

rapport van de  
**Projectgroep Beslissystemen**

D. Blaauboer, C. J. Blom, H. J. Hemink, P. W. Rosier

en J. M. Terpstra

technische rapporten TR-nr 97

Rapport van de Projectgroep Beslissystemen  
bevattende adviezen en aanbevelingen voor de  
keuze van een beslissysteem in de operationele  
weerdiensten van het KNMI, alsmede voorlopige  
definities van vervolgprojecten.

KNMI, de Bilt/Schiphol, mei 1987

INHOUD	2
0. SAMENVATTING	3
1. INLEIDING	5
1.1 Opdrachtgever	5
1.2 Motivatie	5
1.3 Doelstelling/taakstelling	5
1.4 Termijn	5
1.5 Samenstelling van de projectgroep	5
2. WERKWIJZE	6
3. ACTIVITEITEN	7
3.1 Algemeen	7
3.2 Beslissystemen	7
3.2.1 Beslissingsbomen	7
3.2.2 Expert systems	9
3.3 Mist	13
4. ADVIEZEN EN AANBEVELINGEN	15
4.1 Inleiding	15
4.2 Algemeen	15
4.3 Pilot project MIVOS	17
4.3.1 Functioneel ontwerp	17
4.3.1.1 Configuratie	17
4.3.1.2 Schematisch overzicht	18
4.3.2 Relaties met andere projecten	21
4.3.3 Tijdplanning	22
4.3.4 Personeel en financiën	22
4.3.4.1 Personeel	22
4.3.4.2 Financiën	23
4.4 Vervolg projecten	23
4.4.1 Werkwijze	23
4.4.2 Tijdplanning	24
4.5 Project MES	24
4.5.1 Inleiding	24
4.5.2 Werkwijze	25
4.5.3 Tijdplanning	26
4.5.4 Personeel en financiën	27
5. LITERATUUR	28
6. APPENDICES	
6.1 Expert systems (volgt)	
6.2 Overzicht symbolische programmeer omgevingen van TI	
6.3 Verslagen	
6.3.1 NLR	
6.3.2 CWI	
6.3.3 Wenen	
6.3.4 Brest	
6.3.5 Antwerpen (volgt)	

## 0. SAMENVATTING

In opdracht van de stuurgroep Ontwikkeling heeft de projectgroep Beslissystemen, een oriënterend onderzoek verricht naar de mogelijkheden van verschillende beslissystemen voor de operationele weerdiensten van het KNMI. In dit rapport wordt verslag gedaan van de bevindingen, adviezen uitgebracht betreffende de keuze van een beslissysteem, aanbevelingen gedaan voor het starten van vervolgprojecten en suggesties voor aanvullende opleidingen. In het kort kunnen deze adviezen en aanbevelingen als volgt weergegeven worden.

- Te kiezen beslissysteem.

Voor de korte termijn: beslissingsbomen.

Voor de lange termijn: mogelijk expert systems.

- Te starten projecten.

\* Pilot project MIVOS (mist voorspel systeem), zo spoedig mogelijk te starten.

Consequenties voor begroting '87:

Aanschaf 2 PC AT's + standaard software: ca f 22k, in eigen beheer.

\* Vervolg projecten: vanaf '88 ieder jaar ca 2 projecten te starten, zodat eind '90 een volledig net van beslissingsbomen operationeel kan zijn.

Consequenties voor begroting '87: geen, daarna: moet nog bekeken worden.

\* Onderzoeksproject MES (meteorologisch expert system), zo spoedig mogelijk op te starten, maar op de korte termijn waarschijnlijk zonder operationele gevolgen.

Consequenties voor begroting '87:

Optie 1 (meteen beginnen met een uitgebreid systeem):  
aanschaf krachtige expert system shell + toereikende hardware (micro VAX o.i.d.): ca f 25k + f 100k = ca f 125k.  
P.M.: inhuren van een epistemoloog ("kenniskundige") i.v.m. met te voorziene problemen met kennisrepresentatie, evt. zelf volgen van cursus op dit gebied.

Optie 2 (= optie 1 voorafgegaan door een studiereis naar de V.S.): kosten studiereis, andere kosten worden doorgeschoven naar begroting '88.

Optie 3 (verdere orientatie d.m.v. experimenteren met een eenvoudige expert system shell op een PC AT, in een later stadium eventueel overgaand in optie 1): aanschaf PC AT + eenvoudige expert system shell: f 10k + ca f 5k = ca f 15k. De benodigde PC AT kan voorlopig gedeeld worden met andere gebruikers.

De voorkeur van de projectgroep gaat voorlopig uit naar

optie 3. Afhankelijk van de resultaten van dit project kan wel of niet besloten worden tot operationele invoering. Dit wordt evenwel niet voor 1995 voorzien.

- Opleidingen.

- \* Cursus inleiding tot de informatica en het gebruik van computers voor alle meteorologen. Motivatie: i.v.m. een steeds verder oprukken van de computer in de operationele weerdienst is het belangrijk om te weten wat de mogelijkheden van computers zijn.
- \* Cursus intelligente programmeertalen (LISP, PROLOG etc.) voor enkele programmeurs.  
Motivatie: bij het onderzoeksproject MES is software aanpassing waarschijnlijk onontbeerlijk.
- \* Cursus knowledge engineering voor een bedrijfsingenieur.  
Motivatie: het is noodzakelijk om hiervan iets af te weten als je een expert system gaat bouwen. De bedrijfsingenieur zal moeten functioneren als medium tussen expert en programmeur.

## 1. INLEIDING

### 1.1 Opdrachtgever

Dit project werd uitgevoerd in opdracht van de stuurgroep produktieproces (later sg Ontwikkeling) als onderdeel van het hoofdproject interactieve produktielijn.

### 1.2 Motivatie

Onvoldoende beslissingsprocedures in de huidige operationele weerdiensten, waardoor er te weinig eenduidigheid bestaat in het gebruik van hulpmiddelen en methodieken, met als gevolg dat consistentie en kwaliteit van het eindprodukt soms te wensen over laten. Verkrijgen van beter inzicht waar opleiding en onderzoek nodig zijn.

### 1.3 Taakomschrijving

1. Onderzoeken hoe verschillende soorten beslissystemen (expert systems, beslissingsbomen) in onze situatie kunnen worden toegepast en wat de implicaties zijn voor invoering daarvan (in het bijzonder een schatting van de nodige inzet van mensen).
2. Het definiëren van een pilot-project voor een type verwachtingen met een beperkt aantal te voorspellen grootheden.
3. Het globaal definiëren van andere projecten die in het kader van beslissystemen zouden moeten worden gestart, met aanbevelingen over de fasering.

### 1.4 Termijn

De projectgroep werd 20 november 1986 ingesteld met de opdracht dat op 1 april 1987 het eindrapport zou worden afgeleverd. Deze termijn is dus met ca 1 maand overschreden.

### 1.5 Samenstelling van de projectgroep

De projectgroep telde vijf leden: Kees Blom, Jan Hemink (beide wachtmeteoroloog Schiphol), Piet Rosier (hoofdmeteoroloog de Bilt), Jan Terpstra en Dick Blaauboer (beide bedrijfsingenieur de Bilt). Laatstgenoemde trad op als voorzitter van de projectgroep.

## 2. WERKWIJZE

In onze werkwijze zijn we ervanuit gegaan dat de opdracht van de projectgroep tweeledig was:

1. Vind een beslissysteem dat geschikt is om op korte termijn in te zetten in de operationele weerdiensten,
2. Indien een passend beslissysteem gevonden is, definieer dan een pilot project dat met onmiddellijke ingang gestart kan worden en naar welks voorbeeld, zodra het pilot project operationeel is, vervolg projecten gedefinieerd kunnen worden. Kies hierbij een meteorologische grootheid die een dergelijk project rechtvaardigt. Op grond van dit laatste is als onderwerp voor het pilot project het verschijnsel "mist" gekozen.

Door de combinatie van beperkte tijd en een onbekendheid op het KNMI met beslissystemen (met name expert systems), waren we gedwongen aan bovengenoemde punten tegelijkertijd te werken. Dit bleek geen ernstig nadeel, omdat de inventarisatie van beschikbare gegevens, kennis en (heuristische) methoden onafhankelijk van het te gebruiken beslissysteem kan gebeuren. In veel van onze activiteiten kwam deze parallelle werkwijze dan ook tot uiting en pas in een laat stadium is de keuze voor een bepaald beslissysteem gemaakt.

In hoofdstuk 3 wordt ingegaan op onze activiteiten van de afgelopen maanden. Na een algemene inleiding wordt een vergelijking gemaakt tussen twee beslissystemen, nl. beslissingsbomen en expert systems. Vooral op deze laatste wordt wat nader ingegaan. In hoofdstuk 4 komen de conclusies en aanbevelingen aan de orde, hoofdstuk 5 geeft een lijst van referenties, waarna in hoofdstuk 6 de appendices zijn verzameld.

### 3. ACTIVITEITEN

#### 3.1 Algemeen

Om de in de inleiding gestelde doelstelling te bereiken werden de volgende activiteiten ontplooid. In haar bestaan kwam de projectgroep 6 maal in vergadering bijeen. De overige activiteiten van de projectgroep omvatten:

- literatuurstudie,
- gesprekken met interne deskundigen,
- inventarisatie van beslissystemen in gebruik bij buitenlandse weerdiensten,
- bezoek aan het Centrum voor Wiskunde en Informatica (CWI),
- bezoek aan het Nationaal Laboratorium voor Lucht- en Ruimtevaart (NLR),
- bezoek aan de Oostenrijkse centrale weerdienst en luchthaven-meteo te Wenen,
- bezoek aan de onderzoeksafdeling maritieme meteorologie van het Franse nationale meteorologische instituut en aan de luchthaven-meteo, beide te Brest,
- volgen van een cursus "expert systemen" te Antwerpen.

In totaal werden elf buitenlandse weerdiensten (tien Europese en die van de V.S.) aangeschreven met de vraag watvoor beslissysteem er operationeel in gebruik was. Van acht werd een reactie ontvangen, vijf hiervan hadden geen operationeel beslissysteem. De overige komen aan bod in 3.2.

