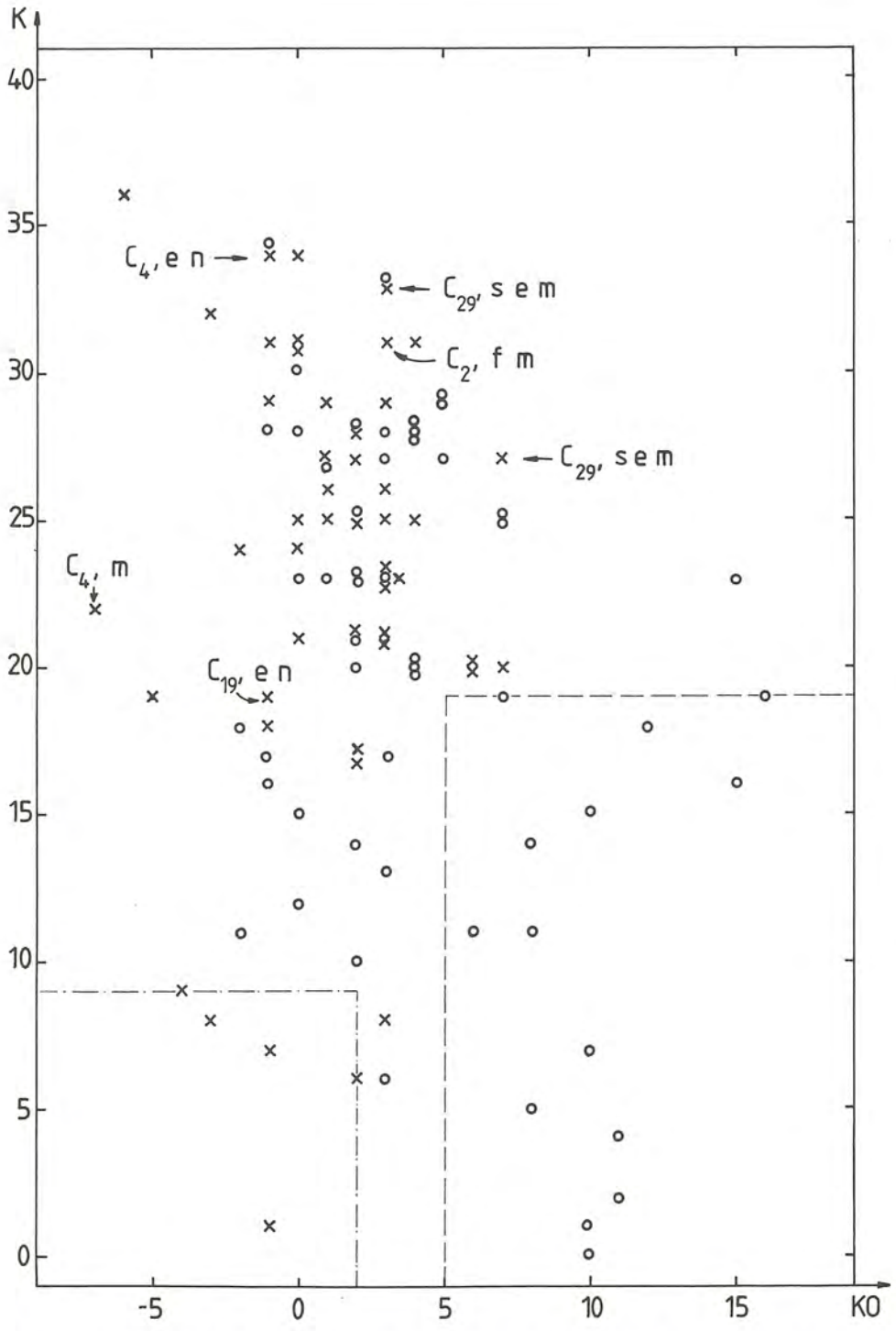
Rapp. SMHI

SMHI METEOROLOGI
Nr 41, 1987



UTVÄRDERING AV SOMMARENS (1986) ANVÄNDA KONVEKTIONS– PROGNOSHJÄLPMEDEL

SMHI METEOROLOGI
Prognossektionen

Nr 41, 1987

UTVÄRDERING AV SOMMARENS (1986) ANVÄNDA KONVEKTIONS–PROGNOSHJÄLPMEDEL

Stefan Nilsson

SVERIGES METEOROLOGISKA
OCH HYDROLOGISKA INSTITUT
87. 02 24
BIBLIOTEKET

SMHIs tryckeri, Norrköping 1987.

UTVÄRDERING AV SOMMARENS (1986) ANVÄNDA KONVEKTIONSPROGNOS-HJÄLPMEDEL

INLEDNING

Inför sommaren 1986 infördes en del nya konvektionsprognoshjälpmedel, ny arbetsmetodik och ny presentationsform av åskrisk-prognoser. Den här kortfattade studien avser endast att visa på vilka hjälpmedel som har varit användbara och vilka som bör förändras eller alternativt utgå helt och ersättas av nya. Verifikationsunderlaget har delvis bergränsats p g a problem med bl a blixtlokaliseringssystemets telekommunikationer. För juli månad finns emellertid relativt god tillgång på rådata och denna månad har därför valts som verifikationsperiod. Trots att perioden är kort statistiskt sett kan ändå vissa slutsatser dras om hjälpmedlens användbarhet.

INDEX

I första hand har de diagnoserade indexen K, KO, TM och CAPE/EI undersökts och de har verifierats kvantitativt. Däremot har de prognoserade värdena av K och TM främst studerats kvalitativt, eftersom dessa indexvärden ges i form av isolinjer på en karta och blixtdatans omfattning och upplösning inte har ansetts som tillräcklig för en kvantitativ verifkation.

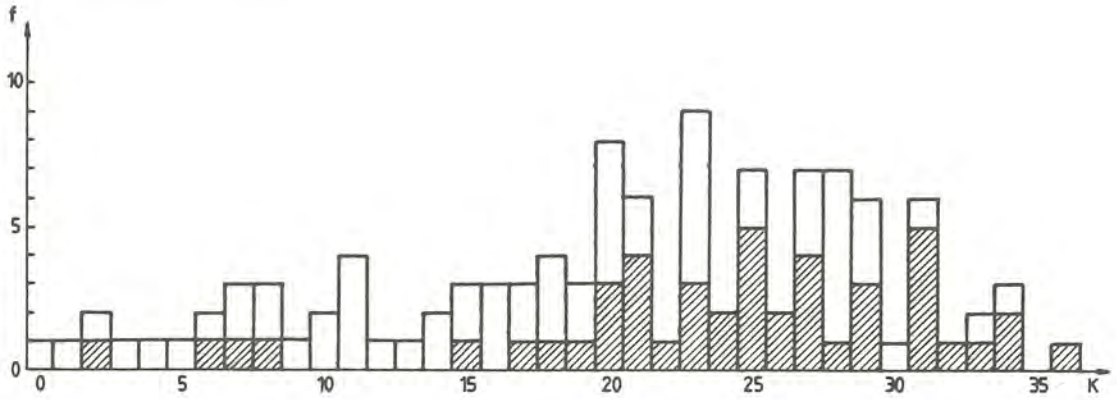
Vid studierna av de diagnoserade indexen har förutom blixtdata kompletterande synopinformation utnyttjats. De sonderingsstationer som har använts har varit Sundsvall, Stockholm, Göteborg, Visby och Oslo. Sonderingen har antagits vara representativ inom ett rimligt avvägt och specificerat område, med ca 100 km:s radie runt om stationen. De verifierade indexvärdena har beräknats från 00 UTC - tempen, d v s det är samma värden som har använts operativt. Indexen har sedan jämförts mot förekomsten av åska/ej åska inom det definierade området mellan kl 00 UTC och 18 UTC. I de angivna verifikationsparametrarna har ingen skillnad gjorts mellan luftmasseåska och frontåska. Nyansskillnaden mellan olika index vad beträffar deras förmåga att särskilja olika åsktyper (luftmasseåska, frontåska, MCS, etc) diskuteras istället i samband med ett utvalt fall och genom att i ett gemensamt diagram avsätta K och KO mot utfallet.

Även om trenderna hos indexen framträder tydligt förekommer en ganska stor spridning i verifikationsresultaten beroende på att det inte har gjorts något försök att korrigera för luftmasseförändringar. Exempel på komplicerande influenser är; frontpassager, fuktighetsadvektion (positiv och negativ) och labilisering i samband med passerande kortvågiga tråg.

K-index

Låt oss inleda med att betrakta K-index ($K = T_{850} - T_{500} + Td_{850} - (T - Td)_{700}$), då det sedan ett flertal år är det index som har använts och även utvärderats mest. P g a att det kan sägas vara normgivande kommer de övriga indexen att jämföras mot K-index.

Åskfallen i figur 1 ligger relativt väl samlade över K = 20 och det intryck indexet har visat upp i tidigare undersökningar, t ex L-G Nilsson (1980) kvarstår. Andelen falska larm är dock förhållandevis högt, vilket också framgår av verifikationsparametrarna i tabell 1.



Figur 1. K-index avsatt mot åska (streckat) / ej åska (ofärgat) enligt den definition som ges i texten.

Eftersom fördelningen av inträffat väder är sned (stor andel av nedan definierade X22) är träffprocent inte särskilt lämplig som verifikationsparameter. I stället har följande parametrar valts för att visa på ett ental egenskaper hos indexen: sannolikhet för upptäckt, PD; falskt larm, PF; lyckad prognos, PS och Kuipers index, KUI. Parametrarna definieras ur följande kontingenstabell.

