifferent), 55% (gräns mellan under/normal resp. normal/över), 60% o s v

4. Verifikationsresultat inklusive signifikanstester

4.1 Kategoriska prognoser

Till en början räknade jag fram olika verifikationsresultat (för prognoser som transformerats till kategoriska) för 10 stationer jämnt fördelade över landet, under perioden 1984-1986. Men eftersom prognoserna är beroende av varandra är det svårt att uppskatta frihetsgraden och därmed också vanskligt att göra signifikanstester. Av den anledningen publicerar jag inte dessa resultat. Det visar sig dock - med ett rimligt antagande om antalet beroende prognoser - att de i hög grad överensstämmer med de resultat jag erhållit för enstaka stationer, dessa är Gäddede och Växjö.

4.1.1 Temperatur

- a) • 29 prognoser för var tredje månad under perioden 1979-1986 har verifierats. Som exempel visas kontingenstabellen för Gäddede

Prognos

	U	N	Ö	
U	8	1	3	12
Obs. N	2	7	2	11
Ö	0	5	1	6
	10	13	6	29

	U	N	Ö	
U	4	5	3	12
N	4	5	2	11
Ö	2	3	1	6
	10	13	6	29

Fig. 4 Temperaturprognos för Gäddede, 1979-1986

Fig. 5 Klimatologiska chansen för temperatur, Gäddede 1979-1986

För att lättare få en överblick av verifikationen har resultaten sammanställts så överskådligt som möjligt nedan. Beträffande bakgrunden till verifikationsmått och signifikanstesterna se avsnitt 3.1 och 3.2.

Station	Korrelation (r)	Teststorhet (μ) (bör helst vara > 1.96)	Skill score (S)	HS _{klimat}
Gäddede	0.33	1.79	21%	0.32
Växjö	0.43	2.30	24%	0.36

- För att få ett något större jämförelsematerial och för att få en relevant jämförelse med månadspersistensen (se också under avsnitt 4.1.3), har jag också tagit fram verifikationsresultat för varje månad under perioden 1984-1986, 25 fall.

Station	Korrelation* (r)	Teststorhet (μ)	Skill score (S)	HS _{klimat}	HS _{persistens}
Gäddede	0.52	2.13	28%	0.39	0.42

* N (antalet fall) har valts till 17

Kommentarer till resultaten

- Temperaturprognoserna har högre tillförlitlighet än klimatchansen enligt skill scoreS, som i genomsnitt är högre än 20%. Som jämförelse kan nämnas att i den holländska undersökningen hade USA-prognoserna 4% som medelvärde för De Bilt på 70-talet.
- Månadspersistensen har något svårare att "hävda sig" mot prognoserna än klimatchansen enligt Heidke skill score. Frågan är om det är signifikant?
- Signifikanstesten antyder att korrelationen mellan prognoserade och observerade temperaturklasser i genomsnitt är signifikant skild från noll (gäller dock inte riktigt för Gädde 1979-86, prognoser för var 3:e månad)

b)

- Från kontingenstabellerna kan man dessutom bestämma medelabsolutfelet (MAF) för både månadsprognoserna och jämförelseprognoserna (klimatchansen). För Gädde blir resultatet:

	USA-progn.(temp.)	Klimatchans
MAF	0.55	0.83

Om man så vill kan man säga att den procentuella "förbättringen" (= skill) över klimatchansen är ca 33%.

- Det kan dessutom vara intressant att försöka göra en jämförelse mellan SMHI's 5-dygnsprognoser (5D) och USA's månadsprognoser.

När det gäller 5-dygnsprognoser av temperaturen ges den ofta i klasser. Temperaturen indelas i 8 klasser, vilket innebär att i långa loppet är det 12.5% chans att en viss klass skall inträffa.

För månadsprognoserna indelas ju temperaturen i 3 klasser, d v s i detta fall är det ca 33% chans att en viss klass skall inträffa.

För att göra en rättvisande och realistisk jämförelse mellan 5-dygnsprognoserna och månadsprognoserna är det nödvändigt att transformera de 8 klasserna (5-dygnsprognoserna) till 3 klasser med fördelningen 30, 40 och 30%. Det har jag också gjort. Från en 8-kategorikontingenstabell kan man finna att meteorologernas träffprocent är 33% för 1984 (se Mp',s Gröna Serie nr 11 1985 sid 15). Vid transformeringen till en 3 kategoritabell höjdes träffprocenten till 63%.

USA's månadsprognoser hade träffprocenten 45% för 1984.

Vi finner då att Heidke skill score (HS) är:

$$HS = \frac{63-45}{100-45} = 0.32 \text{ (5 D progn. av temp. jämförs med månadsprogn.)},$$

d v s 5 D-prognoserna har en positiv skill över månadsprognoserna om de jämförs på lika villkor. Även om detta resultat är trivialt, kan nivån på skillen vara intressant att notera.

Jämförelsen nedan är förmodligen mera relevant där Heidke skill score används för att jämföra 5 D-prognoser med motsvarande klimatchans. För 1984 blev den:

$$HS = \frac{33-13}{100-13} = 0.23 \text{ (5 D-prognos av temp jämfört med klimatchans)}$$

Not: Klimatchansen för 1984 blev 13%.

För månadsprognoserna blev motsvarande Heidke skill score:

$$HS = \frac{45-35}{100-35} = 0.15 \text{ (månadsprogn. jämfört med klimatchans)}$$

Not: Månadsprognosernas klimatchans för 1984 blev 35%.

Kommentar:

Under avsnitt 4.1.2b görs motsvarande beräkningar för nederbörden. Vi kommer då också att dra några intressanta slutsatser i jämförelse med temperaturprognoserna.