Voor een uitgebreide verslaglegging van de diverse bezoeken en de cursus "expert systemen" verwijzen we naar de appendices 6.3 en ref. 20, 21. Een uitgebreide behandeling van het onderwerp expert systems staat in appendix 6.1. In de volgende twee paragrafen beperken we ons tot een vergelijking tussen twee beslissystemen en een samenvatting van onze inhoudelijke overwegingen t.a.v. het onderwerp "mist".

#### 3.2 Beslissystemen

##### 3.2.1 Beslissingsbomen.

Definitie: een beslissingsboom is een structuur van lijnen waarin op de vertakkingspunten vragen gesteld worden waarop een beperkt aantal concrete antwoorden mogelijk is, meestal alleen ja of nee. Deze antwoorden worden door de gebruiker gegeven, zijn het resultaat van berekeningen of zijn al als data beschikbaar.

In het geval van een meteorologische beslissingsboom denken we aan een interactief computerprogramma dat lokaal gedraaid wordt en dat toegang heeft tot een databank waarin naast waarnemingsgegevens ook NWP produkten zijn opgeslagen. Voorts zijn er lokaal een aantal procedures beschikbaar voor eenvoudige berekeningen en het runnen van eenvoudige modellen. Meteorologische beslissingsbomen kunnen voorspelelement gericht zijn, bijv. voor het voorspellen van het ontstaan en verdwijnen van mist, maar ook uitgangssituatie gericht, bijv. het systeem



van de Oostenrijkse weerdienst dat uitgaat van fenomenen op satellietfoto's (zie ref. 1 en appendix 6.3.3, vergelijk ook forward en backward chaining bij expert systems, appendix 6.1). In het eerste geval moeten dwarsverbindingen tussen beslissingsbomen voor verschillende elementen gelegd worden vanwege de onderlinge afhankelijkheid van de verschillende voorspelelementen. Beslissingsbomen kunnen worden geschreven in een conventionele programmeertaal zoals Fortran, Pascal enz. De structuur van een beslissingsboom vormt een vast onderdeel van het programma. Dit betekent dat de procedures op de knooppunten van de boom weliswaar als losse modules te beschouwen zijn en dus gemakkelijk te vervangen, maar de structuur als zodanig vast ligt.

Naast genoemd voorbeeld van de Oostenrijkse weerdienst vinden we o.a. meteorologische beslissingsbomen voor het bepalen van neerslagintensiteiten uit satellietfoto's (ref. 2), kans op foehn in Zwitserland (ref. 3), waarschuwingsprocedure in Kopenhagen in geval van breakdown van een nabij gelegen kerncentrale in Zweden (zie fig. 1). Ref. 9 geeft de eerste overwegingen over beslissingsbomen op het KNMI.

DECISION TREE FOR CHOICE OF PAGE IN WARNING CATALOGUE

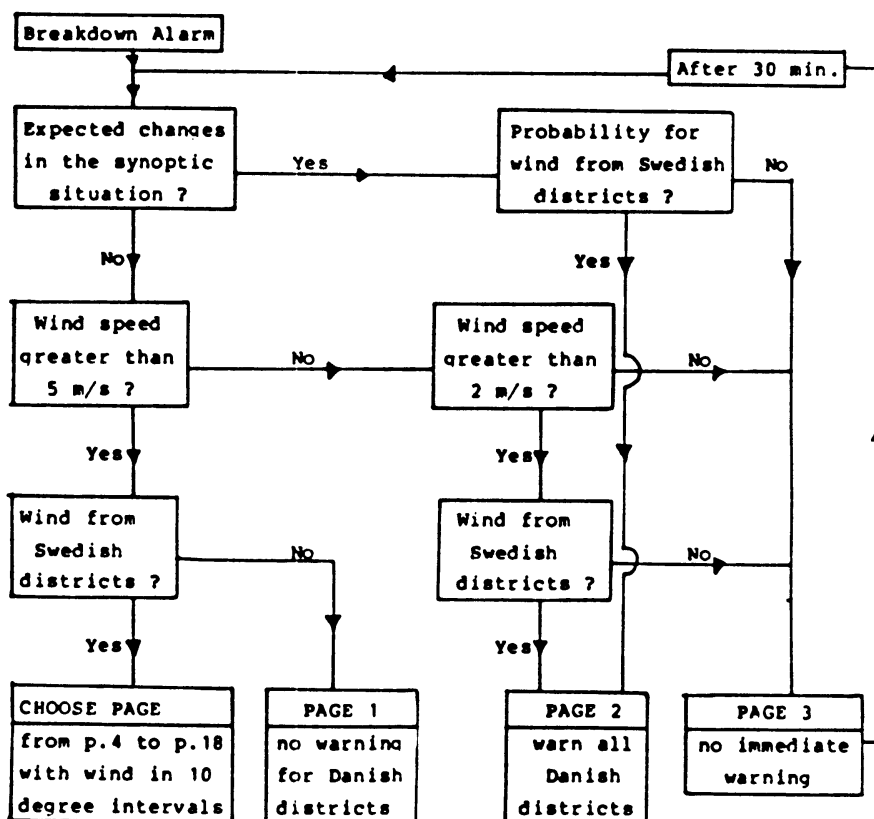


Fig. 1 Deense beslissingsboom bij breakdown van kerncentrale Barsebaek, Zweden

### 3.2.2 Expert systems

Expert systems vormen een toepassingsgebied van het uitgebreide domein van de kunstmatige intelligentie (AI= artificial intelligence).

Wat is AI (onderzoek) ? Enkele definities:

"The study of ideas that enable computers to be intelligent" (P.H. Winston),

"The study of how to make computers do things at which, at the moment, people are better" (E. Rich),

"Searching to build computer programs that undertake tasks which, if done by people, would be described as requiring intelligence" (W.J. Block),

"Just another way of programming" (I. Bolssens).

Let op het transitieve karakter van sommige van deze definities.

Het eerste onderzoek op het gebied van expert systems startte begin jaren 70 op Stanford University. Edward Feigenbaum en Alan Newell ontwikkelden daar een expert system, Dendral genaamd, dat helpt bij de bepaling van de molecuulstructuur uit massa-spectroscopie. Kort hierna werd het Mycin project gestart. Dit is een medisch expert system voor het diagnostiseren van bepaalde infectie ziekten. Voor een uitgebreid historisch overzicht wordt verwezen naar ref. 4, ref. 5 en appendix 6.1.

Sinds de ontwikkeling van deze systemen is een lawine van nieuwe systemen ontstaan, die gedeeltelijk van deze eerste zijn afgeleid, maar waarin ook steeds nieuwe elementen opduiken. Wat is eigenlijk een expert system ? Feigenbaum beschrijft een expert system als een "intelligent" computer programma dat kennis en inferentie procedures gebruikt om problemen op te lossen die significante menselijke expertise vereisen voor hun oplossing. Een inferentie procedure is een voorschrift op welke wijze de kennis in het kennisbestand (knowledge base) gebruikt moet worden om deze kennis uit te breiden. De kennis die nodig is om op dit niveau te presteren samen met de gebruikte inferentie procedures kunnen beschouwd worden als een model van de expertise van de beste praktijk deskundigen op het onderhavige vakgebied.

Hoe is een expert system opgebouwd ?

Ten eerste is er een gewone database waarin bekende feiten zijn opgeslagen (bijv. waarden van parameters). Daarnaast is er een zo geheten knowledge base. In een expert system programma wordt de inhoud hiervan ook als data beschouwd. Er zijn verschillende manieren om deze kennis op te slaan, waarvan de bekendste de zo geheten produktie regels zijn. Ze hebben de vorm van "if [condition] then [action]" statements. Het is de meest gebruikte vorm van kennis representatie. Systemen die zo zijn gebouwd heten ook wel

produktie systemen. Vervolgens hebben we de inference engine. Hierin wordt de beschikbare kennis, afhankelijk van de user input, volgens bepaald voorschrift gebruikt om deze kennis te vergroten en uiteindelijk tot de oplossing van een probleem te komen. De communicatie met de gebruiker loopt via de user interface. Het systeem kan om bepaalde informatie vragen en de gebruiker kan deze, indien bekend, geven. Voor een uitgebreide toelichting wordt verwezen naar appendix 6.1, zie ook fig. 2.

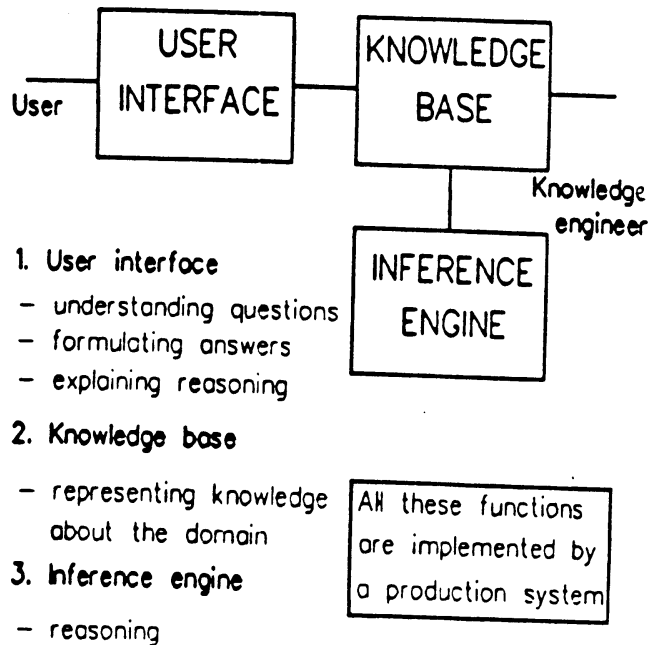


Fig. 2 Schema expert system

Enkele belangrijke verschillen tussen expert systems en beslissingsbomen.