		PROG: åska	PROG: ej åska
OBS	åska	X11	X12
	ej åska	X21	X22

där X_{11} = antal fall där förutsagd åska inträffar
X_{21} = antal fall där förutsagd åska ej inträffar
o s v

$$PD = \frac{X11}{X11+X12}, \quad PF = \frac{X21}{X11+X21}, \quad PS = \frac{X11}{X11+X12+X21}$$

$$KUI = \left(\frac{X11}{X11+X12} + \frac{X22}{X21+X22} \right)/2$$

Vid en perfekt prognos gäller alltså att X12 = X21 = 0 och att PD = PS = KUI = 1 samt att PF = 0

I undersökningar där dessa verifikationsparametrar ingår är det lämpligast att använda sig av enbart strikta gränser, s k kategoriska utsagor. För K och KO har gränsvärdet valts så att värdet på PS optimeras, medan det för TM och EI har beräknats utifrån fysikaliskt bestämda gränser. K och KO samt TM och EI kan således jämföras under analoga förhållanden, men även mellan de båda grupperna av index kan särskiljande slutsatser dras.

Tabell 1

	PD	PF	PS	KUI
K-index [1]	0.83	0.45	0.49	0.68
KO-index [2]	0.92	0.52	0.46	0.64
TM [3]	0.29	0.33	0.25	0.60
EI [4]	0.34	0.57	0.23	0.50

Vid beräkningen av verifikationsparametrarna har antagits:

1. $K \geq 20 \longrightarrow$ TS, $K < 20 \longrightarrow$ ej TS
2. $KO \leq 4 \longrightarrow$ TS, $KO > 4 \longrightarrow$ ej TS
3. $T_M \leq -30 \rightarrow$ TS, $T_M > -30$ el ej moln $\longrightarrow$ ej TS
4. $EI > 0 \longrightarrow$ TS, $EI \leq 0 \longrightarrow$ ej TS

För K-index hamnar den optimala gränsen på urvalet (juli månad) vid K = 20, vilket vid en jämförelse med L-G Nilssons undersökning (1980) skulle motsvara ca 40% åskrisk. Hänsyn har då tagits till att sannolikheterna i det här materialet ligger ca 10% högre. K-index upptäcksförmåga av åska är god samtidigt som andelen falska larm är relativt stor. Meteorologen kan emellertid göra en avsevärd insats och med tillgång till övriga index och annan information minimera andelen falska larm betydligt.

En noggrannare utvärdering av indexen visas i tabell 2 där skillscore och Brierscore (se t ex Ivarsson 1982) ges. Skillscoren är beräknad på den klimatologiska prognosen. Till skillnad från parametrarna ovan behöver vi här inte välja kategoriska gränser utan kan utnyttja en uppdelning på sannolikheter för åska. Vid sannolikhetsuppdelningen har de operationellt använda gränsvärdena för varje index och delvis också den observerade frekvensfördelningen i materialet inverkat på valet av indexgränser. TM och EI har dock även i det härfallet fått en mer fysikaliskt anpassad sannolikhetsuppdelning. Skillscoren, 13,3% för K-index är bra för att vara ett åskriskindex, trots att det inte har gjorts någon optimering av materialet. Sannolikheter och gränser har istället i stort sett följt de som angavs i L-G Nilssons undersökning.

Tabell 2

K^1

PROG.	OBS.FREK.	OBS.	TOTALT	SKILLSCORE	BRIERSCORE
10.0%	15.4%	4	26	30.6%	0.8669
25.0%	25.0%	4	16	10.9%	0.8125
50.0%	48.2%	27	56	2.4%	0.7500
75.0%	71.4%	10	14	31.9%	0.7946
MEDELVÄRDE el SUMMA:					
40.3%	40.2%	45	112	13.3%	0.7917

KO^2

PROG.	OBS.FREK.	OBS.	TOTALT	SKILLSCORE	BRIERSCORE
100.0%	100.0%	3	3	100.0%	1.0000
75.0%	60.0%	3	5	7.6%	0.7375
50.0%	47.2%	34	72	2.3%	0.7500
25.0%	25.8%	8	31	8.3%	0.8085
0.0%	0.0%	0	12	100.0%	1.0000
MEDELVÄRDE el SUMMA:					
41.1%	39.0%	48	123	13.7%	0.7947

TM^3

PROG.	OBS.FREK.	OBS.	TOTALT	SKILLSCORE	BRIERSCORE
100.0%	64.3%	9	14	-17.2%	0.6429
20.0%	66.7%	6	9	-41.5%	0.5600
0.0%	31.4%	37	118	-43.6%	0.6864
MEDELVÄRDE el SUMMA:					
11.2%	36.9%	52	141	-40.0%	0.6740

EI^4

PROG.	OBS.FREK.	OBS.	TOTALT	SKILLSCORE	BRIERSCORE
100.0%	42.9%	15	35	-133.3%	0.4286
0.0%	43.3%	29	67	- 76.3%	0.5672
MEDELVÄRDE el SUMMA:					
34.3%	43.1%	44	102	- 95.8%	0.5196

Vid beräkningen av skillscore och Brierscore har antagits:

1) $0 \leqslant K < 15 \longrightarrow 10\%$
$15 \leqslant K < 20 \longrightarrow 25\%$
$20 \leqslant K < 30 \longrightarrow 50\%$
$K \geqslant 30 \longrightarrow 75\%$

2) $-3 < KO \longrightarrow 100\%$
$-3 \leqslant KO < -1 \longrightarrow 75\%$
$-1 \leqslant KO < 4 \longrightarrow 50\%$
$4 \leqslant KO < 9 \longrightarrow 25\%$
$KO \geqslant 9 \longrightarrow 0\%$

3) $-40 < T_M \longrightarrow 100\%$
$-40 \leqslant T_M \leqslant -30 \longrightarrow 20\%$
$T_M > -30 \longrightarrow 0\%$

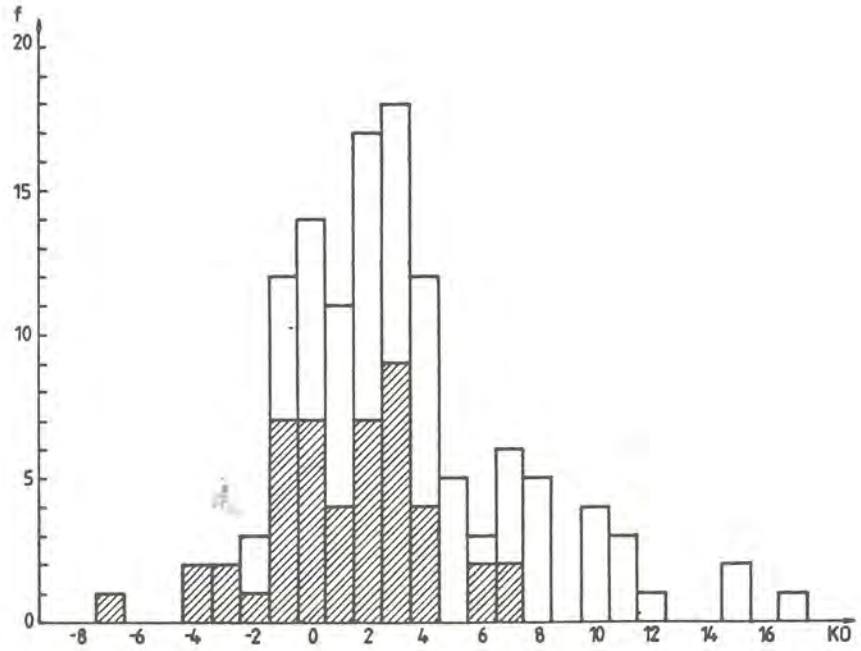
4) $EI > 0 \longrightarrow 100\%$
$EI \leqslant 0 \longrightarrow 0\%$

KO-index

KO är ett av de nya indexen som har använts i sommar.
Det definieras; $KO = \frac{1}{2}(\Theta ae,500 + \Theta ae,700 - \Theta ae,1000 - \Theta ae,850)$, där Θae är den adiabatiska fuktpotentiella ekvivalenttemperaturen.
För operationellt bruk har KO-värdet under försöksperioden varit relaterad till potentiell åskrisk enligt det schema som används i Tyskland, varifrån indexet ursprungligen kommer.

		Potentiell åskrisk	
KO ≤ 2	Konvektivt instabil	stor	(>50%)
2 < KO ≤ 6	Konvektivt indifferent	måttlig	(20-50%)
6 < KO ≤10	Stabil	liten	(5-20%)
KO >10	Mycket stabil	ingen	(< 5%)

Av figur 2 framgår att åskfallen är väl samlade till låga KO-värden och att få fall återfinns vid höga stabila värden.
I båda ytterområdena ger KO t o m ett bättre resultat än K-index. Däremot är andelen falska larm stor för KO-värden mellan -1 och 4 (om gränsen sätts vid KO=4) och jämfört med K totalt sett något högre. Det optimala värdet på PS fås först vid just gränsvärdet 4 beroende på att upptäcksförmågan, PD ökar snabbare än andelen falska larm, PF upptill detta KO-värde.