- c) För att få ytterligare mått på om temperaturprognoserna har en signifikant positiv skill, har jag använt mig av X^2 -testen.
- Temperaturprognoserna för Gäddede, var 3:e månad, totalt 29 fall, visar $X^2 = 12.3$. Med konfidensgraden 0.95 och 4 frihetsgrader är gränsvärdet 9.49 för att prognoserna skall vara signifikant bättre än klimatchansen. D v s i detta fall har prognosen en signifikant pos. skill.
 - Jag har också använt X^2 -testen för perioden 1984-86, på prognoser för varje månad, 25 fall. I detta fall har prognoserna jämförts med månadspersistensen. X^2 blev = 45. D v s det bekräftar att månadsprognoserna har lättare att få positiv skill över persistens än över klimatchans.
 - För att få ett större material har jag slagit ihop prognoserna för Gäddede och Växjö för perioden 1984-86 (varje månad), totalt 25 fall. Vid jämförelse med klimatchansen blev $X^2 = 23.8$. D v s prognoserna har gott och väl en positiv skill.
- d) För att se om temperaturprognoserna har förbättrats under årens lopp, har jag räknat ut skill score 5-årsvis mellan 1980 och 1986 för prognoserna för Gäddede och Växjö. För att få ett större material har prognoserna slagits ihop. Jämförelsen är gjord mot klimatchansen.

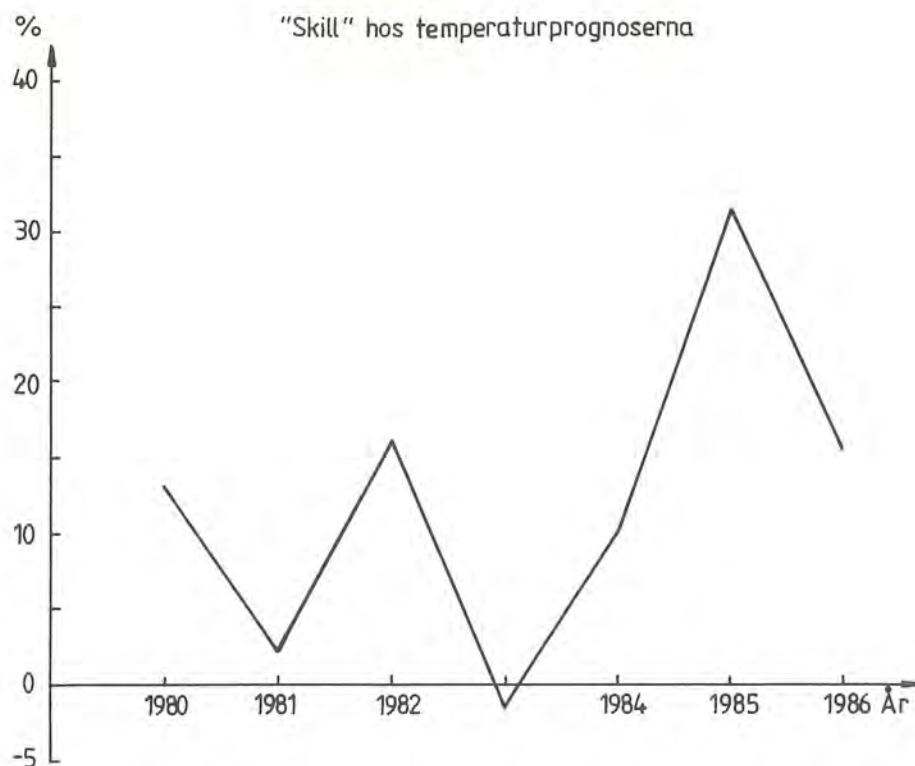


Fig. 6 Skill score S hos temperaturprognoserna jämfört med klimatechansen

Diskussion av fig. 6

- Vi ser att det är stora skillnader från år till år, vilket ju i och för sig inte är förvånande med tanke på den "naturliga prediktabilitetsvariationen". (På första sidan finns en subjektivt utjämnad kurva)
- Under de första åren är det ingen höjning av skickligheten
- I mitten av 80-talet antyds en viss höjning av tillförlitligheten. Om trenden är signifikant kan bara fortsatt verifikation utvisa!
- Att skill scoren blev så hög som drygt 30% för 1985 är ju självklart svårt att förklara. Det kan vara en tillfällighet.

Men det kan också bero på att det var ett kallt år i genomsnitt, i 63% av fallen var månadsmedeltemperaturen under den normala för Gäddede och Växjö. Att månadsprognoserna till stor del lyckades prognosera detta, kan bero på att det var rejält kallt de månader som hade underskott.

Rent allmänt är det förmodligen så att då ett stort antal månader förekommer med stora avvikelser från det normala är det betydligt lättare att göra långa prognoser.

Not: Persistensprognoserna för 1985 hade märkligt nog ingen hög träffprocent, den var 33%; jämfört med månadsprognosernas träffprocent som var 75%.

4.1.2 Nederbörd

- a) ● 29 prognoser för var tredje månad under perioden 1979-1986 har verifierats. Som exempel visas kontingens-tabellen för Gäddede.

Prognos

	U	N	Ö	
U	2	6	0	8
Obs. N	1	10	1	12
Ö	0	6	3	9
	3	22	4	29

Fig. 7 Nederbörds-
prognos för Gäddede
1979-1986

	U	N	Ö	
U	1	6	1	8
N	1	9	2	12
Ö	1	7	1	9
	4	20	5	29

Fig. 8 Klimatologiska chansen
för nederbörd, Gäddede
1979-1986

För att få verifierationsresultaten så överskådligt som möjligt, har de sammanställts i tabellen nedan. Beträffande bakgrunden till verifierationsmått och signifikanstesterna, se avsnitt 3.1 och 3.2.