- kennis is in een expert system data; hierdoor kan eenvoudig kennis toegevoegd of veranderd worden zonder de programma-structuur te wijzigen. Het gedrag van een expert system kan hierdoor wel sterk beïnvloed worden. Bij beslissingsbomen zit de kennis in het programma verstopt;
- een "leeg" expert system, d.w.z. een expert system zonder domein kennis, ook wel shell genaamd, wordt doorgaans geschreven in een symbolische taal, bijv. LISP of PROLOG. Dit stelt eisen aan de te gebruiken hardware. Programmeren in een conventionele taal is lastig en tijdrovend. Een beslissingsboom stelt weinig eisen aan de hardware;
- als het gaat om produktie systemen zijn expert systems in principe eenvoudig te bouwen. Alle produktie regels worden op een hoop gegooid en het inferentie mechanisme

zorgt voor een juiste toepassing. De problemen zitten in de kennis extractie (ofwel hoe de kennis aan de expert te ontfutselen) en de afbakening van het domein. Ook de keuze van inferentie mechanismen kan problemen geven. Beslissingsbomen zijn meer recht toe recht aan, maar ook minder flexibel;

- expert systems bieden de mogelijkheid om met onzekerheden te werken: aan de produktie regels kan een bepaalde waarschijnlijkheid worden toegevoegd, evenals aan de feiten. Er kan een rekenvoorschrift gegeven worden om deze waarschijnlijkheden door te rekenen tot het eind resultaat. Bij beslissingsbomen gaat dit niet;
- bij expert systems kan gemakkelijker dan bij beslissingsbomen met redundancy gewerkt worden: verschillende regels voor dezelfde actie zijn toegestaan;
- op eenvoudige wijze kan een expert system uitleg geven waarom het tot een bepaalde conclusie komt. Bij beslissingsbomen is dit moeilijk te programmeren;

We kunnen zeggen dat expert systems potentieel tot meer in staat zijn dan beslissingsbomen. Hierdoor zal men aan expert systems ook hogere eisen stellen en de mate waarin hieraan zal worden voldaan is bij voorbaat nog allerminst duidelijk. De ontwikkeling is nog in volle gang. Operationele systemen zijn er nog niet veel, hoewel het aantal snel groeit. Voorbeelden zijn Dendral (zie boven), Mycin (zie boven), Prospector (identificatie van ertslagen), Hearsay (spraak herkenning), R1 (configuratie van VAX computers). Binnen de meteorologie is het aantal operationele systemen voor zover we hebben kunnen nagaan nog heel klein. Voorbeelden zijn:

- NWS model voor het voorspellen van zware buien, een "lerend" systeem, maar toch meer een algoritme dan een expert system (ref. 6);
- CSIS, Centralized Storm Information System, een uitgebreid interactief waarschuwings systeem voor zware buien, in gebruik bij het Amerikaanse National Severe Storm Forecast Center (NSSFC). Ook hier zijn de waarnemingen en standaard meteorologische procedures belangrijker dan de meteorologische heuristiek (ref. 7);
- Fog Forecasting on Frigg Field (4F), semi-operationeel, een eenvoudig produktie systeem voor de voorspelling van mist op een lokatie op zee, werken met onzekerheden is in beperkte mate mogelijk, "pattern directed inference system" (zie appendix 6.3.4);
- Jilin Province system, produktie systemen voor het voorspellen van sterke wind en voor hevige regenval (ref. 8), het lijkt hier meer om een beslissingsboom te gaan dan om een expert system: er wordt niet met onzekerheden gewerkt, de produktie regels staan in een vaste volgorde (in feite de eenvoudigste vorm van inferentie) en hun aantal is nogal gering (22).

Een geheel andere categorie van expert systems is gebaseerd

op memory based reasoning. Stanfill en Waltz (ref. 10) beweren dat intensief gebruik van het geheugen om specifieke episoden uit het verleden in herinnering te roepen veeleer dan produktie regels de basis zou moeten vormen van het redeneren van de computer. Het is duidelijk dat in dit geval geen kennis nodig is, maar alleen heel veel data uit het verleden. Een dergelijk expert system zal alleen op grote computer systemen kunnen draaien. Het systeem is wel automatisch zelflerend, omdat nieuwe gegevens direct worden opgeslagen, iets wat bij "normale" expert systems nog moeilijk te verwezenlijken is.

#### De markt

De markt voor AI systemen is nu nog klein. In 1986 ging er in hardware en software ongeveer 400 miljoen dollar om (ref 11). De laatste tijd gaan software huizen over tot het verkopen van complete expert system shells. Op dit gebied is er steeds meer te koop, variërend van eenvoudige "tool kits" voor PC's tot complete "environments" voor uitgebreide workstations en main frames. Als voorbeeld is een overzicht van Texas Instruments opgenomen (appendix 6.4). Hoewel er steeds meer shells voor PC's beschikbaar komen, zijn de mogelijkheden daarvan nu nog beperkt. Bij meteorologische toepassingen moet men bedenken dat er op den duur verscheidene expert systems ontwikkeld zouden moeten worden, die ook nog met elkaar in verbinding staan. Dit is met de huidige systemen voor PC's niet mogelijk. Op dit moment is ook allerminst zeker dat bij aanschaf van een bepaalde shell, deze uiteindelijk ook voor de gewenste toepassing voldoet. Het kan noodzakelijk blijken dat de shell zelf nog aangepast moet worden en daarvoor is natuurlijk specifieke kennis van het systeem nodig. Een van de moeilijkste problemen bij het ontwikkelen van een expert system is het probleem van de kennis extractie en representatie: het vertalen van expert kennis in machine kennis. De expert zal zelf vaak niet goed in staat zijn onder woorden te brengen waarom hij handelt zoals hij handelt. Vaak is zijn kennis onvolledig of zijn er onzekerheden. Meestal is een zo geheten knowledge engineer of epistemoloog nodig voor de kennis extractie. De totale ontwikkeltijd voor een operationeel bruikbaar expert system moet op circa 2 jaar gesteld worden. Hierbij is geen rekening gehouden met tegenslagen, bijv. met de gebruikte shell. In deze tijd moet de cyclus kennis extractie-kennis representatie- implementatie in pilot versie enkele malen doorlopen worden om tot een doeltreffend systeem te komen (ref. 13).

#### Personele consequenties.

Het gebruik van een expert system is niet triviaal. Er zal veel begeleiding nodig zijn om een dergelijk systeem operationeel te maken. Het zal duidelijk moeten zijn dat een expert system niet "beter" kan zijn dan een expert. Een expert system zal vooral kunnen bijdragen in het snel

"ervaren" worden van nieuwelingen in het vakgebied (opleidings functie). Verder blijft het expert system afhankelijk van de input van de gebruiker. Een nieuwe taak van de gebruiker zal zijn het vervolmaken van het expert system. Het is namelijk nooit af. Voortdurend zullen oude kennis-regels bijgesteld moeten worden of vervangen worden door nieuwe. Dit proces werkt een optimalisering van de te nemen beslissingen in de hand.

### 3.3 Mist

Al in een vroeg stadium hebben we ons verdiept in de inhoudelijke kant van een pilot project ongeacht het te kiezen beslissyteem. Hoewel hiertoe gekomen vanwege tijdsgebrek, was het ook niet onlogisch, omdat er hoe dan ook aan inventarisatie gedaan moest worden. Bovendien is de ontwikkeling van een aantal procedures noodzakelijk ongeacht het beslissyteem. Als onderwerp is het verschijnsel mist gekozen, met als belangrijkste reden dat vernieuwende werkzaamheden hiervoor heel goed gemotiveerd kunnen worden; de beslisprocedure voor het voorspellen van ontstaan en verdwijnen van mist in de huidige weerdienst praktijk is namelijk even ondoorzichtig als het verschijnsel zelf.

In een eerste stadium is via een enquête onder meteorologen op Schiphol onderzocht welke methoden diverse collega's gebruiken bij het opstellen van verwachtingen m.b.t. mist. Het teleurstellende maar verwachte resultaat was dat er, vooral door gebrek aan beschikbare methoden, geen eenduidigheid bestaat in de handelwijze. Slechts enkele statistische methoden worden gebruikt naast een overmaat aan meteorologische heuristiek (lees: vuistregels). De volgende stap was een inventarisatie van alle beschikbare (of eenvoudig beschikbaar te maken) informatie m.b.t. mist, van waarnemingen tot eenvoudige (statistische) modellen. Dit leidde tot onderstaande lijst.

#### Vorming/advectie

- model output of actuele situatie (lage windsnelheid, voldoende vocht, weinig bewolking),
- AMT-model (voldoende afkoeling, lage windsnelheid), (ref. 14, 15),
- trajectorien (advectie van bestaand mistveld),
- land/zee circulaties (landinwaarts transporteren van mistveld voor de kust),
- mistmodel (Wessels),
- afhankelijkheid P27 klasse (ref. 12),
- klimatologie (bijwerken),
- statistische methoden (te ontwikkelen),
- lokale waarnemingen (teruglopen zicht, ontstaan shallow fog),
- opklaringen na passage regengebied (verdampings mist),
- aanvoer van zachte, vochtige lucht met  $T_d > T$  actueel (condensatie mist, bijv. maritieme lucht boven sneeuwdek),

- temperatuur verschil 10 m en 1.5 m (Schiphol),
- methode uit onderzoek van Cannemeijer en Stalenhoef (ref. 22);
- enz.

#### oplossen/verdwijnen

- methode Stel (Kennington/Berthram), (zie ook ref. 16),
- waarnemingen Cabauw (dikte mistlaag),
- gemeten straling t.o.v. maximale netto straling,
- statistiek (afhankelijkheid windrichting/snelheid, dikte mistlaag, straling, enz.),
- te verwachten windtoename (mist evt. overgaand in St),
- trajectorien (aanvoer droge lucht),
- te verwachten menging met droge lucht boven de mistlaag,
- lokale waarnemingen (minder dicht wordende mist, gaten in mistveld, mistveld volgen op kaart),
- PIREPS (dikte mistlaag, bewolking erboven),
- satellietfoto (soms, grootte mistveld, evt. bewolking erboven),
- sodar waarnemingen (Schiphol, Cabauw, dikte mistlaag),
- enz.