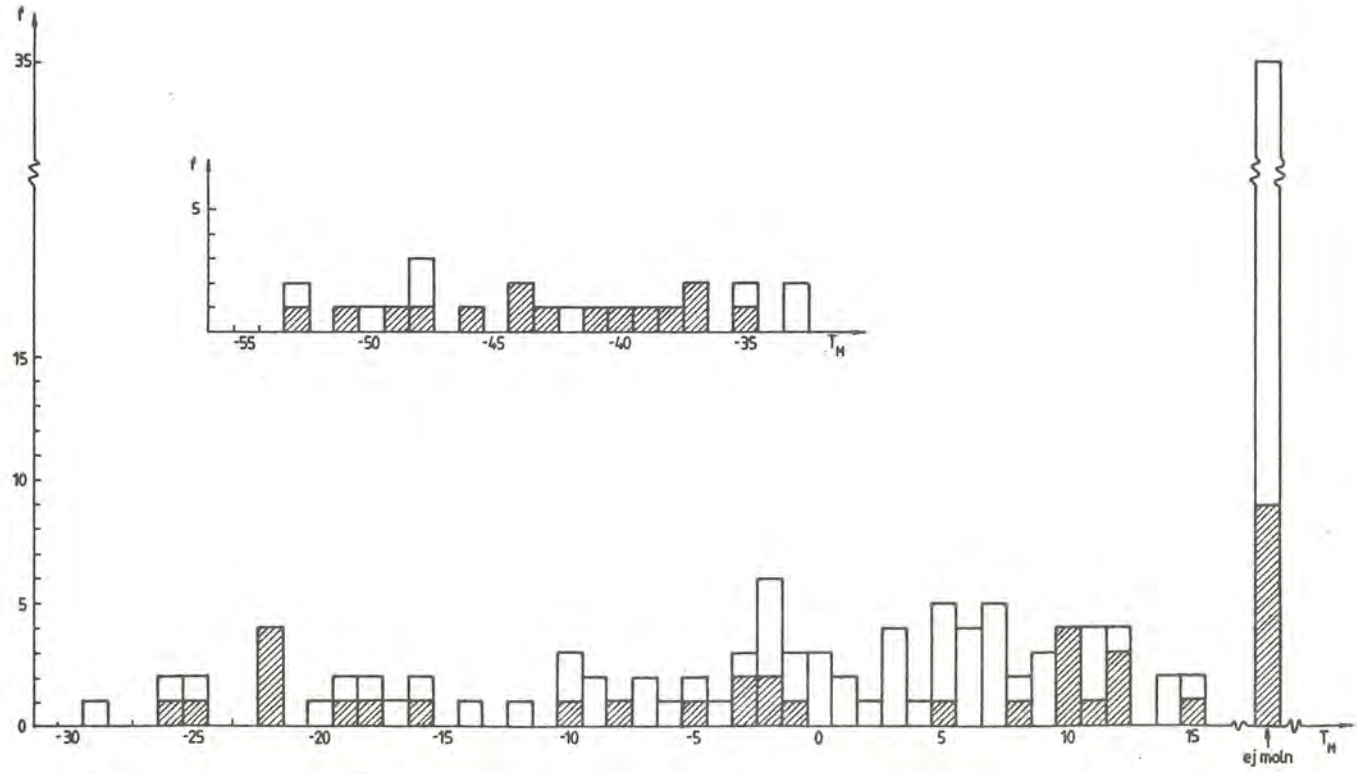
Figur 2. KO-index avsatt mot åska (streckat) / ej åska (ofärgat) enligt den definition som ges i texten.

Den under sommaren använda skalan är utifrån figur och tabell relevant om man betänker att materialet är litet och att man därmed förutsummar en trolig slumpmässig fördelning i vissa intervall.
I schemat ovan ges innanför paranteserna de ur studien erhållna sannolikheterna för åskrisken. De angivna procenttalen stämmer väl överens med den subjektiva tolkning som har använts i samband med åskriskprognoserna, bortsett från att de senare är definierade för ett område med 1 mils radie. Verifikationen gäller däremot för ett område med ca 10 mils radie.

Om vi på liknande sätt som för K-index antar en sannolikhetsuppdelning (tabell 2) fås en skillscore av ungefär samma storlek. Indexen är således relativt jämbördiga när det inte görs någon skillnad mellan olika åsktyper.

TM

Molntoppstemperaturen, TM, beräknad från en en-dimensionell konvektionstemperatur (Källberg 1975 och 1976) skiljer sig från de båda övriga indexen genom att det beräknade värdet är resultatet av en integrerad tempanalys. Värdet på TM är alltså inte lika känsligt för felaktiga temperatur och fuktighetsvärden från ett fåtal nivåer ur sonderingen som de mer specialiserade indexen. TM har dock med nuvarande beräkningsmetod en alltför dålig upptäcksförmåga av åska, vilket framgår av tabell 1 och figur 3. Trots att antalet falska larm samtidigt är liten (även påvisat av S Nilsson, 1981) blir PS totalt sett ändå lågt för juli månad. Den lilla andelen falska larm får också genomslag i Kuipers index, som kan sägas vara en viktad träffprocent efter graden av sällsynthet hos ett fenomen i fråga.



Figur 3. Molntoppstemperatur, TM avsatt mot åska (streckat) / ej åska (ofärgat) enligt den definition som ges i texten.

Den symptomatiska begränsningen hos TM, som påpekades i undersökningen (1981) kvarstår. TM fångar inte den potentiella labiliteten tillfredsställande och många åskfall återfinns vid höga molntoppstemperaturer eller när inga moln alls skapas av modellen.
I 1981-års studie hade dock K och TM ungefär lika höga värden på PS. En bidragande orsak till detta resultat var att man i vissa fall fick en lägre verifikationstemperatur i och med att ytterligare en molnberäkning utfördes om det enligt modellens energiberäkning fanns tillräckligt med energi för att höja marktemperaturen med två grader. Extraberäkningen resulterade även i att det skapades två utpräglat "normalfördelade moder", som inte alls framträder lika markant i figur 3. P g a att TM ibland blev högre (molntoppssänkning) när TMARK ökade togs emellertid den successiva molnberäkningen bort.

Skillscoren beräknad på grundval av de fysikaliska antagandena, att molntoppstemperaturen behöver vara under -40°C för att åska ska genereras (efter Mason, 1971) samt att risken för åska är ca 20% i intervallet -30 - -40°C, har ett negativt värde. En fråga man ställs inför, är om man egentligen ska använda de fysikaliska gränserna eller om man inte ska försöka och finna de gränser som gäller för modellen. Med en bättre anpassning av sannolikhetsfördelningen, men fortfarande inom de givna intervallen fås en svagt positiv skill (tabell 3). En noggrann översyn av modellberäkningarna (se även avsnittet; Aspekter på förändringar....) är dock nödvändig innan det görs en mer generell anpassning av sannolikhetsuppdelningen.

Tabell 3

TM

PROG.	OBS.FREK.	OBS.	TOTALT	SKILLSCORE	BRIERSCORE
75.0%	64.3%	9	14	20.9%	0.7589
50.0%	66.7%	6	9	19.6%	0.7500
25.0%	31.4%	37	118	- 0.5%	0.7807
MEDELVÄRDE el SUMMA:					
31.6%	36.9%	52	141	4.0%	0.7766

Några av de svagheter som existerar hos TM skulle förmodligen ha undanröjts om diagrammen över TM's utveckling gentemot marktemperaturhöjning och eventuellt även tvingad hävning hade varit införd på den fyrdelade arbetskartan. Programmeringsarbetet blev nu fördröjt p g a datorbyte, men denna rutin måste införas till kommande säsong.

CAPE/EI

Under sommaren har ytterligare ett par integrerade index, CAPE och EI testats. De ges av följande uttryck:

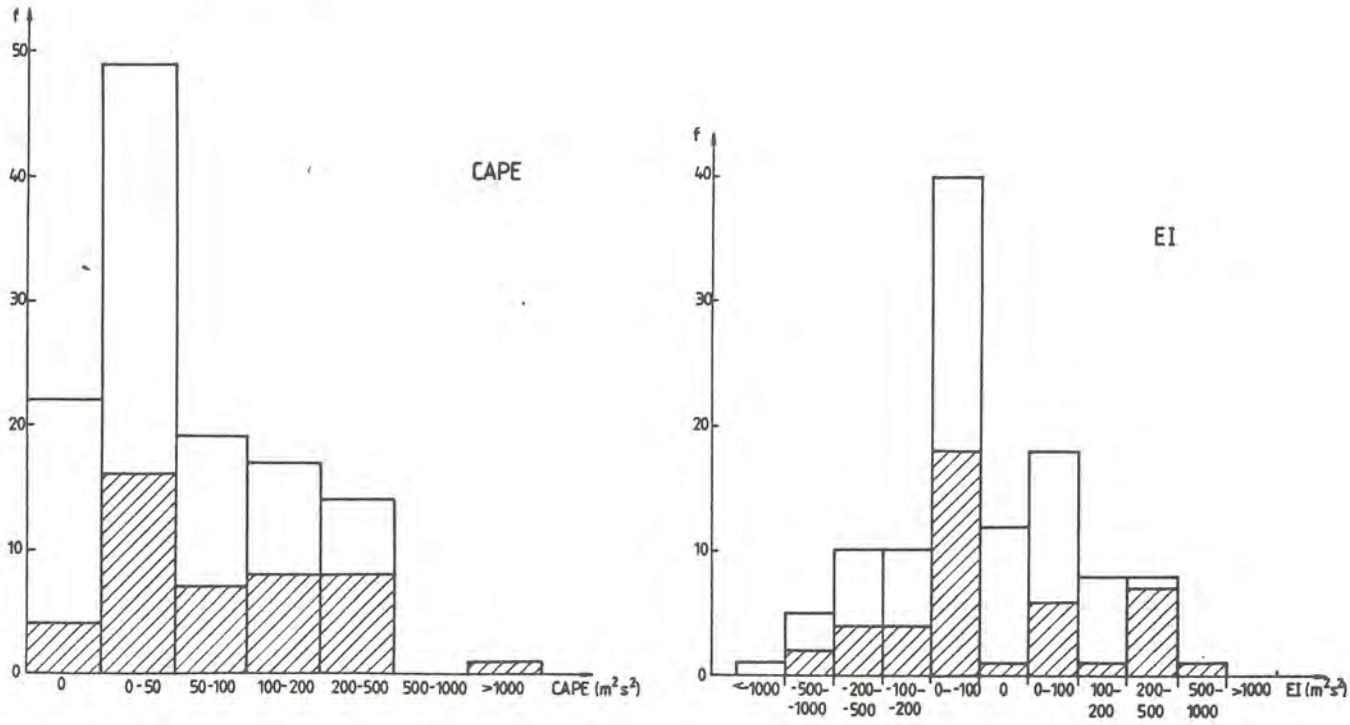
$$CIN = -\int_{Z}^{LFC} \left(\frac{\theta c - \theta s}{\theta s} \right) dz$$

$$CAPE = \int_{LFC}^{z} \left(\frac{\theta c - \theta s}{\theta s} \right) dz$$

$$EI = CAPE + CIN$$

där LFC = Level of free convection

θ = Potentiell temperatur hos luftpaket respektive omgivning



Figur 4. a) CAPE och b) EI avsatt mot åska (streckat) / ej åska (ofärgat) enligt den definition som ges i texten.