Station	Korrelation (r)	Teststorhet (μ) (bör helst vara > 1.96)	Skill score (S)	HS klimat
---------	--------------------	--	-----------------------	--------------

Gäddede	0.43	2.30	14%	0.22
Växjö	0.41	2.21	17%	0.26

- För att få ett något större jämförelsematerial och för att få en relevant jämförelse med månadspersistensen (se också under avsnitt under 4.1.3), har jag också tagit fram verifierationsresultat varje månad under perioden 1984-86; 25 fall.

Station	Korrelation* (r)	Teststorhet (μ)	Skill score (S)	HS klimat	HS persistens
---------	---------------------	--------------------------	-----------------------	--------------	------------------

Gäddede	0.48	1.92	20%	0.33	0.41
---------	------	------	-----	------	------

* N (antalet fall) har valts till 17.

Kommentarer till resultaten

- Nederbördsprognoserna har högre tillförlitlighet än klimatchansen enligt skill score S, som i genomsnitt är något högre än 15%. Som jämförelse kan nämnas att i den holländska undersökningen hade USA-prognoserna 0% som medelvärde på 70-talet.
- Månadspersistensen har svårare att "hävda sig" mot prognoserna än klimatchansen enligt Heidke skill score. Frågan är dock om det är signifikant?
- Signifikanstesten antyder att korrelationen mellan prognoserade och observerade temperaturklasser i genomsnitt är signifikant skild från noll.

Resultatet av denna signifikanstest kan dock diskuteras. Som vi ser av kontingenstabellen i avsnitt 4.1.2a så är prognoserna för "normalt" i överkant jämfört med observationerna, vilket ju i sig själv medför att prognosernas användbarhet är tveksam.

Nederbörden är med andra ord inte normalfördelad, vilket ju var en förutsättning vid användning av Fishers Z-transformation. Det innebär att resultatet av signifikanstesten är diskutabel.

Dessutom ger själva tekniken att beräkna korrelationen ett något missvisande resultat (orealistiskt hög korrelation), i och med att det inte finns några värden i ytterändarna vinkelrät mot diagonalen. Om det funnits värden där skulle det medfört en sänkning av korrelationen. Å andra sidan skulle man då också kunna säga att det är sällan som nederbördsprognoserna ger helt felaktig information (2 klasser avvikelser). Se också signifikanstesten under pkt c nedan - som förmodligen är mera realistisk - och sammanfattande diskussionen under avsnitt 5.

- b) • Från kontingenstabellerna har jag beräknat medelabsolutfelet, på samma sätt som för temperaturen. För Gäddede blev resultatet:

	USA-progn. (nbd)	klimatchans
MAF	0.48	0.69

Det skulle man kunna tolka som en slags skill på ca 20 %.

- På samma sätt som med 5 D-prognoserna av temperaturen gör vi motsvarande jämförelse med nederbörden; se under avsnitt 4.1.1b.

Nederbörden är indelad i 4 klasser med fördelningen: 37.5%, 25%, 25% och 12.5%.

För 1984 erhöll jag från en kontingenstabell träffprocenten 42% (se Gröna Meddelandet nr 11 1985). Vid transformeringen till en 3-kategorikontingenstabell - med fördelningen 30, 40, 30% - höjdes träffprocenten till 54%.

USA's månadsprognoser hade träffprocenten 45% för 1984.

Heidke skill score (HS) blir då:

$$HS = \frac{54-45}{100-45} = 0.16 \quad (5 \text{ D nbd.progn. jämförs med månadsprogn.})$$

Om vi jämför denna siffra med

$$HS = 0.32 \quad (5 \text{ D progn. av temp jämförs med månadsprogn.})$$

(se under 4.1.1b)

kan bl a följande slutsats dras:

Meteorologen har lättare att göra bra prognoser på temperatur än nederbörd på medellånga tidsskalan jämfört med månadsprognoser; eller mera precist: chansen att göra bättre 5-dygns temperaturprognoser än nederbördsprognoser är dubbelt så stor vid jämförelse med USA's månadsprognoser.

Vi kan dessutom jämföra meteorologernas 5-dygnsnederbördsprognoser med motsvarande klimatchans. Under 1984 blev klimatchansen 28%.

Vi får då Heidke skill score (HS):

$$HS = \frac{42-28}{100-28} = 0.19 \quad (5 \text{ dygns nbd. progn. jämfört med klimatchans})$$

För temperaturen har vi tidigare funnit:

$$HS = 0.23 \quad (5D-prognos av temp jämfört med klimatchans)$$

För fullständighetens skull har jag också gjort jämförelser mellan månadsprognoser och motsvarande klimatchanser med hjälp av Heidke skill score.

$$HS = 0.1 \quad (\text{mån. nbd progn jämfört med klimatchans})$$

$$HS = 0.15 \quad (\text{mån. temp progn jämfört med klimatchans})$$

Slutsatser: Verifikationen ovan ger klara belägg för att meteorologerna har betydligt lättare att göra tillförlitliga temperaturprognoser än nederbördsprognoser, jämfört med klimatchansen och det gäller på alla tidsskalor. I och för sig är det ingen nyhet men jag tror att det är bra om man kan visa det objektivt med siffror.

- Om man dessutom jämför 5D-prognoserna med månadsprognoserna på lika villkor så finner man att de medellånga prognoserna har en positiv skill över månadsprognoserna. Den största skickligheten uppvisas hos temperaturprognoserna.

- c) På samma sätt som för temperaturprognoserna har jag applicerat χ^2 -testen på nederbördsprognoserna för att se om skillen är statistiskt signifikant.
- Nederbördsprognoserna för Gäddede, var 3:e månad, totalt 29 fall, visar $\chi^2 = 7.8$. D v s prognoserna har en icke signifikant skill (gränsen är $\chi^2 = 9.49$)
 - Jag har också använt χ^2 -testen för perioden 1984-1986, på prognoser för varje månad, 25 fall. Prognoserna har jämförts med månadspersistensen. χ^2 blev = 28.2. D v s det bekräftas - liksom i fallet med temperaturen - att månadsprognoserna har lättare att få positiv skill över persistensen än över klimatchansen.
 - För att få ett större material har jag slagit ihop prognoserna för Gäddede och Växjö för perioden 1984-1986 (varje månad, totalt 25 fall). Vid jämförelse med klimatchans n blev $\chi^2 = 12.8$.