Deze lijst is misschien nog niet uitputtend. Buiten beschouwing gebleven zijn voorlopig nieuwe methoden waarvan de ontwikkeltijd tot operationele bruikbaarheid langer dan een jaar zou gaan duren (bijv. mistvoorspelling door het AMT-model). Bij het ontwikkelen van een expert system zou nu verder gegaan moeten worden met de extractie van expert kennis. Deze kennis plus de onzekerheden daarin komen in het expert system terecht, terwijl bij de beslissingsboom volstaan wordt met de beschikbare data en algoritmen in een structuur te plaatsen, waarbij de expert kennis (vuistregels en onzekerheden) in handen blijven van de meteoroloog die de beslissingsboom gebruikt. Zie verder 4.2.

## 4. ADVIEZEN EN AANBEVELINGEN

### 4.1 Inleiding

Op grond van de activiteiten die beschreven zijn in hoofdstuk 3 is de projectgroep tot een aantal conclusies gekomen. In het onderstaande willen we eerst aanbevelingen doen m.b.t. de keuze van een beslissysteem dat op korte termijn realiseerbaar moet zijn. Daarnaast willen we aangeven wat de mogelijkheden zijn op de langere termijn. We gaan uit van twee mogelijkheden: de beslissingsboom of het expert system. Hierna definieren we een pilot project voor de voorspelling van mist. We baseren ons hierbij grotendeels op bestaande methoden die op korte termijn ingebouwd kunnen worden in een beslisprocedure die model kan staan voor nieuw te ontwikkelen beslisprocedures voor andere elementen. Aan de orde komen o.a. relaties met andere projecten, fasering, personele en financiële consequenties. Hierna wordt kort ingegaan op de opzet van projecten die logischer wijze op het pilot project kunnen volgen. Tot slot wordt een project gedefinieerd voor de ontwikkeling van beslisprocedures voor de langere termijn.

### 4.2 Algemeen

- Als beslisprocedure die op de korte termijn realiseerbaar moet zijn adviseren wij de beslissingsboom en wel om de volgende redenen:
  - \* haalbaarheid: voor het verwezenlijken ervan is minder uitgebreid onderzoek vereist. Wel moeten een aantal procedures nog ontwikkeld worden. Voor het ontwikkelen van een operationeel expert system zou aanzienlijk meer tijd nodig zijn (schatting: 2 tot 3 jaar incl. voorbereidend onderzoek en tot en met operationele test). Naast het ontwikkelen van procedures zou er veel tijd nodig zijn voor kennis extractie en representatie;
  - \* operationele bruikbaarheid: wordt door een beslissingsboom zeer waarschijnlijk aan voldaan; het gaat in feite om een betere organisatie van middelen die de meteoroloog grotendeels al ter beschikking stonden. De operationele bruikbaarheid van een expert system moet nog onderzocht worden. Deze is nog van een aantal zaken afhankelijk, zoals: in welke mate is kennis extractie en representatie mogelijk, is er een geschikte expert system toolkit te vinden, zijn er voldoende financiële mogelijkheden, is meteorologie wel een geschikt toepassingsgebied;
  - \* bedrijfspsychologisch aspect: een beslissingsboom sluit directer aan bij de huidige werkmethode van de meteoroloog dan een expert system. Het is zeer dubieus of de stap naar een expert system in een keer gemaakt kan worden. Hoge eisen worden gesteld aan de operationele invoering.
- Als eerste stap in de ontwikkeling van een compleet beslissysteem voor de operationele weerdiensten zou zo



- spoedig mogelijk het pilot project MIVOS (mist voorspel systeem) gestart moeten worden (zie 4.3).
- Hierna zouden vervolgprojecten moeten starten in zodanig tempo dat na ca 4 jaar een compleet beslissysteem met alle meteorologische grootheden is verwezenlijkt. De grootste prioriteit moet aan een waarschuwingen en calamiteiten systeem gegeven worden (zie 4.4).
  - Voor de langere termijn moet de bruikbaarheid van expert systems onderzocht worden. Hiertoe zou parallel met het project MIVOS, maar evt. langer voortdurend het project MES (meteorologisch expert system) opgezet moeten worden. Er zijn drie opties.
    1. Aanschaf van een krachtige expert system shell met bijbehorende hardware. Het project zal samen met een partner uit de informatica hoek (NLR, TUD, TUT, BIKIT (Babbage Instituut voor Kennis en Informatie Technologie, RUG, België), BSE Helmond), die voor software ondersteuning kan zorgen, uitgevoerd moeten worden (zie 4.5);
    2. Als 1 maar voorafgegaan door een uitgebreider onderzoek naar expert systems in de meteorologie aan een buitenlands instituut, bijv. in de V.S. Voorwaarde is wel dat een dergelijke studie een vervolg krijgt op het KNMI (rekening mee te houden op de begroting);
    3. Aanschaf van een eenvoudige expert system shell voor een IBM PC. Hierdoor kan ervaring opgedaan worden met de werking van expert systems. Een dergelijk systeem zal echter niet voldoende krachtig zijn voor een operationeel systeem. Het biedt wel de mogelijkheid tot betere orientatie zodat in een later stadium overgestapt kan worden op een groter systeem dat wel operationele mogelijkheden heeft (zie optie 1). Misschien worden nieuwe generaties PC's krachtig genoeg om voort te kunnen.

De achterliggende gedachte is dat de huidige explosieve ontwikkeling van expert systems belangrijk genoeg wordt gevonden om op de voet te volgen en er een onderzoek aan te wijden, zodat de operationele bruikbaarheid kan worden getest. Op dit moment is die bruikbaarheid nog lang niet duidelijk (Is meteorologie wel een geschikt toepassingsgebied?). Misschien kan een systeem ontwikkeld worden dat een belangrijke rol kan spelen bij de opleiding van nieuwe meteorologen.
  - Bijscholing voor meteorologen is noodzakelijk op het gebied van elementaire informatica kennis en het praktische gebruik van een computer, een soort algemene inleiding dus. Deze bekwaamheid is ook zonder bovengenoemde projecten al gewenst, maar wordt noodzakelijk als het gaat om optimaal gebruik van interactieve programma's (zoals beslissingsbomen en expert systems). Het is belangrijk te weten wat een systeem kan en wat niet.
  - Een cursus in een symbolische programmeertaal (bijv. LISP

of PROLOG) is wenselijk voor enkele programmeurs, zeker als op den duur voor optie 1 hierboven gekozen zal worden. Het is niet waarschijnlijk dat er binnenkort software pakketten op de markt zullen verschijnen die volledig geschikt zijn voor de gewenste toepassing.

- Een cursus knowledge engineering voor een bedrijfsingenieur. Hij lijkt de aangewezen persoon om als medium te fungeren tussen de expert (meteoroloog) en de systeembouwer (programmeur).

#### 4.3 Pilot project MIVOS

##### 4.3.1 Functioneel ontwerp

##### 4.3.1.1 Configuratie

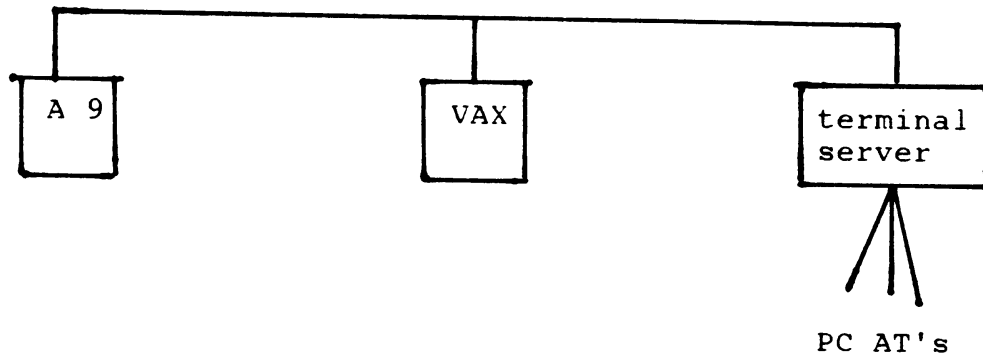


Fig. 3 Configuratie

De PC AT's die via "terminal servers" aan A9 en besturings VAX zijn gekoppeld moeten als vervanger gezien worden van enkele van de huidige terminals van ALV en (binnenkort) AWV. De PC AT's worden dus gebruikt als intelligente terminal met veel lokale mogelijkheden. In de ontwikkelingsfase van het pilot project zijn 2 PC AT's nodig die bij de operationalisering ingezet kunnen worden in resp. de Bilt en Schiphol. Zodra het pilot project tot operationalisering leidt, moeten nieuwe PC AT's aangeschaft worden voor de ontwikkeling van nieuwe beslissystemen (andere elementen) en uitbreiding naar de nevenvelden. Gekozen wordt voor een krachtige PC AT omdat uiteindelijk op een PC verschillende beslissystemen operationeel moeten kunnen zijn.

### 4.3.1.2 Schematisch overzicht

De opbouw van het programma is modulair, d.w.z. ieder blok kan, indien gewenst, direct vervangen worden door een nieuw. Per blok wordt aangegeven waar de gevraagde parameters vandaan gehaald moeten worden, of het blok nog verder onderzoek vergt en, zo ja, of dit binnen het kader van het vervolg project moet gebeuren (A) of op langere termijn (B). Vooral wat betreft dit laatste is inzet van FM en DM onontbeerlijk. Ondersteuning van AUT komt al bij de vervolgprojecten aan de orde.