Av figur 4 framgår att varken EI eller CAPE på ett tillfredsställande sätt skiljer åska från fall utan åska. EI:s PS-värde ligger på ungefär samma nivå som TM, medan det har den högsta andelen falska larm samt att KUI-värdet och skillscoren är de lägsta av samtliga index. Inte ens en mer anpassad sannolikhetsfördelning bidrar till att ge indexet en positiv skill (tabell 4).

Tabell 4

EI

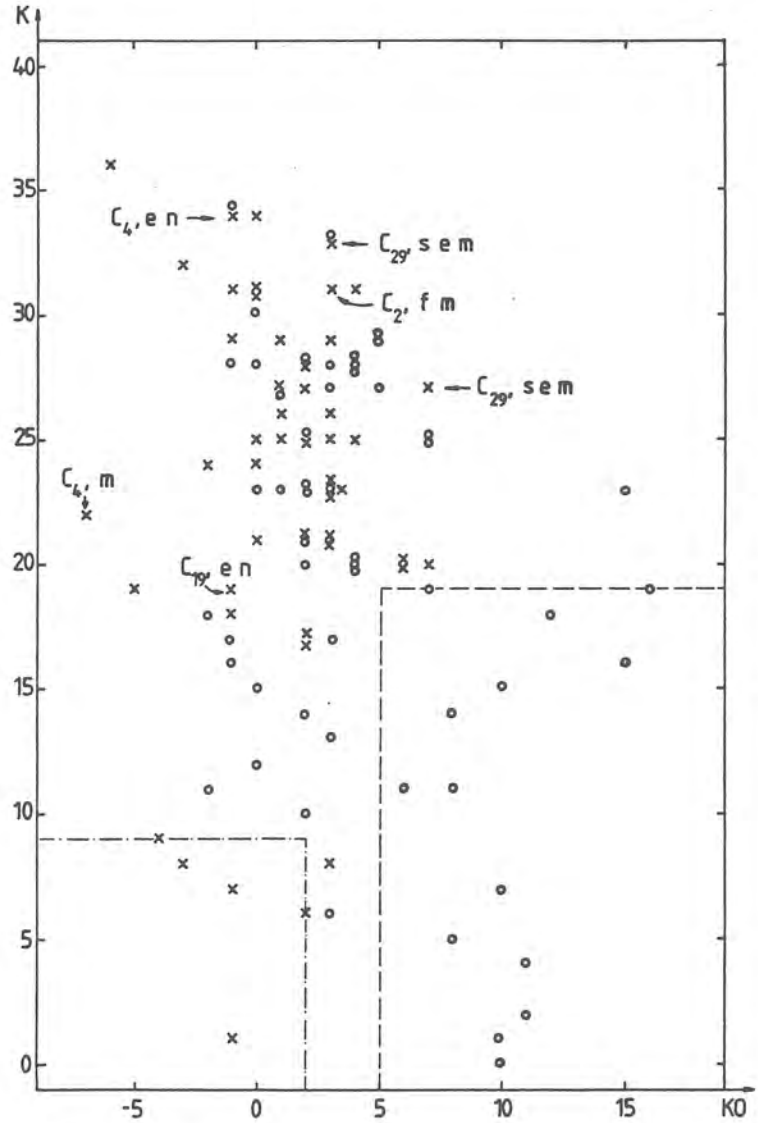
PROG.	OBS.FREK.	OBS.	TOTALT	SKILLSCORE	BRIERSCORE
0.0%	33.3%	2	6	- 47.9%	0.6667
25.0%	40.0%	8	20	- 9.3%	0.7375
50.0%	36.5%	19	52	- 7.5%	0.7500
75.0%	26.9%	7	26	-102.6%	0.5721
100.0%	88.9%	8	9	68.1%	0.8889
MEDELVÄRDE el SUMMA:					
52.7%	38.9%	44	113	- 20.5%	0.7135

Att indexet ligger i paritet med TM kan delvis förklaras av att CAPE/EI har beräknats från samma kondensationsnivå, CCL som TM. Dessutom har konstaterats att nivån på CCL inte alltid har varit identisk med den som har funnits återgiven på A-plottemparna, beroende på att olika programpaket existerar av konvektionsmodellen. Utvärderingsresultat har dock inte påverkats i någon nämnvärd utsträckning. Liksom för TM skulle troligen högre värden ha erhållits på EI om CCL beräknats från TMARKMAX. I och för sig kommer den negativa ytan under hävningskurvan att öka, men i de flesta fall skulle detta ha uppvägts av ett högre värde på CAPE.

Diskussion av skillnader mellan K och KO

I den fallstudie som kommer att beskrivas uppmärksammas vissa skillnader mellan K och KO för olika åsktyper. Avsikten med KO:s införande var att indexet på ett bättre sätt skulle skilja ut områden med högre åskrisk vid tvingad hävning, t ex i anknytning till kallfronter och skarpa tråg. Det valda exemplet från 16 augusti visar på något av denna aspekt. Däremot ger inte figur 5 något entydigt svar. I det gemensamma diagrammet har de erhållna värdena på K och KO plottats mot utfallet inom det definierade området omkring sonderingsstationerna. I de fall kallfronter har passerat sent under eftermiddagen eller kvällen har KO i flera fall inte fångat labiliseringen. Däremot har den potentiella instabiliteten varit bra fångad när åskfronter har passerat under natten, morgonen eller förmiddagen. Det bör emellertid betonas att materialet är för litet för att alltför långtgående slutsatser ska kunna dras.

Av figur 5 lägger vi också märke till att då båda indexen visar på liten åskrisk så är det en säker indikation på ingen åskrisk. Samma sak, fast i något mindre grad gäller även för det motsatta förhållandet. En fullständig linjärkombination av de båda indexen motiveras inte heller av figuren och det är viktigt att observera att låga KO-värden (stor åskrisk) i en del fall har högre vikt än motsvarande låga K-värden (liten åskrisk), medan det omvända förhållandet inte gäller i samma utsträckning.



Figur 5. K och KO-index avsatta mot åska (x) / ej åska (o) för de stationer och det område som har angetts i texten. Cd,t betecknar passage av kallfront, datum och tid. Den streckade linjen visar på de intervall inom vilka båda indexen diagnoserar ingen åskrisk. Den punktstreckade linjen ringar in ett antal åskutfall där låga KO-värden (stor åskrisk) slår ut låga K-värden (liten åskrisk).

I tabell 5 har vi kombinerat ihop K och KO under ett rimligt antagande av sannolikhetsklasser och indexgränser. Valet av gränser har delvis styrts av det totala utfallet, men gränserna är även valda med tanke på att analoga jämförelser senare ska kunna göras mot ett större oberoende material. Jämfört med K och KO:s separata skillscore ligger kombinationens värde hela 9% högre. Det finns således en avsevärd skill i att utnyttja båda indexen samtidigt, men som framgår av fallstudien bör indexen inte slås ihop till ett enda genom t ex en multipelregression.

Tabell 5

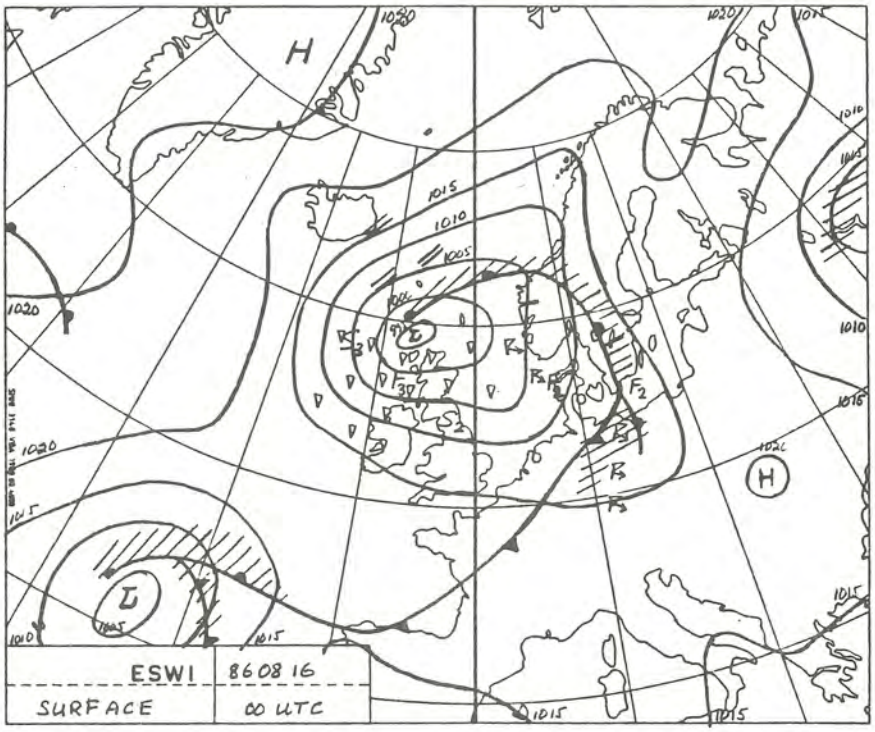
KO OCH K KOMBINERAT

PROG.	OBS.FREK.	OBS.	TOTALT	SKILLSCORE	BRIERSCORE
100.0%	100.0%	2	2	100.0%	1.0000
90.0%	100.0%	2	2	96.4%	0.9900
80.0%	100.0%	2	2	85.5%	0.9600
70.0%	50.0%	1	2	- 15.7%	0.7100
60.0%	70.0%	7	10	15.6%	0.7800
50.0%	57.1%	24	42	1.6%	0.7500
40.0%	50.0%	5	10	- 3.7%	0.7400
30.0%	31.3%	5	16	10.9%	0.7850
20.0%	0.0%	0	1	82.3%	0.9600
10.0%	0.0%	0	4	95.6%	0.9900
0.0%	0.0%	0	10	100.0%	1.0000
MEDELVÄRDE el SUMMA:					
42.8%	47.5%	48	101	22.6%	0.8069