Det skulle tyda på en signifikant skill. Men i detta fall är prognoserna ej helt oberoende av varandra, vilket gör att signifikanstesten inte är helt invändningsfritt statistiskt sett. Vi bör dock kunna dra slutsatsen (se även avsnitt 4.1.1 c) att månadstemperaturprognoserna med större signifikans än månadsnederbördsprognoserna är skild från (bättre än) klimatchansen.

- d) För att se om nederbördsprognoserna har förbättrats under årens lopp har jag beräknat skill score S för Gäddede och Växjö årsvis mellan 1980 och 1986.



Fig. 9 skill score S hos nederbördsprognoserna jämfört med klimatchansen

Diskussion av fig. 9

- Om vi jämför med fig. 6 samt även betraktar anslagsbilden, finner vi att månadstemperaturprognosernas skill över klimatchansen i allmänhet är högre än nederbördsprognosernas skill.
- Man kan se en viss uppgång av trenden under 80-talets gång.

4.1.3 Mera om persistens

Vi har tidigare vid flera tillfällen jämfört prognoserna med månadspersistens. Frågan är dock vilken sannolikhet man ska använda vid en sådan jämförelse? Jag har tittat på 3 olika fall av persistens, för att försöka svara på den frågan. Jämförelseperioden är 1984 och 1985.

- (1) Det vanligaste och kanske naturligaste är att låta en månads observerade temperatur- och nederbördsförhållanden gälla som prognos för närmast efterföljande månad.

Resultatet blev följande (månadspersistens):

Temperatur

Gäddede: $r = -0.20$	Träffprocent = 24%
Växjö : $r = -0.23$	Träffprocent = 33%

Nederbörd

Gäddede: $r = 0$	Träffprocent 29%
Växjö : $r = -0.05$	Träffprocent 21%

- (2) Jag har också valt de sista 5 dagarnas medeltemperatur i varje månad som prognos och att den skall gälla närmast hela efterföljande månad.

Resultatet blev (5D-persistens):

Temperatur

Gäddede: $r = 0.36$	Träffprocent = 48%
Växjö : $r = 0.07$	Träffprocent = 38%

- (3) Dessutom har jag låtit sista dygnets medeltemperatur i varje månad utgöra prognos för närmast hela efterföljande månad.

Resultatet blev (1D-persistens)

Temperatur

Gäddede: $r = 0.19$	Träffprocent = 48%
Växjö : $r = -0.10$	Träffprocent = 29%

Not: Jag har inte kunnat göra motsvarande undersökning för 5-dygns - respektive 1-dygnspersistens när det gäller nederbörd, på grund av att materialet inte är klassindelad för dessa tidsperioder.

- (4) Som jämförelse kan nämnas att USA's månadsprognoser för perioden 1984 och 1985 hade följande verifikations-siffror:

Temperatur

Gäddede: $r = 0.56$	Träffprocent = 62%
Växjö : $r = 0.59$	Träffprocent = 67%

Nederbörd

Gäddede: $r = 0.42$	Träffprocent = 57%
Växjö : $r = 0.38$	Träffprocent = 38%

Vi kan sätta upp en tabell för skill score S, där vi jämför prognoserna med de olika fallen av persistens.

	<u>Temperatur</u>			<u>Nederbörd</u>
	S jämför med månadspers.	S jämför med 5D pers.	S jämför med 1D pers.	S jämför med månadspers.
Gäddede	38%	14%	14%	28%
Växjö	34%	29%	38%	17%

Kommentarer: Vi ser att siffrorna i tabellen varierar en hel del mellan Gäddede och Växjö, särskilt när det gäller 1-dygnspersistensen, vilket tyder på stor statistisk osäkerhet. Vi bör alltså vara försiktiga när det gäller att dra relevanta slutsatser. Vi ser dock att:

- I genomsnitt har USA's månadsprognoser positiv skill i jämförelse med persistens, oavsett typ av persistens.
- Det verkar som om vädret i slutet av varje månad har högre tillförlitlighet än hela månadens "medelvärden" om båda får utgöra prognos för närmast hela efterföljande månad.

En slutsats av detta skulle kunna vara att ett sätt att höja tillförlitligheten hos månadsprognoserna som helhet är att låta bra medellånga prognoser utgöra "starten" i månadsprognoserna.

Erfarenheten visar att de flesta numeriska modeller har blivit långsamt bättre under de senaste åren. ECMWF's prognoser har för närvarande en prediktabilitet på cirka 6 dygn. Detta skulle således borge för allt bättre månadsprognoser i framtiden.

4.2 Sannolikhetsprognoser

För att bedöma tillförlitligheten och skickligheten hos USA's månadsprognoser utifrån det faktum att de presenteras som sannolikheter, har jag använt mig av sannolikhetsdiagram och ett skicklighetsindex där Brier score ingår. Se närmare under avsnitt 3.3 beträffande verifikationsmått.