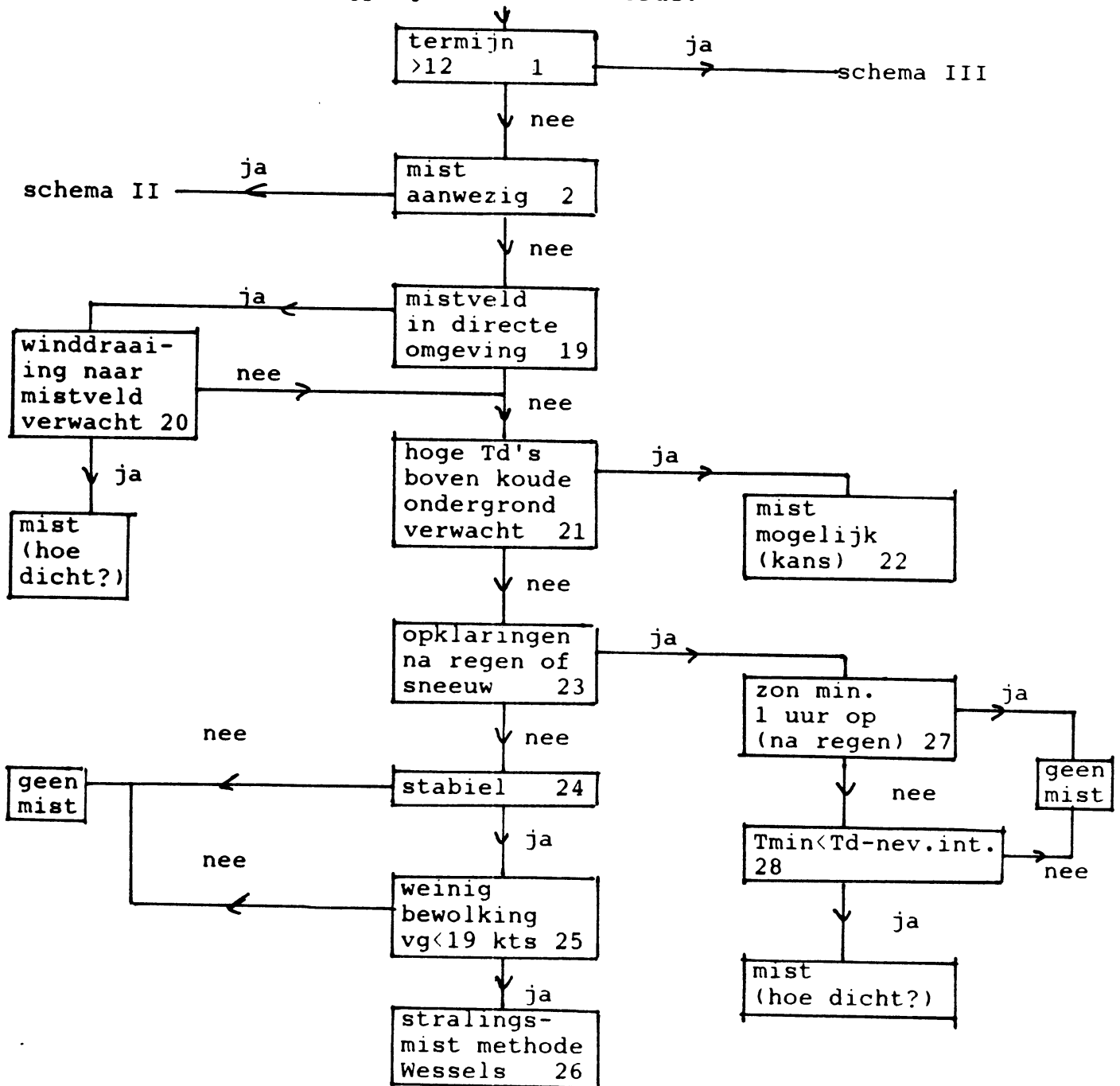


Fig. 4a. MIVOS Schema I

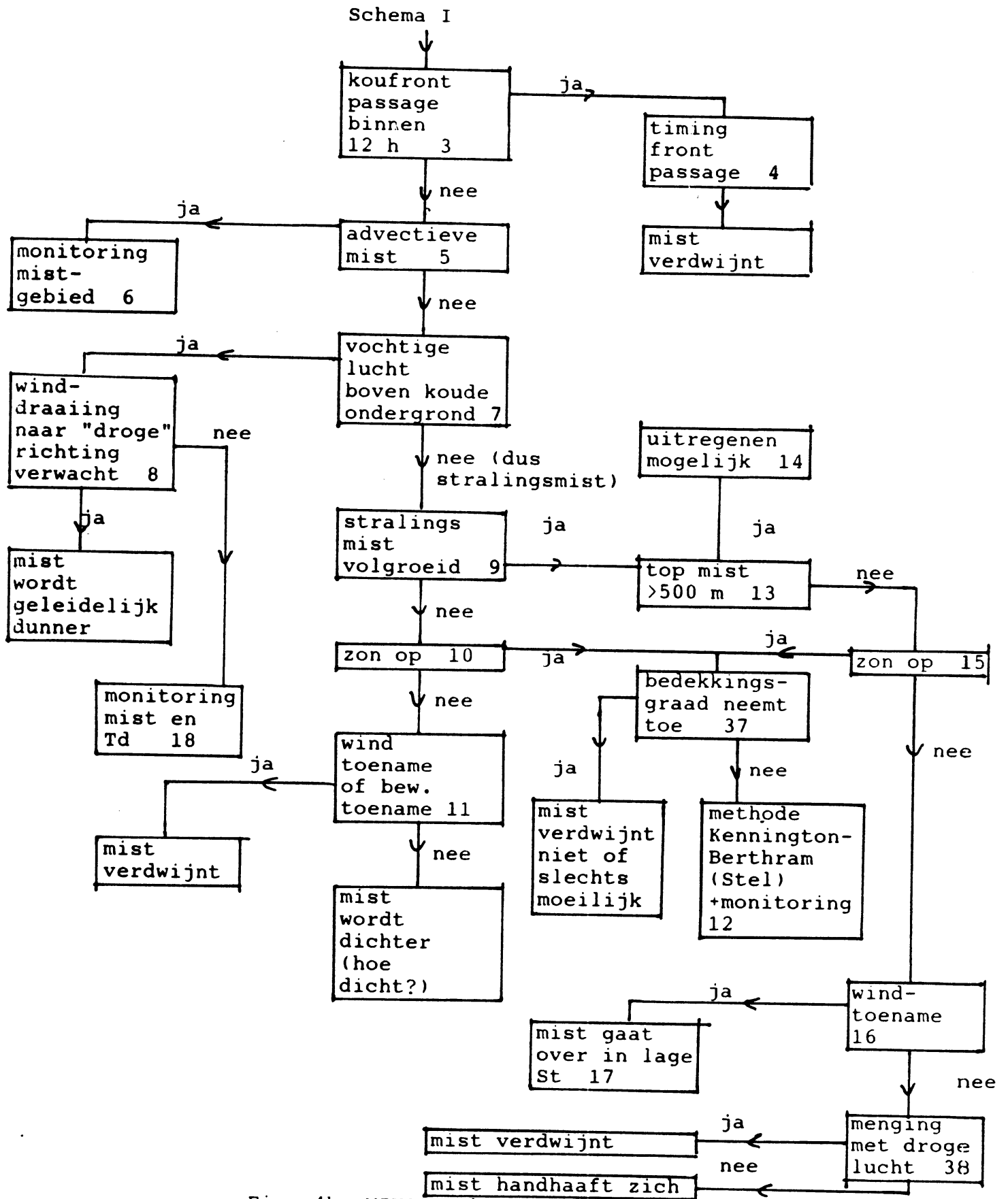


Fig. 4b. MIVOS Schema II

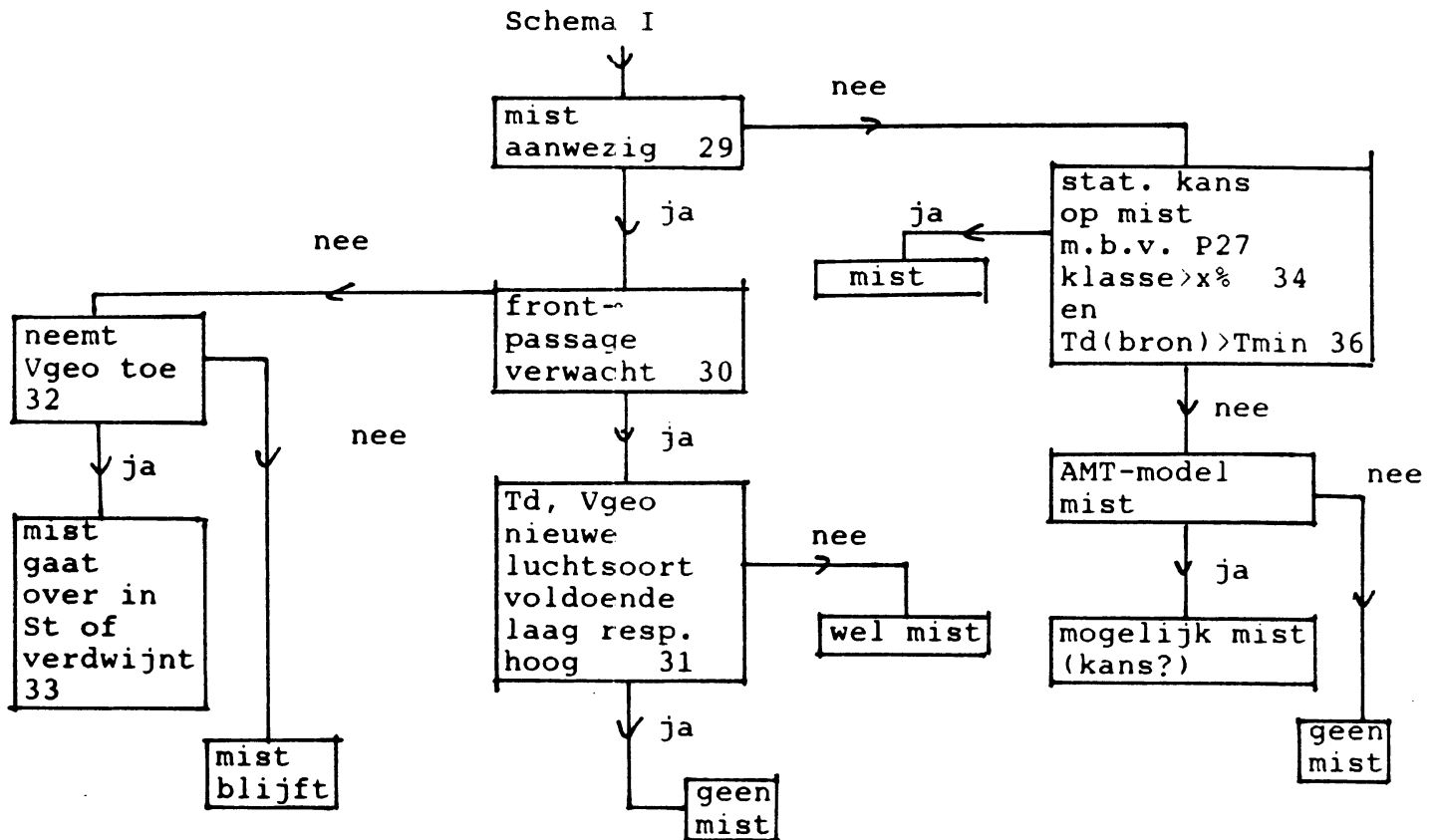


Fig. 4c. MIVOS Schema III

Toelichting MIVOS schema's

1. interactief invoeren
2. uit SYNOP NL
3. zie 1
4. zie 1
5. zie 1 en ref. 20
6. monitoring betekent hier: nauwkeurig volgen van omvang en intensiteit van het mistgebied op een speciale kaart, later misschien op grafisch beeldscherm (B)
7. uit grondtemperatuur + aanwezig sneeuwdek + actueel dauwpunt uit SYNOP NL of KLIM en criterium dauwpunt t.o.v grondtemperatuur (A)
8. uit Bracknell fine mesh roosterpunt uitvoer; hieruit procedure voor actuele en voorspelde geowind ontwikkelen (A)
9. uit Cabauw gegevens + sodar gegevens (operationeel maken (A))
10. uit datumtijdgroep + zonsop- en ondergang tabel
11. uit Brackneel fine mesh roosterpunt uitvoer + zie 1
12. temperatuur zonsopgang uit zie 10 en SYNOP NL, temperatuur bij verdwijnen mist uit zie 9 en thermografisch diagram, datum uit zie 10
13. zie 9

14. vereist diagram uitregenkans als functie van de dikte van de mistlaag (A)
15. zie 10
16. zie 8
17. diagram vereist voor overgang mist naar stratus als functie van de windsnelheid (A)
18. monitoring is hier een nauwkeurig volgen van uur tot uur van alle mistgegevens (Cabauw, sodar, globale straling, mistwaarnemingen SYNOP + VIS)
19. zie 1
20. zie 8
21. zie 7 + zie 1 (dauwpunt brongebied)
22. diagram met mistkans als functie van  $T_d(\text{bron}) - T(\text{grond})$  (A)
23. zie 1 (uit satellietfoto's + SYNOP waarnemingen)
24. uit Cabauw gegevens + actuele TEMP gegevens
25. zie 11
26. procedure aanpassen (A), input uit SYNOP NL + verwachte bewolking (zie 1) en gewind (zie 8) en zie 10
27. zie 10
28. uit verwachte  $T_{\min}$  (zie 1) en  $T_d(\text{bron})$  (zie 1)
29. zie 2
30. zie 1
31.  $T_d(\text{bron})$  (zie 1) en zie 8
32. zie 8
33. zie 17
34. procedure mistkans als functie van P27-klassen en maand van het jaar en tijd van de dag (A), input actuele P27-klasse uit operationele file en zie 10. Korte termijn gidsverwachting voor mist voor diverse plaatsen in Nederland (A en B)
35. uit outputfile AMT-model (aanpassen, A)
36. zie 28
37. uit SYNOP NL of satellietfoto
38. uit TEMP

De belangrijkste activiteiten bij het opzetten van een dergelijke beslissingsboom zijn:

- bouwen van een moeder programma,
- samenstellen van een file waarin, zodra ze beschikbaar zijn, waarnemingen en modelgegevens worden verzameld,
- ontwikkeling van de diverse modules.

#### 4.3.2 Relaties met andere projecten

De planning van het pilot project MIVOS is zodanig dat het gezien kan worden als een logisch vervolg op het project ALV (LMD) en AWV (CWD). Er wordt gebruik gemaakt van dezelfde database zij het dat er uitbreiding nodig is met NWP producten (met name Bracknell fine mesh) en kleine interactieve programmatuur. Een logische volgende stap is een uitbouw richting grafische presentatie. Hierdoor worden met name monitor functies gebruiksvriendelijker (grafiekjes van de ontwikkeling in de tijd van sommige grootheden).

Als MIVOS operationeel is, kunnen nieuwe projecten gestart worden voor andere meteorologische voorspel parameters. Hoogste prioriteit verdienen de waarschuwingssystemen (calamiteiten regeling, waterstandsbewaking, stormwaarschuwingen, stormvloed, "gevaarlijk weer" waarschuwingen). Natuurlijk zijn er ook directe verbanden met de automatische lijn. Bij voorbeeld berekening van de gewind gebeurt voorlopig op grond van de Bracknell fine mesh gegevens, maar moet op LAM of Vimola output overschakelen zodra dat operationeel is.

Nieuwe objectieve methoden (gidsverwachtingen) voor de korte tot zeer korte termijn kunnen dankzij de modulaire opbouw van de beslissingsboom direct ingebouwd worden. Het ontwikkelen van derlijke korte termijn objectieve methoden (met actuele waarnemingsgegevens als predictoren) wordt als zeer belangrijk gezien (ook voor een eventueel op te starten project meteorologisch expert system, zie 4.5).