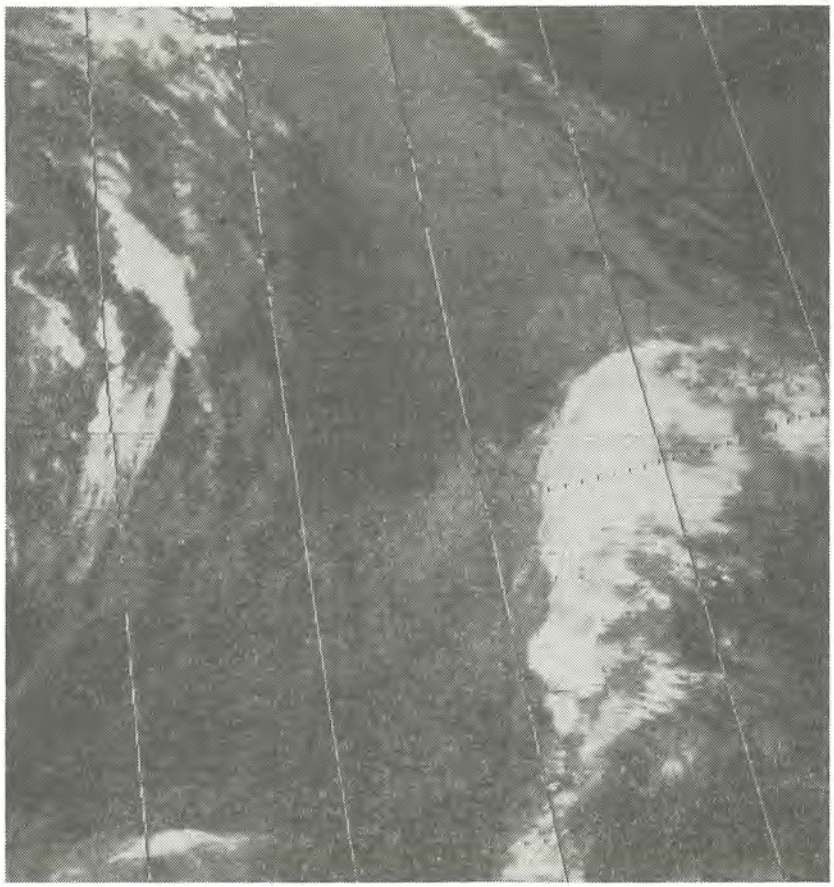
Vid beräkningen av skillscore och Brierscore har antagits:

K ≥ 20 U KO ≤ -4 ⟶ 100%
15 ≤ K < 20 U KO ≤ -4 el K ≥ 30 U -4 < KO ≤ -2 ⟶ 90%
0 ≤ K < 15 U KO ≤ -4 el 20 ≤ K < 30 U -4 < KO ≤ -2 ⟶ 80%
0 ≤ K < 20 U -4 < KO ≤ -2 ⟶ 70%
K ≥ 30 U -2 < KO ≤ 3 ⟶ 60%
15 ≤ K < 30 U -2 < KO ≤ 3 ⟶ 50%
0 ≤ K < 15 U -2 < KO ≤ 3 el K ≥ 30 U 3 < KO ≤ 8 ⟶ 40%
20 ≤ K < 30 U 3 < KO ≤ 8 ⟶ 30%
15 ≤ K < 20 U 3 < KO ≤ 8 ⟶ 20%
0 ≤ K < 15 U 3 < KO ≤ 8 el K ≥ 30 U KO >8 ⟶ 10%
0 ≤ K < 30 U KO > 8 ⟶ 0%

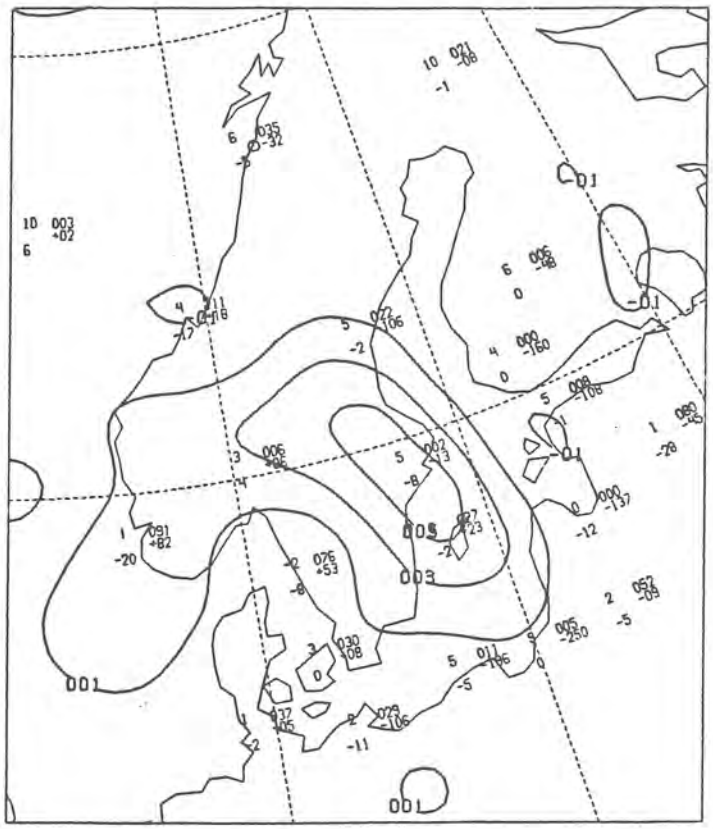
Låt oss nu betrakta vädersituationen den 16 augusti. OOUTC, figur 6, har ett lågtryck sitt centrum norr om Skottland och tillhörande ocklusionsfront har passerat en stor del av västra Götaland och västra Svealand. Från lågtrycket sträcker sig även ett markant tråg till Helgolandsbukten och tråget är i detta skede under amplifiering samtidigt som det sakta är på väg österut. I trågets östra del har Cb-celler genererats och åska uppträder redan lokalt. Framtill satellitbilden 02.10 UTC (figur 7) accentueras konvektionsstrukturen snabbt och flera uttalande och karakteristiska postfrontala regnband bildas från Syndnorge till västra Jylland. I flera av banden uppträder åska.



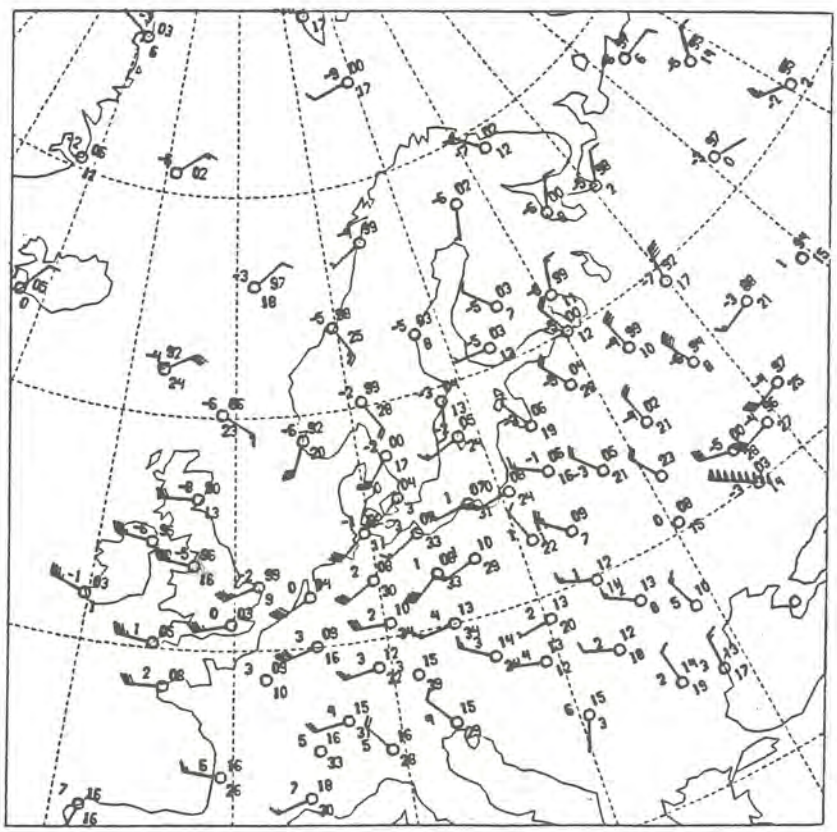
Figur 6. Markanalys, 860816 00UTC.