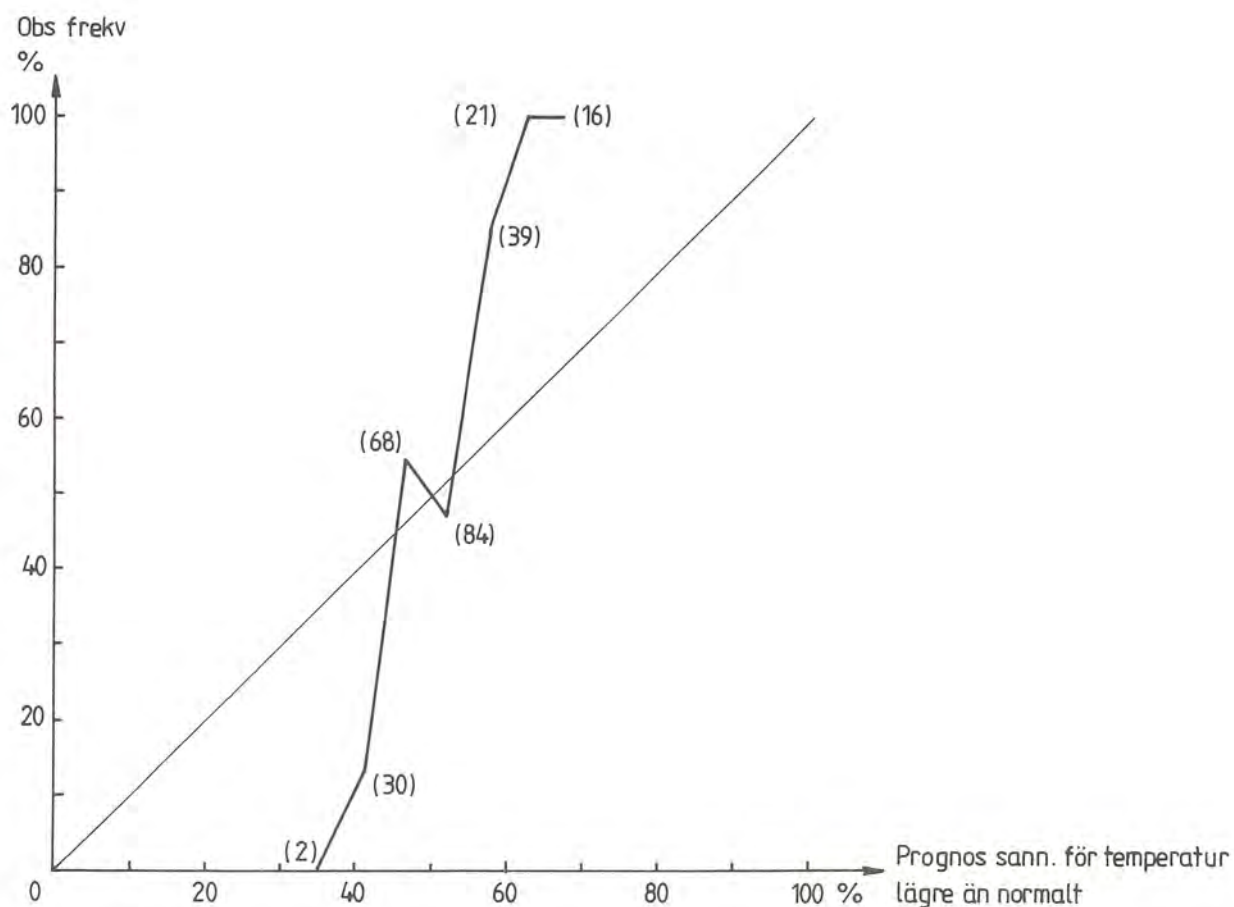
4.2.1 Temperatur

Fig 10 Sannolikhetsdiagram för månadsprognoser av medeltemperatur.

● Diskussion av fig 10

- Siffrorna inom parentes anger antalet fall för respektive sannolikhet
- Kurvan visar att det blir mindre fall med låga temperaturer än utlovats när prognoserna visar på relativt låga sannolikheter; och att det blir flera fall med låga temperaturer än utlovats när prognoserna visar på relativt höga sannolikheter. Med andra ord visar kurvan på en för stor osäkerhet i prognoserna.

- Kurvan antyder också att de prognoserade sannolikheter skulle kunna utsträckas mera mot 0 och 100%. Genom en transformation kan skärpan ökas på så sätt att alla prognoserade sannolikheter över 50% ersätts mot medelvärdet av 100% och det aktuella värdet. På samma sätt ersätts alla sannolikheter under 50% med medelvärdet av 0% och den aktuella sannolikheten. Det skulle innebära att det högst prognoserade sannolikhetsvärdet på 68% skulle ersättas med 81% och det lägsta med 38% med 19%.
- För att se om sannolikhetsprognoserna har någon skill över samplets klimatologi (observerad frekvens 58%), har skicklighetsindexet (SS) beräknats, det blev = 9.2%, d v s sannolikhetsprognoserna för medeltemperaturen är något skickligare än klimatologin.