#### 4.3.3 Tijdplanning

jun '87: start project MIVOS  
aanschaf 2 PC AT's + standaard software t.b.v.  
ontwikkeling

feb '88: prototype MIVOS klaar, begin semi-operationeel  
testen  
start ontwikkeling bb2 (beslissingsboom 2), (zie 4.4)  
aanschaf 2 PC AT's voor operationeel gebruik

feb '89: operationeel invoeren MIVOS

enz.

Een meer gedetailleerde tijdplanning voor het project MIVOS is moeilijk te geven. De drie "deelprojecten" bouw moederprogramma, samenstelling datafile en ontwikkeling van diverse modules zullen grotendeels tegelijkertijd plaats hebben.

#### 4.3.4 Personeel en financiën

##### 4.3.4.1 Personeel

Samenstelling projectgroep MIVOS:

- Blaauboer (40%): projectgroep voorzitter
  - Rosier en/of Terpstra (samen 30%): CWD
  - Hemink en/of Blom (samen 30%): LMD
  - Wessels (20 %): FM
  - lid werkgroep statistische voorspelmethode (40 %): DM
  - 1 systeemontwerper en 1 programmeur (samen 100 %): AUT
- De taken van de meeste leden liggen voor de hand. De bijdrage van Wessels zal voornamelijk bestaan uit het verder testen en operationeel maken van zijn stralingsmist programma. Van de werkgroep statistische voorspelmethode wordt een bijdrage gevraagd voor een statistisch onderzoek

naar het ontstaan en oplossen van mist (correlatie met actuele gegevens).

#### 4.3.4.2 Financien

##### Begroting project MIVOS

- '87: 2 PC AT's	f 20.000,-
standaard software	f 1.000,-
TI Arborist decision tree software (leverbaar door BSE, Helmond)	f 1.500,-
- '88: 2 PC AT's	f 20.000,-
mogelijk extra PC's voor op de buitenvelden	P.M.

Er wordt van uitgegaan dat de operationele PC's dienen ter vervanging van enkele terminals van de huidige ALV en de toekomstige AWV.

#### 4.4 Vervolg projecten

##### 4.4.1 Werkwijze

Het pilot project MIVOS is bedoeld als eerste in een serie projecten die elk tot doel hebben de beslissingsprocedure voor de verwachting van een bepaald element voor te schrijven. Als eerst volgende na het project MIVOS is een beslissingsprocedure voor calamiteiten en waarschuwingen gewenst. Behalve aan de meteorologische inhoud zal hierbij ook aandacht besteed moeten worden aan de administratief/procedurele kant. Zeker bij calamiteiten is dit van groot belang. De opbouw zal weer, net als bij MIVOS, modulair zijn, d.w.z. een beslissingsboom structuur met programmablokken op de knooppunten. Hiervoor worden bestaande methoden gebruikt, die gemakkelijk door nieuwe, betere methoden vervangen kunnen worden (bijv. calamiteiten trajectorie).

Voor het opzetten van een bewolking en neerslag voorspel procedure kan uitgegaan worden van de Weense benadering (zie appendix 6.3.3). Naarmate er meer beslissingsbomen in gebruik komen moet er ook aandacht besteed worden aan de koppeling van deze systemen (bijv. na frontpassage: kans op mist). Dit moet gebeuren door automatisch op het juiste punt in een andere beslissingsboom in te breken of door een waarschuwing aan de gebruiker. Tenslotte zou het handig zijn een beslissingsprocedure te ontwikkelen voor het gebruik van de verwachtingsterminologie. Ook dit zou de consistentie van verwachtingen in hoge mate ten goede komen.



#### 4.4.2 Tijdplanning

Zoals al aangegeven in 4.3.3 kunnen vervolg projecten "overlappend" opgestart worden: tijdens de operationele test van het MIVOS kan al begonnen worden aan de bouw van een calamiteiten/waarschuwingen beslissingsboom. De duur van de verschillende projecten hangt sterk af van het onderwerp, maar kan op een gemiddelde van ca 0.5 jaar geschat worden. Hierbij is uitgegaan van permanente medewerking van een full time programmeur/systeemontwerper. Een complete (?) lijst van projecten (LMD en CWD), in volgorde van prioriteit, zou er als volgt uit kunnen zien (tussen haakjes de geschatte ontwikkeltijd excl. operationele test).