Figur 7. NOAA 7, Ch 4, 860816, 02.10 UTC. Postfrontala regnband innehållande åska har bildats i tråget 0-10°E, 55-60°N medan ett mer komplext system med åskceller existerar över Kontinenten, 15-20°E, 48-52°N.



Figur 8. Stabilitetsindex 860816, 00 UTC och vertikalvindsfält från ECMWF-prognosen gällande 860816, 12 UTC. KO-index är den övre vänstra siffran vid varje station.



Figur 9. Stationsplot för nivån 700 hPa, 860816, 00 UTC. K-index är den nedre högra siffran vid stationssymbolen.

KO-värdena (Figur 8) i det aktuella området ligger vid eller under 2 och de utgör således en god indikation på existens av potentiell instabilitet som kan utlösas av den konvergensinducerade hävningen i tråget. Motsvarande K-värden (figur 9) ger inte alls samma upplysning.

I anknytning till kallfronten, som sträcker sig från Hanöbukten och vidare åt sydväst genom Tyskland existerar endast mycket lokal åska. Största delen av åskcellerna förekommer istället i varmsektorn och åskan är i hög grad av luftmassetyp, även om man kan spåra varmsektorregnband liknande squallines. I det här området är också K-värdena betydligt högre än i tråget och de ligger i allmänhet över 30. Det enda KO-värde som återfinns i norra Tyskland indikerar potentiell instabilitet vid kallfronten medan värdena i södra delen av den varma frontala zonen är stabila, 5 respektive 9. Dessa värden kan jämföras med motsvarande K-värden, 31 respektive 24. Det föreligger sålunda i det här fallet en klar nyansskillnad mellan K och KO, som styrker att båda indexen är värdefulla och att det är upp till meteorologen att avgöra vilket som är mest representativt för den aktuella vädersituationen.

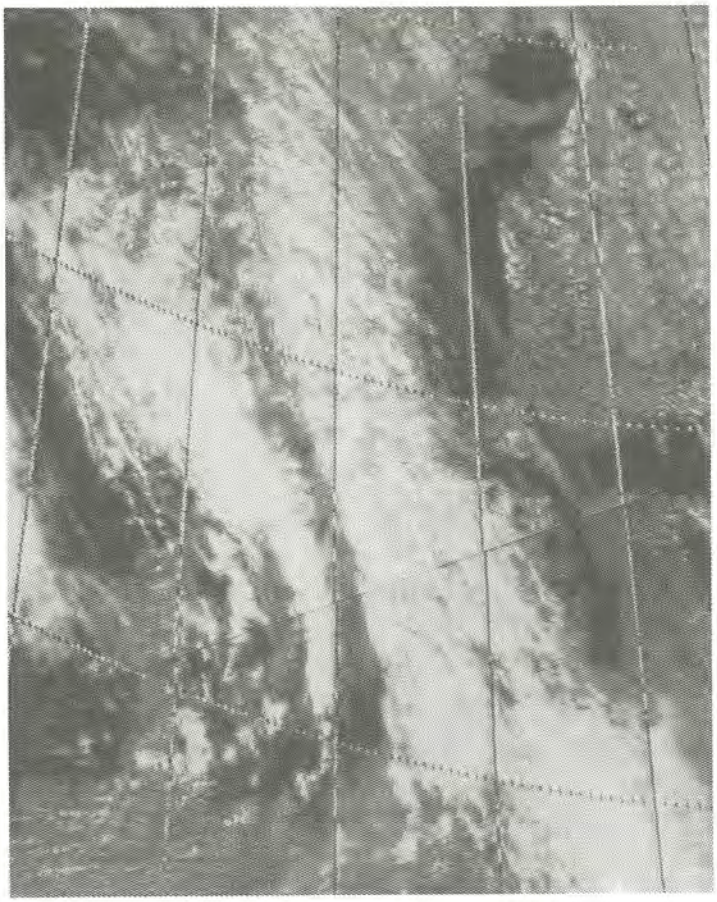
Prognoserade index

De prognoserade stabilitetsindexen av K och TM tas fram med hjälp av ECMWF:s prognosfält för temperatur och fuktighet, där endast standardnivåerna 1000, 850, 700, 500 och 300 hPa används vid beräkningarna. Indexen presenteras sedan i form av isolinjer på en Skandinavienkarta (figur 11).

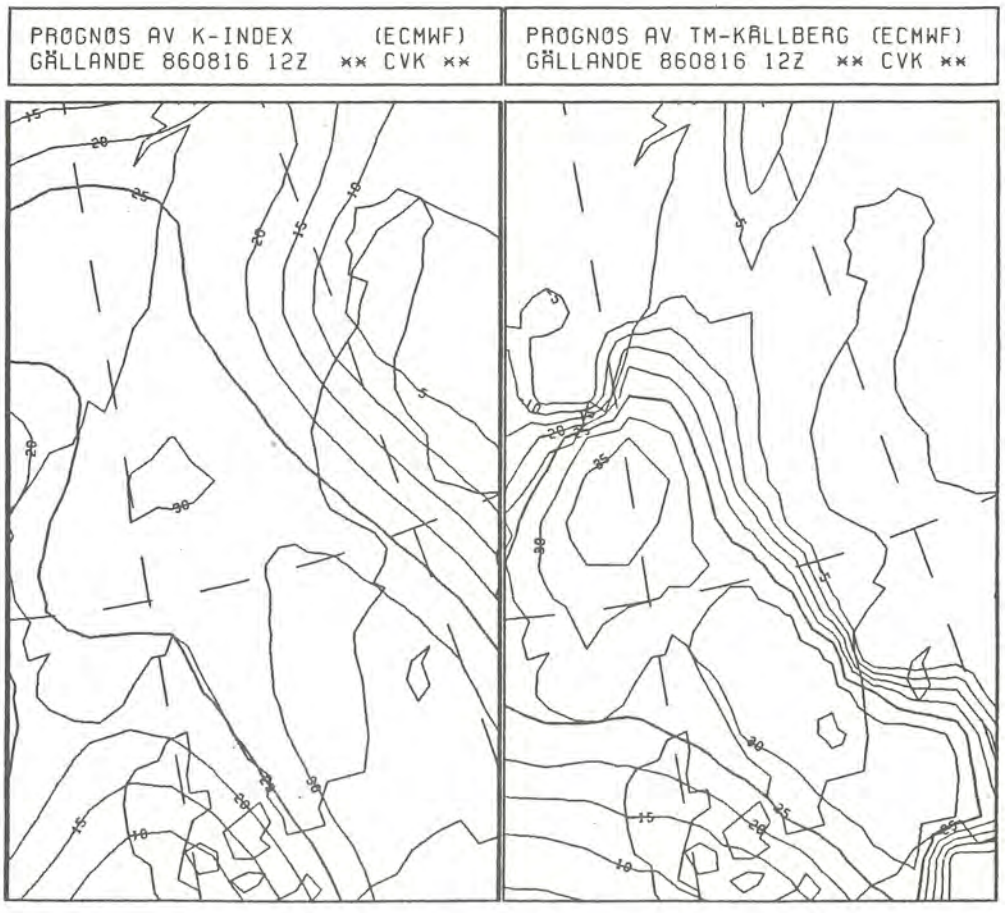
Någon objektiv utvärdering av Kprog och TMprog har inte utförts p g a bristande rådata. Däremot har en del kvalitativa drag fastställts, men innan vi redogör för dessa ska vi åter betrakta vädersituationen 16 augusti. Tråget i figur 6 fortsätter under efternatten och dagen vidare österut samtidigt som det amplifieras betydligt. 12 UTC är trågaxeln orienterad från Oslo till Smygehuk och på satellitbilden från 12.05 UTC figur 10, framträder tråget tydligt i molnfigurationen, som ett kommaliknande moln. Åska förekommer allmänt i kommasvansen från Skåne till sydvästra Värmland. (Not. Blixtdata saknas efter 07 UTC p g a fel på telelinjerna till ett par detekteringsstationer och redovisas därför inte).

Om den här typen av tråg är väl beskrivna i ECMWF-prognosen är de prognoserade indexen mycket informativa. I fig 11 ges Kprog och TMprog och vid jämförelse med satellitbilden framgår att konvektionsstrukturen är bra återgiven, även om fashastigheten är något för snabb. En karakteristisk skillnad mellan Kprog och TMprog, som hänger samman med de olika beräkningssätten framgår också i figur 11, där K-prog är mer utslätad än TMprog och inte lika skarpt avgränsar områden med åska från områden utan. I det valda exemplet har annars indexen ett snarlikt mönster och det är endast vid ett fåtal tillfällen som större diskrepanser förekommer i den storstilade konfigurationen.

I det här sammanhanget bör även tilläggas att TMprog har avsevärt högre molntoppsvärden än det diagnoserade TM-värdet beroende på att molnberäkningen bara görs för s k small clouds (stor entrainment). Andra indexgränser måste därför användas. För Kprog existerar inte någon signifikant nivåskillnad i förhållande till det diagnoserade värdet.



Figur 10. NOAA 7, Ch 2, 860816, 12.05 UTC.



Figur 11. Prognos av K-index och TM gällande 860816 12 UTC.

En detalj som ofta återkommer och därför överprognoseras, är att båda indexen ger för höga åskriskvärden över framförallt södra Norge. Detta hänger delvis samman med den dåliga fuktighetsbeskrivningen i den numeriska modellen, vilket i synnerhet påverkar indexvärdena över högre terräng. Speciellt märkbart är detta vid passagen av omfattande stratiforma molnsystem (hög relativ fuktighet i låga och medelhöga nivåer), men även i mer skurbetonade väder-situationer tenderar åskrisken att överprognoseras över södra Norge.