4.2.2 Nederbörd

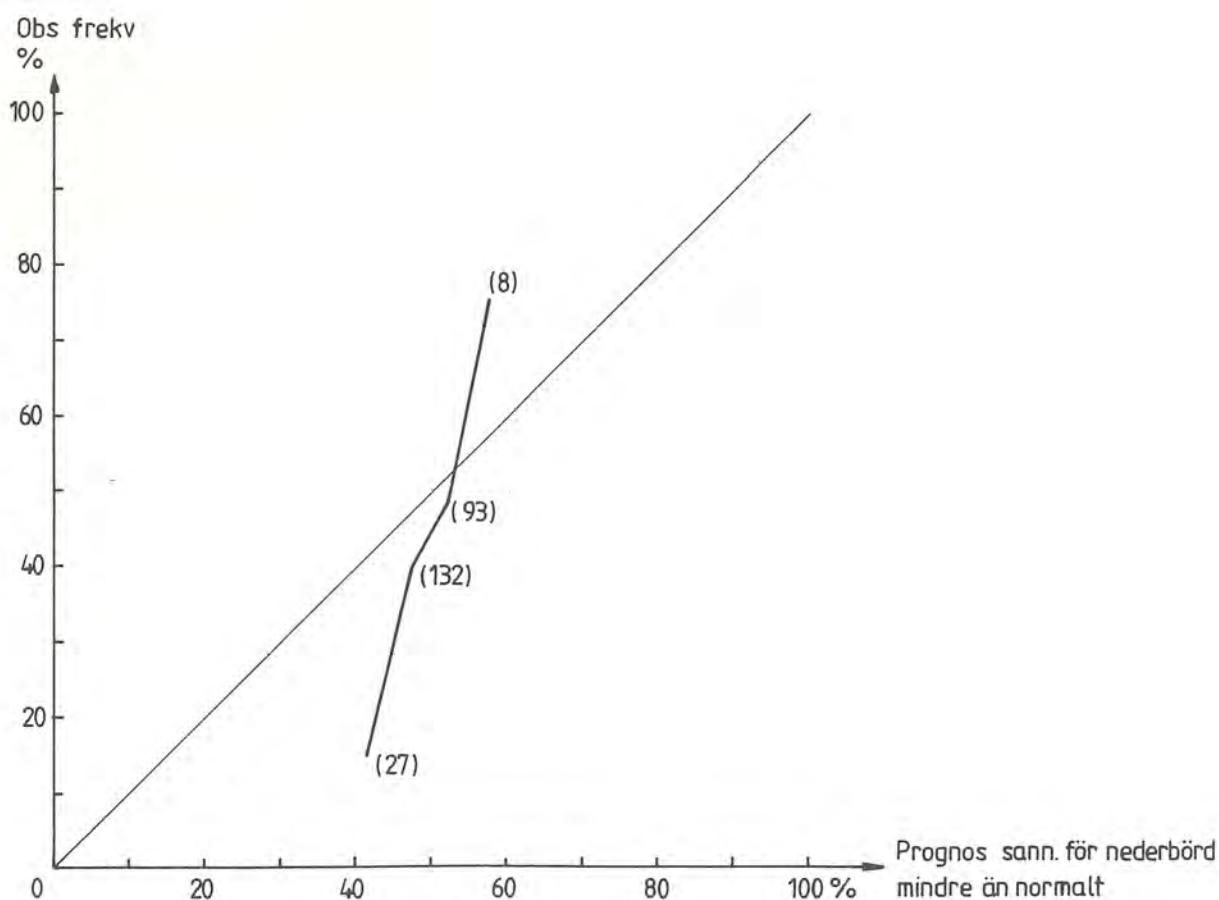


Fig 11. Sannolikhetsdiagram för månadsprognoser av nederbörd.

- Diskussion av fig 11

- Kurvan visar på en för stor osäkerhet i nederbördsprognoserna; detsamma gäller ju också temperaturprognoserna som framgår av fig 10.

- Kurvan visar också det (alltför) snäva intervallet inom vilket sannolikheter anges.

På samma sätt som för temperaturprognoserna kan vi dock öka skärpan genom en transformation. Vi får då att den högst prognoserade sannolikheten 58% ersätts med 79%, och den lägst prognoserade sannolikheten 43% ersätts med 22%.

- Skicklighetsindex (SS) beräknades till -0.2%, d v s sannolikhetsprognoserna för ackumulerade nederbörden har ingen skicklighet över klimatologin (samplets).

5. Sammanfattning och diskussion av resultaten

- Det största utrymmet i rapporten har ägnats åt att verifiera USA's månadsprognoser över Sverige, med tonvikt på 1980-talet.

Huvudsyftet har varit att undersöka om prognoserna har någon skillnad över lämpliga jämförelseprognoser, i så fall hur stor den är och vilken av parametrarna medeltemperaturen och ackumulerad temperatur som är tillförlitligast.

Jag har använt mig av kontingenstabeller för att dels mer eller mindre direkt se prognosernas kvalitet men också att från dem beräkna olika verifikationsmått

De jämförande prognoserna har varit klimatchansen och och persistens av olika slag.

Till en viss del har jag också försökt jämföra månadsprognoser med 5-dygnsprognoser på lika villkor.

- Några av de slutsatser man kan dra av verifikationsmaterialet är bl a
 - månadsprognoserna är i genomsnitt bättre än klimatchansen och persistensen (alla typer). Skillen är liten men i allmänhet positiv.
 - månadspersistensen har svårare att hävda sig mot månadsprognoserna än klimatchansen
 - det verkar som att "väder" de sista 5 dygnen av en månad har högre tillförlitlighet än hela månadens medelväder om båda utgör persistensprognoser för närmast hela efterföljande månad.

- den statistiska signifikanstesten ger besked om att:

- * korrektionen mellan observerad och prognoserad klass är signifikant skild från noll (större än noll); och det gäller för både temperatur och nederbörd.

Not: att korrelationen för nederbördsprognoserna är signifikant skild från noll beror till stor del på själva beräkningstekniken av korrelationer. Den relativt höga korrelationen återspeglar inte prognosernas användbarhet, som är mera tveksam, främst på grund av att det stora flertalet prognoser ger utsagor om normal nederbördsfördelning den kommande månaden. Däremot ges det sällan helt felaktiga nederbördsklasser, d v s "under" när det i själva verket blir "över" eller vice versa. (Se nedan under övrigt).

- * temperaturprognosernas skill över klimatchansen är signifikant (nivån 0.05).

- * däremot är nederbördsprognosernas skill över klimatchansen inte signifikant (nivån 0.05)

- vid bedömning av prognoserna som sannolikheter har vi funnit att temperaturprognoserna har en liten men positiv skill över samplets klimat.
- däremot har inte nederbördsprognoserna uttryckta som sannolikheter någon skill över samplets klimat.
- eftersom prognoserna ges som sannolikheter, bör nog verifikation av dessa väga tungt. Vi har ju sett att resultaten angående denna verifikation inte är allför upplyftande. Figurerna 10 och 11 är därvidlag ganska avslöjande. Det skulle innebära att den relativt optimistiska bild av amerikanska månadsprognosernas skill, när de betraktas som kategoriska, bör tonas ned.