- MIVOS, mist (ca 8 mnd),
- calamiteiten (ca 4 mnd),
- waarschuwingen (op te splitsen in LMD, CWD (en HMC), ca 6 mnd, aangezien hierin veel meteorologische elementen vertegenwoordigd zijn, zal deze boom slechts geleidelijk gevuld raken. In eerste opzet gaat het om de procedurele kant),
- wind (ca 6 mnd),
- bewolking (incl. wolkenbasis, zonneshijn) en neerslag (incl. onweer), (ca 12 mnd),
- golven en wateropzet (ca 4 mnd),
- temperatuur (ca 3 mnd),
- terminologie (ca 5 mnd).

Merk op dat de meeste projecten meteorologisch bepaald zijn en niet zozeer verwachtingsgericht. Dat betekent dat er misschien afgeleide systemen ontwikkeld moeten worden voor specifieke verwachtingen (LVO, landbouw, bouw, MIGAS, TIGAS, SEP, strandweer, gladheidsverwachting enz. enz.). Er wordt van uitgegaan dat dit voornamelijk hergroepering van bestaande modules betekent.

#### 4.5 Project MES

##### 4.5.1 Inleiding

Waarom een project meteorologisch expert system ?  
De ontwikkeling op het gebied van expert systems gaat momenteel erg snel. Er zijn al enkele operationele systemen op verschillende vakgebieden, maar verreweg het grootste aantal is nog in een experimenteel stadium. Binnen de meteorologie vormen expert systems pas een ontwikkeling van de laatste jaren. Bijna alle meteorologische systemen zijn dan ook nog experimenteel (zie 3.2.2). Hoewel het niet onmogelijk is dat de komende jaren een doorbraak van expert systemen in de operationele meteorologie zal plaats hebben lijkt het ons niet heel waarschijnlijk. Dit oordeel is voornamelijk gebaseerd op de reserves die we hebben t.a.v. de toepasbaarheid van expert systems in de meteorologie. De manier van probleem oplossen ligt hier, zoals begrijpelijk, meer in het ontwikkelen van fysische modellen en het

redeneren via exacte lijnen dan in het gebruik van intuïtie en moeilijk herleidbare expert kennis. Niettemin speelt dit laatste bij het beoordelen van meteorologische situaties een rol. Expert systems zullen vooral een adviserende rol gaan spelen in het voorspelproces. Ze worden een geavanceerd stuk gereedschap van de meteoroloog. Deze laatste blijft de beslissingen nemen (ref. 19). Expert systems zouden ook een belangrijke rol kunnen gaan spelen bij de opleiding van nieuwe meteorologen. Het is daarom verstandig om op de hoogte te blijven en de nodige kennis alvast op te doen door een simpel systeem te gaan bouwen. De verwachtingen van zo'n systeem moeten niet te hoog gespannen zijn, maar het kan inzicht geven in de vraag in hoeverre expert systems geschikt zijn om meteorologische problemen op te lossen.

#### 4.5.2 Werkwijze

Bij het tot stand brengen van een eenvoudig expert system lijkt het verstandig de normale ontwikkelcyclus voor expert systems te volgen. Het schema van fig. 5 kan hierbij tot leidraad dienen. Voor het ontwikkelen van een gebruikers-systeem moet de cyclus minimaal 4 keer doorlopen worden.

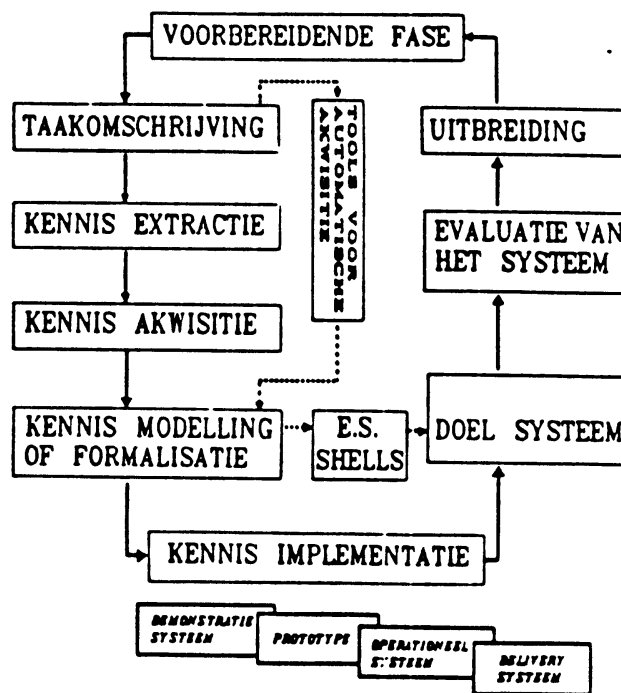


Fig. 5. Schema van de ontwikkelcyclus van een expert system (uit ref. 18)

Enkele onderdelen hiervan worden hier toegelicht. Een zeer bruikbare handleiding voor het bouwen van een expert system wordt verder gegeven in ref. 23.

1. Voorbereidende fase: deze heeft eigenlijk al plaats gehad tijdens dit project.
2. Taakomschrijving: om een vergelijking te kunnen maken met het project MIVOS zou hetzelfde onderwerp, mist, gekozen moeten worden (parallelproject). Het is wel noodzakelijk de taken scherper af te bakenen en misschien ook te beperken, omdat het voorlopig om een prototype gaat.
3. Kennisextractie: de spil in de ontwikkeling. Naast het verzamelen van objectieve kennis (zie bij project MIVOS) moet door gesprekken met (of observatie van) experts (meteorologen) specifieke kennis onttrokken worden. Onvolledigheid, redundancy en onzekerheid mogen hierbij een rol spelen (sterker: als deze factoren geen rol spelen is een expert system overbodig).
4. Kennisacquisitie: het door het expert system verwerven van kennis. Er zijn methoden die een expert system in staat stellen een strategie te ontwikkelen om een probleem zo goed mogelijk op te lossen (ref. 5). Het expert system verwerft dus zelf kennis. De tot nu toe ontwikkelde methoden zijn echter zeer beperkt. Voorlopig zal hieraan waarschijnlijk weinig aandacht besteed kunnen worden.
5. Kennis modelling/formalisatie: nadat de kennis geextraheerd is, moet een model gevonden worden om deze kennis te formaliseren. Het opslaan in productieregels ligt het meest voor de hand.
6. Bij de keuze van een geschikte expert system shell is de daarin ingebouwde inferentietechniek belangrijk. Voor meteorologische expert systems lijkt een combinatie van forward en backward chaining (zie appendix 6.1) een verstandige keus.
7. Nadat een eerste prototype is gebouwd volgt testen en evalueren van het systeem. Nadat de zwakke plekken gevonden zijn, wordt de hierboven beschreven cyclus opnieuw doorlopen.

#### 4.5.3 Tijdplanning

Voor het hele project MES moet ca 1.5 jaar uitgetrokken worden. Er moet dan een prototype ontwikkeld zijn, op grond waarvan beoordeeld kan worden of verder uitbreiden en operationaliseren zinvol is. Een aantal activiteiten voor het project MIVOS kunnen regelrecht overgenomen worden (ontwikkeling database + programmering standaard-procedures). De nadruk moet komen te liggen op de ontwikkeling van de knowledgebase (kennisextractie en -formalisering) en van een goede interface tussen expert system en database (en eventuele rekencomputer).

#### 4.5.4 Personeel en financiën

##### Personeel

- Projectleider : ca 0.6 mj. (bijv. D. Blaauboer),  
knowledge engineering (incl. cursus),  
bouwen van een knowledgebase,  
Experts : ca 0.3 mj. (enkele sessies van 2 of  
3 dagen met verscheidene meteorologen),  
Systeemontwikkelaar : ca 0.6 mj. (bouwen interface met  
externe databank/rekencomputer, hulp bij  
bouwen knowledgebase, cursus symbolische  
programmeertaal).

##### Financiën

Er wordt gedacht aan een eenvoudig systeem dat op een (IBM compatible) PC kan draaien. Voorlopig te groot is een systeem als NEXT, draaibaar op een VAX, dat wordt aangeboden door het NLR voor 25 kF incl. een jaar onderhoud en updates (ref. 21). Een aantrekkelijk, eenvoudig maar toch bruikbaar systeem is Xi-plus van Expertech ltd., Slough, Engeland, te koop via Bolesian Systems Europe B.V., Helmond, voor 5 kF. Deze firma levert trouwens software pakketten van diverse fabrikanten in prijs variërend van 1 tot 12 kF. Ook OPS83 (speciaal geschikt voor forward chaining (zie appendix 6.1)), leverbaar door TI, komt in aanmerking. Zie ook appendix 6.2. Genoemd systeem Xi-plus is gedemonstreerd tijdens de cursus Expert Systemen te Antwerpen (zie appendix 6.3.5). Tijdens het project moet gebruik gemaakt kunnen worden van een IBM compatible PC (evt. deelgebruik). Voor het realiseren van een interface is waarschijnlijk nog een bedrag van ca 1 kF nodig. Pro memorie moet nog een post gemeld worden waaruit cursussen en opleidingen betaald kunnen worden (programmeur en kennisingenieur). Aanbiedingen van enkele instituten (bijv. BIKIT, Gent en BSE, Helmond) zijn bij de auteurs bekend.