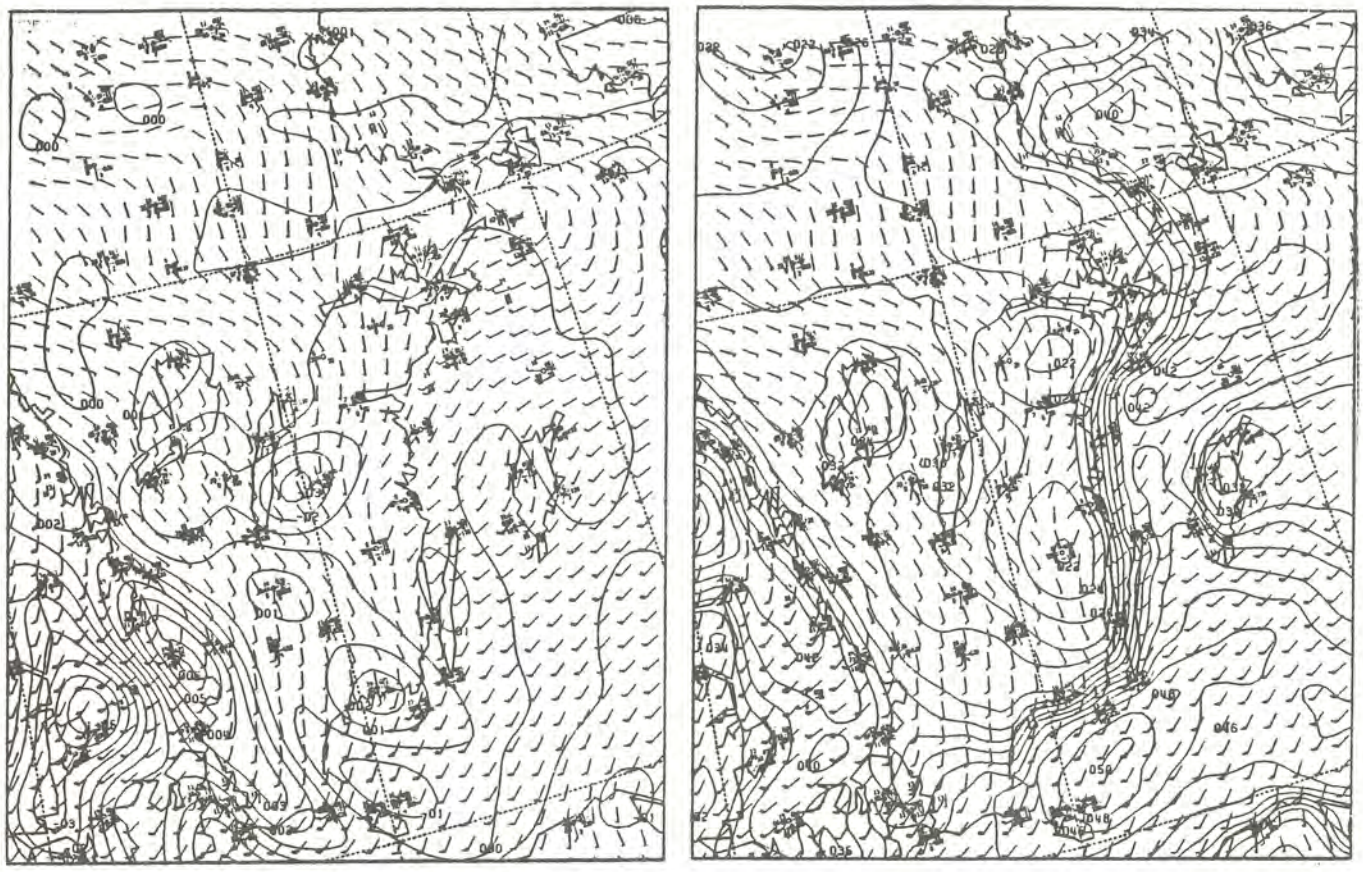
Ett annat problem som är svårare att komma runt är det faktum att konvektionen är parametriserad i en numerisk modell och att den beräkningsdata som ligger till grund för indexen därför har modifierats i samband med att konvektion har utlösts i modellen. Betydelsen av den stabilisering som därigenom sker är svårbedömd, men troligen har den en relativt liten effekt på de prognoserade indexens kvalitativa användbarhet.

Trots de diskuterade bristerna visar utvärderingen för juli månad att indexen ändå ger en god bild av konvektionsutveckligen under dagen. Även prognosutskrifterna för nästa dag är kvalitativt användbara. Det prognoserade TM:s styrka är att det i omfattande lågtrycksområden skiljer ut regioner med kraftiga skurar/åska från områden utan. Småskaliga passerande tråg av den typ som existerade 16 augusti fångas också bra av indexet. Vid utvärderingen av K-index jämfördes det prognoserade värdet direkt med motsvarande diagnoserade. Spridningen av värden var stor, men noteras kunde att Kprog klarar klasserna A och D (se L-G Nilssons undersökning (1980)) ganska bra. Däremot är båda indexen dåliga när det gäller att prognosera mer lokalt betonad luftmasseåska, vilket beror på att den numeriska modellen här ger en alltför utslätad temperatur- och fuktighetsprofil.

ÖVRIGA PROGNOSHJÄLPMEDEL

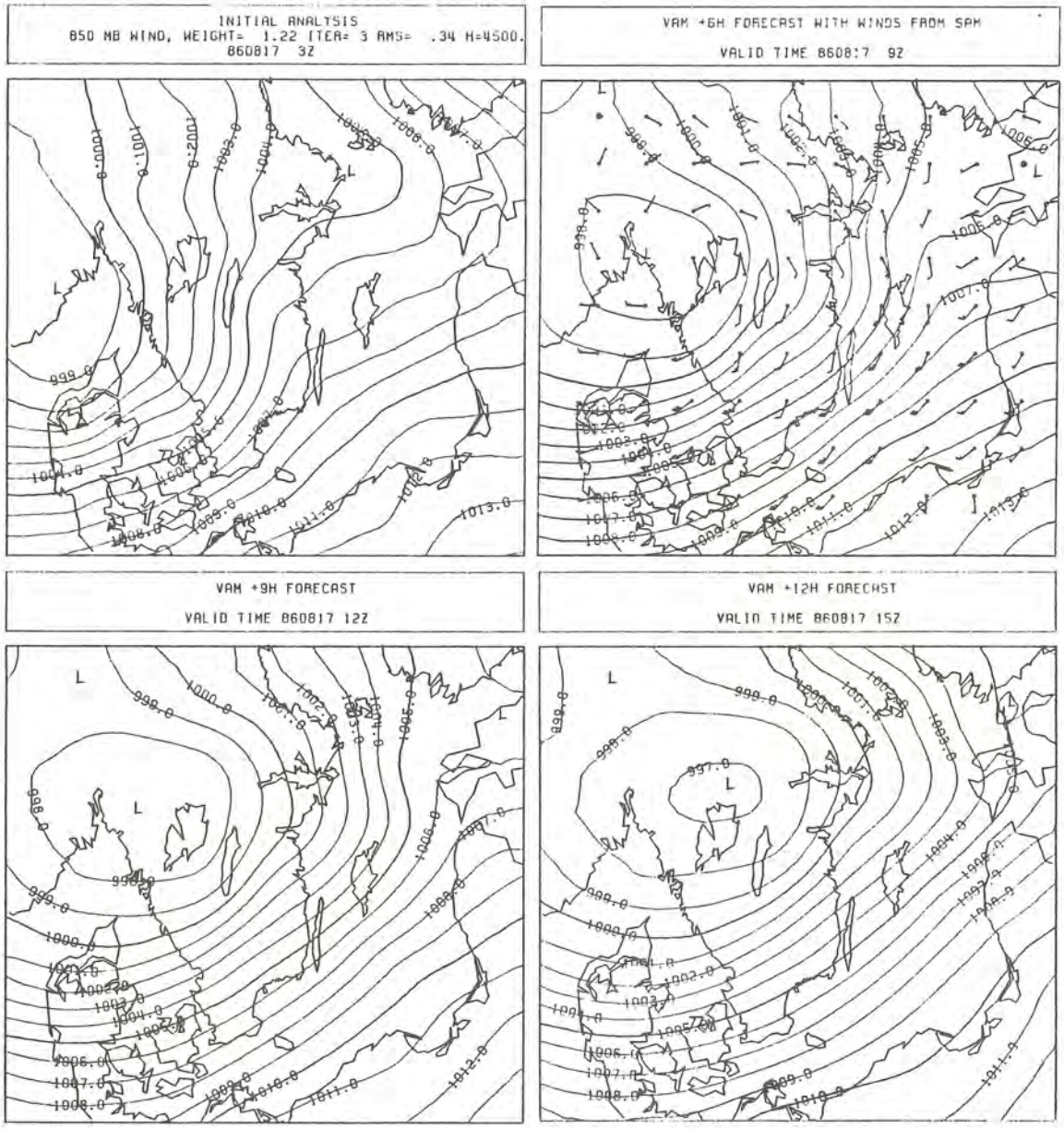
Förutom stabilitetsindex har meteorologen haft tillgång till Danards modell (se t ex Fredriksson m fl 1984), 03 UTC-analysen med vindfält kombinerat med endera konvergens/divergensfält (figur 12a) eller Θae (tillgänglig fuktighet vid marken) (figur 12b). Danards modell har även använts till att tolka VAM-prognosens tryckfält (Gollvik m fl 1986) gällande 12 UTC till horisontell vind och vertikalvindsfält. Dessutom har tryckfältsprognosen från VAM 03 UTC + 6, 9 och 12h (figur 13) varit tillgänglig. Till dessa hjälpmedel tillkommer naturligtvis också användningen av radar och satellitinformation.