Övrigt

Jag har dessutom sett på de fall (1984-1986) då en månads medeltemperatur och sammanlagda nederbörd avvikit mycket från det normala (minst 2 ggr klassbredden):

Temperatur

Gäddede: 10 fall varav 6 korrekta prognoser. Inget "helt fel" (d v s inga värden i hörnen vinkelrät mot den korrekta diagonalen i en kontingenstabell)

Växjö: 8 fall, varav 3 korrekta. En helt missvisande prognos.

Nederbörd

Gäddede: 6 fall varav 2 korrekta. Ingen helt missvisande

Växjö: 11 fall varav 2 korrekta. Ingen helt missvisande

Förslag

- Resultaten av verifikationen visar således att USA's månadsprognoser i genomsnitt har en liten men positiv skill. Vi bör fortsätta att utvärdera prognoserna, helst i realtid och möjligen tillsammans med någon lämplig avnämare, t ex Vattenfall. Det är framförallt temperaturprognoserna, som bör kunna ge en användbar information upp till en månad i förväg.
- ECMWF har börjat integrera den operationella prognosmodellen (som normalt ger prognoser mellan dygn 1 och 10) upp till en månad. Två körningar görs i mitten av varje månad; med 1 dags mellanrum. Vi bör ta emot dessa prognoser och utvärdera dem och även göra jämförelser med USA's månadsprognoser
- Beträffande persistensprognosernas eventuella skill skulle det vara intressant att undersöka hur den varierar beroende på längden av persistensen och när i framtiden prognoserna ska gälla.
Man skulle exempelvis kunna dela in den följande månaden i 3 10-dygnsperioder och se hur de olika persistensernas (se under avsnitt 4.1.3) skicklighet för respektive 10-dygnsperiod och i vilken grad "skillen" avtar med prognoslängden.

En sådan undersökning skulle förmodligen ge värdefulla kunskaper, som vore användbara vid bedömning av långa prognoser.

6. "First WMO conference on long range forecasting; the practical problem and future prospects"

Även om rapporten behandlar USA's månadsprognoser och dess eventuella tillförlitlighet över Sverige, kan det kanske vara intressant att helt kort nämna något om aktiviteterna inom ämnesområdet långa prognoser i övrigt i världen.

Under de senaste åren har den meteorologiska forskningen med målsättningen att bättre förstå atmosfärens storskaliga variationer - och därmed också större möjligheter att göra långa prognoser, exempelvis månadsprognoser - intensifieras och till en del också lyckats.

Trots dessa framsteg är vägen lång innan målet är nått att kunna ge tillförlitliga månadsprognoser.

1983 bildades en internationell programkommitté inom WMO, med uppgifterna att:

- uppmuntra och stödja medlemsländerna till ökad ansträngning att ta fram praktiska metoder för långa prognoser, som bör ha ett signifikant minimum av skicklighet

- uppmuntra medlemsländerna att utröna möjligheten att prognosera atmosfärens månatliga och årstidsmässiga variationer genom en kombination av numerisk/dynamiska och avancerade empiriska metoder.
- bistå medlemsländerna vid spridning av kunskap och metoder om långa prognoser

Denna arbetsgrupp tyckte att det låg bra till i tiden att anordna en första internationell konferens om långa prognoser. Den konferensen hölls i Sofia under vecka 40 och jag deltog i den.

Not Nästa år är det planerat en workshop i Frankrike (Toulouse, juni) om atmosfärens variation på månads- och årstidsskalan och i samband därmed också ett symposium om sambandet mellan hav och atmosfär och dess relevans till långa prognoser.

Mötets uppläggning

Ett femtiotal föredrag hölls, var och en på 30 min inklusive diskussion. Drygt 20 föreläsare var speciellt inbjudna. De ämnesområden som behandlades på konferensen var:

- a. Nuvarande metoder och forskning beträffande långa prognoser
- b. Applicerbara dynamiska modeller
- c. Verifikations- och testmetoder
- d. Sannolikhetsprognoser
- e. Prognoser och beslutsprocesser

De intressantaste och viktigaste informationerna

- Ett stort antal föredrag kom från Osteuropa, Sovjet och Kina. I de flesta av dessa länder görs månadsprognoser operationellt.

Av föredragen framgick att prognoskvalitén i allmänhet var positiv men oftast marginell. Det var dock inte många som gav explicita och systematiska verifikationsresultat. De "modeller" som i de flesta fall används är:

- baserade på statistiska metoder, mer eller mindre sofistikerade
- analogimetoder
- klassificering av vädertyp
- beaktande av trender
- teleconnection (se också längre fram)
- subjektiva metoder

- Många länders ekonomi och välbefinnande är till stor del beroende av normal regnfördelning, t ex Indien, (monsunregnen,), Kina, många områden i tropikerna t ex södra Sahara. Stora ansträngningar görs därför att så långt som möjligt i förväg prognosera avvikelser från det normala. Indien och Kina satsar stora resurser för att sådana prognoser skall bli så tillförlitliga som möjligt. En viktig faktor att ta hänsyn till när det gäller månadsprognoser är havsytans temperatur, främst i de tropiska haven. Andra viktiga faktorer att beakta är "southern oscillation" och El-Nino (se nedan). Av föredragen framgick att resultaten är blandade. Men det finns en stark övertygelse att prognosskickligheten signifikant kommer att höjas i framtiden (närmaste 5-10 åren). Att t ex förutsäga sommarmonsunens start är onekligen en viktig utmaning!
- I USA och England finns det forskargrupper som med numeriska modeller försöker göra långa prognoser. Experimenten omfattar bl a:
 - att undersöka hur känsliga modellerna är för olika randvärden, t ex snö, is, vatten, jord, bergsmassiv
 - hur modellernas komplexitet påverkar resultaten
 - hur tillförlitliga är de prognoserade globala nederbördsfördelningarna för 30 dygn och temperatur-anomalierna
 - i vilken grad "ensemblekörningar" av prognoser kan höja prediktabiliteten
 - hur väl modellerna kan simulera så dominerande cirkulationer/företeelser som: monsuner, passaderna, El-Nino, Sahel (torkan i södra Sahara)
- Folland (Met Office Bracknell) presenterade en intressant prognosmetod som tagits fram i England. Den går ut på att en månad delas upp på 3 perioder:
 - dygn 1-5, där den operationella numeriska prognosen utgör det viktigaste underlaget
 - dygn 6 till mitten av månaden, där prognoser utgörs av en mix av fält från den numeriska modellen och statistiska metoder
 - andra hälften av månaden, där endast statistiska metoder används.

Månadsprognosen erhålles sedan genom att de tre konsekutiva prognoserna kombineras på ett objektiva sätt. Preliminära resultat antyder en markant uppgång av prognoskvaliteten under de senaste månaderna.

- ECMWF har också börjat integrera den operationella modellen upp till en månad, främst av två skäl:
 - för det första att undersöka modellens klimatdrift för olika årstider
 - för det andra att utröna om så långa integreringar ger användbara resultat.

Resultaten hittills har visat en ganska markant positiv skill över persistensen.

Månadsprognoser har rutinmässigt beräknats under ett år (april -85 till mars -86). Försöken fortsätter och resultaten finns tillgängliga i MARS (Centrets nya arkivsystem).

- Not:
- teleconnection kan beskrivas som simultana korrelationen mellan tillfälliga fluktuationer hos meteorologiska parametrar på vitt skilda platser på jordklotet
 - "Southern Oscillation" är ett fenomen som kopplar ihop tryckvariationer från skilda platser på jorden; det vanligaste är att när lufttrycket är högt över Stilla Havet tenderar det att vara lågt över Indiska oceanen från Afrika till Australien, vilket också påverkar temperatur- och nederbörds-mönstret
 - El-Nino betecknar en anomal uppvärmning av havsytans temperatur utanför Perus och Ecuadors kuster. Det är mer eller mindre kopplat till "Southern Oscillation".
 - Dessa båda fenomen är företeelser främst över de tropiska områdena. Det intressanta och viktiga är dock att det finns antydningar om att de påverkar vädret (korta klimatvariationer) även på våra breddgrader och därmed utgör en viktig komponent i månads- och årstidsprognoser
- Gilman redogjorde för de månads- och årstidsprognoser som "Climate and Analysis Center" producerar 2 ggr/mån, främst över USA, men också för andra delar av norra hemisfären. Jag nämnde för Gilman om våra verifikationsresultat. Han blev intresserad av dessa. Vi bestämde att jag skickar över verifikationsresultaten sedan jag vidarebearbetat dem. I gengäld skulle jag få information från honom om prognoskvaliteten över USA.

Mina synpunkter

- Det blev en komprimerad vecka med massor av föredrag från morgonen till sena eftermiddagen. Det fanns faktiskt inte tid för några organiserade utflykter eller andra arrangemang vid sidan av konferensen.
- Beträffande kvalitén på föredragen var det stor spridning. Många var dock alldeles utmärkta och bra illustrerade med overhead, t ex av Folland från England. En annan forskare som imponerade var en ung man från USA. Han heter Kinter och jobbar vid Universitetet i Maryland.

Att en sådan WMO-konferens med deltagare från praktiskt taget hela världen uppvisar föredrag med vitt skilda kvaliteter tycker jag ändå är förståeligt/acceptabelt, det hör nästan till sakens natur.

- Om man hade läst WMO's "Long range weather forecasting recent research no 3", avslöjade väl föredragen inte några större nyheter. Trots det tycker jag att det är nyttigt att vara med på en konferens av denna typ, för att få en samlad bild av forskning och övriga aktiviteter inom området långa prognoser.
- Om man försöker bedöma den framtida utvecklingen beträffande månadsprognoser är det ju vanskligt av förståeliga skäl. Jag är dock övertygad om att om lika stora resurser satsas på forskning under de närmaste 20 åren (som under de senaste 2 decennierna), främst på den numeriska modellutvecklingen, kommer prognoskvalitén att bli signifikant högre. Det gäller framförallt de första 15 dagarna som man bör kunna göra mer eller mindre deterministiska prognoser för, innan år 2000?!

Kort sammanfattning

- a) Konferensen tycker jag på ett bra sätt speglade de aktiviteter och forskningar som förekommer över hela världen beträffande månads- och årstidsprognoser
- b) För att överhuvudtaget ha en möjlighet att framställa månadsprognoser genom dynamiska metoder fordras först och främst en bättre förståelse av de fysikaliska processer som är viktiga för de observerade vädervariationerna (korta klimatfluktuationer)
- c) Vi i Sverige bör med rimlig arbetsinsats följa utvecklingen inom ämnesområdet månadsprognoser.

7. Referenser

- (1) Nap, J.L. m fl 1981: A verification of monthly weather forecasts in the seventies. Mon. wea. Rev., 109, 306-312
- (2) Lars Moen, juli 1981: Hur tillförlitliga är månadsprognoser. Meddelande nr 17 (Gröna serien VBV)
- (3) Murray, R. Spiegel: Statistics. Schaum's outline series
- (4) Donald Gilman, 1985: Long-range forecasting: The present and the future Bulletin AMS, vol 66 nr 2 Febr 1985
- (5) John F Walsch 1984: Forecasts on monthly 700 mb height: Verification and specification experiments, Mon. wea. Rev., vol 112 Nov 1984

(Artikeln innehåller en del verifikationsresultat över USA, som är i paritet med vad jag funnit över Sverige).
- (6) "Proceedings" från "First WMO conference on long range forecasting; the practical problems and future prospects", beräknas vara klart i början av 1987.





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