Till skillnad från indexen, vilka ger en grov bild av labiliteten används ovan nämnda hjälpmedel till att finjustera prognosen med hänsyn tagen till lokala effekter och utlösande faktorer.
En lämplig kombination av olika parametrar (hög fuktighet, konvergensområden, molnfria områden m m) för skilda åsktyper är nödvändig, men för att erhålla relevanta samband mellan parametrar och åskrisk krävs omfattande studier av ett stort antal åsksituationer. Högupplöst blixtdata utgör där ett viktigt facit, men som framgått har sommarens material varit bristfälligt och någon noggrann undersökning har inte kunnat göras. Vi ska därför här bara kort diskutera några erfarenheter av hjälpmedlen, bl a mot bakgrund av den enkät med frågor om arbetsmetodik, prognoshjälpmedel etc som har delats ut till de meteorologer som deltog i åskvarningsprojektet.



Figur 12. Danards modell a) horisontell vind och vertikalvindsfält b) vindfält och Θae.

Av enkätsvaren framgår att de flesta anser att Danards modell, såväl analys som prognostolkning utgjorde ett dåligt hjälpmedel. Orsaken till detta svar kan vara flera. För åskriskbedömningen under dagen är de diagnoserade vertikalvindarna på 03 UTC-analysen av mindre värde, eftersom de främst speglar orografins och friktionens inflytande. Uppvärmning/avkylning spelar vid denna tidpunkt en underordnad roll. Däremot är själva vindfältet som sådant användbart som indikering på vilka genereringsområden av skurar/åska (S Nilsson, 1986) som kan aktiveras om strömningsmönstret förblir kvasistationärt under dagen. Ovanan med att använda Θae som analysparameter kan också ha inverkat på enkätsvaren. Intrycket är annars den att Θae i princip mest har visat på vad som är land och hav. Gradientskillnader i fuktighet har dock beskrivits acceptabelt med denna parameter. Prognostolkningen med hjälp av Danards modell, där LAM-modellens 2 m:s temperatur är en ingångsparameter, har inte heller på ett tillfredsställande sätt simulerat den mesoskaliga cirkulationen, typ sjöbris. Detta beror dels på Danard-modellens alltför dåliga upplösning (ca 22 km) för området södra Sverige, dels på att inte tillräckligt stora temperaturkontraster skapas mellan land- hav/insjöar (i regel för låga T-värden från LAM). Däremot är åter den mer storskaliga strömningsbilden användbar om VAM-modellens prognos är korrekt.



Figur 13. VAM, tryckfältsanalys samt 6, 9 och 12h prognos.

I enkäten kom också fram att tilltron till enbart VAM-prognosen var högre. Speciellt småskaliga och i huvudsak barotropa tråg advekteras med bra detaljskärpa av modellen och den ger i de fallen en god bild över var risken är störst att kraftigare konvektion ska utvecklas. Då dessutom tidsupplösningen är god är modellen ett användbart hjälpmedel. Prognoserna från VAM måste dock vid baroklina utvecklingar eller när utvecklingen är på väg mot ett mer kvasistationärt tillstånd jämföras noga mot de prognoser som de storskaliga numeriska modellerna ger. Nästkommande VAM-modell (för närvarande under uttest) kommer emellertid att ta hänsyn till även mer baroklina effekter.

ASPEKTER PÅ FÖRÄNDRINGAR AV NUVARANDE PROGNOSHJÄLPMEDEL OCH PÅ NYA HJÄLPMEDEL

Undersökningen av stabilitetsindexen har visat att både K och KO är nödvändiga medan framförallt CAPE och EI kan utgå. Inte heller TM fungerar idag tillfredsställande som index, men här existerar en utvecklingspotential. Det behövs således en översyn av diagnosen där bl a de parametriserade, bromsande effekterna på uppvindarna studeras vidare. Tillsvidare utgör dock införandet av ytterligare molnberäkningar vid en stegvis temperaturhöjning vid marken och genom att häva luften närmast marken i steg av t ex 300 m (båda beräkningarna presenteras i diagramform) en betydande förbättring av diagnosen. I samband med det måste även undersökas vilka effekter som ytterligare molnberäkningar har på att modifiera skiktningskurvan ovanför den ursprungliga kondensationsnivån i och med antagandet om ett ökat vertikalt värmeflöde.

Tempdiagnosen är givetvis fullt utvecklad ett av de mest användbara verktygen, men eftersom TM i nuläget inte tillfredsställande fångar den potentiella instabiliteten behövs ytterligare något integrerat index. Ett energiindex som verkar lovande har beskrivits av Stone (1984). Indexberäkningen startar med att i de lägsta 150 hPa av sonderingen välja ut en nivå med det högsta Θw-värdet. Att detta luftpaket väljs beror på att det vanligtvis är mest instabilt med avseende på vertikalförflyttningar. Energiindexet, här kallat EI2 beräknas sedan enligt

$$EI_2 = - Rd \int_{PMAX}^{400} (Tp - Te)\, d\,(\ln p)$$

där Rd = gaskonstanten för torr luft
Tp = luftpaketets temperatur anpassad efter entrainment
Te = omgivningens temperatur
PMAX = den nivå där Θw är högst i de lägsta 150 hPa av sonderingen

Fördelen med EI2 jämfört med TM och EI är att EI2 inte är lika känslig för inversioner (även små) strax ovanför kondensationsnivån. Stone (1986) har också visat att EI2, är mer konsekvent än de specialiserade indexen och att indexet inte lika ofta är missledande. Graden av entrainment och den övre gränsen för integrationen (optimalt aktuell jämviktsnivå) behöver troligen anpassas till svenska sommarförhållanden.

När det gäller ändringar i det övriga utbudet av diagnos/prognoshjälpmedel kan Danards vertikalvindstolkning av 03 UTC analysen utgå liksom hela 12 UTC prognosen (se föregående avsnitt). Istället för Θae införs analys av daggpunkten, Td, vilket kommer att underlätta meteorologens tolkning. Dynamiskt betydelsefulla fuktighetsgradienter framträder dessutom ungefär lika bra i ett Td-analyserat fält.

Uppföljningen av åskriskprognosen under förmiddagen (kl 10.00) måste också utökas och förbättras och morgonprognosen ytterligare förfinas. För att en uppföljning vid denna tidpunkt ska vara meningsfull krävs ett förbättrat arbetsunderlag och längre fram även tillgång till multispektralt klassad satellitinformation (PROSAT). Det måste således finnas tillgängligt en aktuell vindtolkning (06 UTC) samt en analys av Td eller alternativt $T_{d,06UTC} - T_{d,03UTC}$. Dessutom behövs en uppdaterad VAM-prognos 06UTC + 6, 9 och 12h. Samtliga VAM-prognoser bör också kompletteras med dynamiskt/(termodynamiskt) tolkade vertikalvindsfält enligt Danards modell.

Förutom de prognoserade indexen har liten uppmärksamhet riktats mot möjligheten att bättre utnyttja det numeriska materialet till åskriskbedömningar. En utskrift som går att erhålla är uppgiften om enbart konvektiv nederbörd. Från de numeriska modellerna kan man också erhålla en uppförstorad och mer detaljrik bild av temperatur- och virveladvektion. Därigenom går inte subtiliteter i sommarsäsongens meteorologiska fält förlorade.

Slutligen är det viktigt att poängtera att en noggrann uppföljning av indexen är nödvändig under de kommande åren. En utvidgad undersökning av korskorrelationer mellan olika index kan ge värdefull information. T ex är i det undersökta materialet åskrisken noll om K är mindre än 19 samtidigt som KO är större än 5. Eventuellt behövs även regressionsanalyser för att bestämma den kombination av parametrar som minimerar variansen i prognosfelet . Med bättre tillgång på blixtdata kan också verifikationsområdets storlek anpassas så att det stämmer överens med den definition som används vid åskriskprognoserna. Indexen bör även korreleras mot tidsintegrerad konvektionsintensitet från radar. Vissa index kan förväntas visa upp ett optimalt värde för maximal konvektiv aktivitet medan andra har en enkel positiv korrelation. För att ytterligare fastställa olika egenskaper hos indexen kan jämförelser också göras mot skilda reflektivitetsnivåer.

REFERENSER

Fredriksson, U., Kvick, T., Törnevik, H., och Olsson, E., 1984: Vindförhållandena i Sveriges kust- och havsområden. SMHI, rapport 19.

Gollvik, S., Olsson, E., Peterson, E., Robertson, L., och Sallin, I., 1986: Vorticity Advection Model. SMHI, Promis Reports, nr 4.

Ivarsson, K-I., 1982: Allmänt om verifikation av prognoser. Meddelande nr 1 till VBV:s och VBVe:s meteorologer. SMHI.

Källberg, P., 1975: Meteorologisk int, SMHI serie B, nr 1.

Källberg, P., 1976: Meteorologisk int, SMHI serie B, nr 2

Mason, B.J., 1971: The physics of clouds (Second Edition) Clarendon Press, Oxford. 671 p.

Nilsson, L-G., 1980: Meddelande nr 4 till VBV:s meteorologer. SMHI.

Nilsson, S., 1981: Utvärdering av Källbergs konvektionsberäkningar SMHI, Specialundersökning, nr 46.

Nilsson, S., 1986: Konvektionens organisation inom PROMIS-600. området och dess närhet, sommaren 1985. SMHI, Promis-notiser, nr 11

Stone,H.,1984: The energy index for stability. Preprints 10th conference weather forecasting and analysis. Clearwater Beach, FLA, 550-554. American Meteorological Society.

Stone, H., 1986: A comparison among various thermodynamic predictors of convection. Preprints 11th conference weather forecasting and analysis. Kansas City, Mo, 241-246. American Meteorological Society.

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