## 5. LITERATUUR

1. Kress C. and Zwatz-Meise V.: Die Ausschöpfung des Informationsgehaltes numerischer Vorhersagekarte durch MOD und die Verknüpfung dieser Aussagen mit Satellitenbildern, Abteilung fuer theoretische Meteorologie der Universitaet Wien, Pub. Nr. 25, Wien, 1980;
2. Scofield R.A., Oliver V.J. and Spayd L.: Preliminary efforts in developing a technique that uses satellite data for analyzing precipitation from extra-tropical cyclones, 9th conference of weather forecasting and analysis, 1982, Seattle (Wash.), Am. Met. Soc. Boston (Mcss);
3. Truog G.: URFEX (Urnersee Foehnexperiment), Arbeitsbericht der Schweizerische Meteorologische Zentralanstalt, 1986;
4. Coombs M.: Developments in expert systems, ed. by M. Coombs, 1984, Acad. Press inc. London ltd., blz. XI-XV;
5. Heeffe A.: A tutorial on production systems, uit: lessencyclus Expert Systemen, feb.-mei 1987, BIRA, Antwerpen;
6. Gaffney jr. J.E., Racer I.R.: A learning algorithm for severe storm forecasting support, presented at : Automating intelligent behavior: Applications and frontiers 1983, trends and applications, conference at National Bureau of Standards, May 1983, IEEE cat. no. 83CH1887 p. 278;
7. Mosher F.T. and Schaefer J.T.: Lessons learned from CSIS, presented at the Ninth Conference on Aerospace and Aeronautical Meteorology, June 1983, Omaha, Nebr.;
8. Ding Shi Cheng: Weather forecasting in Jilin Province, Memo DM 86-16, oktober 1986, KNMI;
9. Adviesgroep Structurering werkwijze weerdiensten OD: Een beslissingsboom als basis voor het voorspellen van meteorologische parameters, KNMI, 1982 (?);
10. Stanfill C. and Waltz D.: Toward memory-based reasoning, Communications of the ACM, vol. 29 no. 12, 1986;
11. Schuett D.: in Data Interview Nr. 22 dec. 1986, Siemens;
12. Brouwer G.W.: Enige weerelementen in relatie met de objectieve klassificatie volgens het P-27 systeem, Memo DM 82-18, sep. 1982, KNMI;
13. Suetens P.: Building expert systems, uit: lessencyclus Expert Systemen, feb.-mei 1987, BIRA, Antwerpen;
14. Reiff J. et al.: An air mass transformation model for short range weather forecasting, Mon. Wea. Rev., vol. 112, No. 3, 1984;

15. Blaauboer D.: Operational practice of an air mass transformation model, Proceedings Symposium on mesoscale analysis and forecasting, Vancouver, August 1987;
16. Handbook of weather forecasting III, hfdst. 20, Met. Office, Bracknell, 1975;
17. Wessels H.R.A.: Characteristic physical properties of fog: requirements for models, Report of the workshop on boundary layer models for short range forecasting, 10-12 March 1986, WR 86-4, KNMI, de Bilt;
18. Lateur F. en Vandamme F.: Knowledge extraction for developing expert systems, uit: lessencyclus Expert Systemen, feb.-mei 1987, BIRA, Antwerpen;
19. Doore G.S.: Weather service in the 90's, Proceedings Seminar presented by Mitre Corporation, Nov. 20-21, 1985.
20. Lucas P.J.F.: B747/ATA-21, een expert systeem voor het air-conditioning systeem van de Boeing 747, okt. 1985, publ. CWI, Amsterdam;
21. Donker J.C. en Kat P.J.: Handleiding voor het gebruik van NEXT versie 1.1 op de Cyber 180/855, 1986 Memorandum IN-86-027U, NLR Amsterdam/NOP;
22. Cannemeijer F. en Stalenhoef A.H.C.: Occurrence of fog at Amsterdam airport (Schiphol), 1977, KNMI WR 77-12;
23. Vandamme F. en Heeffe A.: Praktische beschouwingen over de constructie van expert systemen, uit: lessencyclus Expert Systemen, feb.-mei 1987, BIRA, Antwerpen.

# Expert System Building Tools

From *Expert System Strategies*  
 The Monthly Newsletter for Managers and Developers of Expert Systems  
 A Cutter Publication  
 1100 Mass. Ave., Arlington, MA 02174  
 (617) 648-8700  
 Copyright 1986 Harmon Associates  
 All rights reserved

	Tool (Vendor)	Price of Tool	Approx. Number Sold by Jan. 86	Hardware			
				Mini/Mainframe	Workstation (UNIX)	LISP Machine Workstation	PC
LARGE HYBRID TOOLS	ART (Inference Corp.)	\$60-80K	300		Sun-3 LISP	LISP	
	KEE (IntelliCorp)	\$60K	600			LISP	
	Knowledge Craft (Carnegie Group)	\$50K	50			LISP	
	LOOPS (Xerox)	\$300	NA			Xerox D Machines LISP	
MID-SIZE HYBRID TOOLS	Personal Consultant Plus (Texas Instruments)	\$2,960	NA				TI, IBM SCHEME
	Intelligence/Compiler	\$990	NA				IBM Pascal
LARGE RULE-BASED TOOLS	ENVISAGE (Systems Designers Software)	\$15-40K	25	VAX Pascal	MicroVAX Pascal		
	ES Environment VM & /MVS (IBM)	\$60K	NA	IBM Pascal			
	IKE (LISP Machine Inc.)	\$15K	NA			LMI	
	KES/VS (Control Data)	\$11-71K	NA	Cyber LISP			
	Knowledge Workbench (Silogic, Inc.)	\$1.5-12K	6	SUN, MicroVAX PROLOG			
	OPS6e (Verac, Inc.)	\$3K	NA			LISP	
	OPS83 (Production Systems Technologies)	\$2-25K	60	VAX C	MicroVAX, Apollo, Sun C		IBM AT, AT&T C
	S.1 (Teknowledge)	\$25-45K	65	VAX LISP		LISP	

Texas Instruments Second AI Satellite Symposium



## Expert System Building Tools (Continued)

	Tool (Vendor)	Price of Tool	Approx. Number Sold by Jan. 86	Hardware			
				Min/ Mainframe	Workstation (UNIX)	LISP Machine Workstation	PC
LARGE RULE- BASED TOOLS	TWAICE	\$64K	NA	IBM/VM, VAX PROLOG			
	VAX OPS5 (DEC)	\$7.5K	NA	VAX Bliss	MicroVAX Bliss		
MID-SIZED RULE-BASED TOOLS	AION/PC & /MVS (AION Dev. Sys.)	\$5K	NA	IBM/ MVS			IBM Pascal
	GURU (Micro Data Base Systems)	\$3K	NA				IBM C
	HUMBLE (Xerox)	\$300-3K	NA	Tektronix Smalltalk		Xerox Smalltalk	IBM AT, Mac Smalltalk
	KES II (Software A & E)	\$4K	65				IBM C
	M.I (Teknowledge)	\$5K	408				IBM PROLOG
	Nexpert (Neuron Data)	\$5K	100				Mac Assembler
	Personal Consultant (Texas Instruments)	\$950	1,200			Explorer SCHEME	TI, IBM IQ LISP
	Advisor (Ultimate Media)	\$99.50- 295	100				IBM, Apple, Commodore Assembly
SMALL RULE-BASED TOOLS	Apes (Programming Logic Systems)	\$1-6K	NA	VAX PROLOG			IBM PROLOG
	Arity E>S> Dev. Package (Arity Corp.)	\$295	NA				IBM AT PROLOG
	DUCK (Smart Systems Technologies)	\$6K	30	IBM, VAX LISP			IBM LISP
	ESP Advisor (Expert Systems Int'l)	\$895- 6,500	NA	VAX PROLOG			IBM PROLOG
	EST (Mind Path Product Corp.)	\$495	NA				IBM, TI PC
	ExperOPS5 (ExperTelligence)	\$525	NA				Mac LISP
	Expert Edge (Human Edge)	\$795	NA				IBM C
	EXSYS (Exsys Inc.)	\$395- 900	1,000+	VAX C			IBM C
	Insight 1.2 (Level Five Research)	\$95	1,000				IBM Pascal
	Insight 2+ (Level Five Research)	\$495	300				IBM Pascal
	Knowol and Knowol+ (Intelligent Machine Co.)	\$39.95- 99.95	NA				IBM
	MacKIT (Knowledge System Environments)	\$500	NA				Mac FORTRAN
	MicroExpert (McGraw-Hill)	\$49.95- 59.95	NA				IBM, CP/M Pascal
	SAGE (Systems Designers Software)	\$995	300				IBM Pascal
	TOPSI (Dynamic Master Systems)	\$125- 375	400				IBM, CP/M C

Texas Instruments Second AI Satellite Symposium





	Tool (Vendor)	Price of Tool	Approx. Number Sold by Jan. 86	Hardware			
				Min/ Mainframe	Workstation (UNIX)	LISP Machine Workstation	PC
SMALL RULE-BASED TOOLS	Wisdom XS (Software Intelligence Laboratory)	\$750-13K	NA				IBM C
	Xi (Expertech)	NA	NA				IBM
	XPER (Abacus Software)	\$59.95	NA				Commodore C
	XSYS (California Intelligence)	\$995	40				DOS IQ LISP
LARGE INDUCTIVE TOOLS	EX-TRAN 7 (Intelligent Terminals)	\$3.5-47K	NA	IBM, VAX FORTRAN	FORTRAN		IBM FORTRAN
	RuleMaster (Radian Corp.)	\$1-17K	60	VAX C	C		IBM C
	TIMM (General Research)	\$5-39.5K	30	IBM FORTRAN			IBM FORTRAN
	Expert-Ease (Human Edge)	\$695	NA				IBM Pascal
SMALL INDUCTIVE TOOLS	1st Class (Programs in Motion)	\$495	250				IBM Pascal
	KDS (KDS Corp.)	\$400	150				IBM Assembly
	Super Expert (Softsync, Inc.)	\$199-1,200	NA				IBM
DOMAIN-SPECIFIC TOOLS	IN-ATE, LISP (Automated Reasoning Corp.)	\$15K	NA			LMI, Symbolics	
	IN-ATE, MICRO (Automated Reasoning Corp.)	\$2.5K	NA				Mac C
	PICON (LISP Machine Inc.)	\$60K	NA			LMI LISP	

Verslag van het bezoek aan het Nationaal Lucht- en  
Ruimtevaart Laboratorium (NLR) bij Vollenhove, 8  
januari 1987

Aanwezig: Koos Burger, Peter Kat en Guus Bekkers (NLR),  
Cees Blom, Jan Terpstra en Dick Blaauboer  
(KNMI).

Doel van het bezoek:

- het krijgen van een indruk van het expert system (e.s.) dat het NLR ontwikkeld heeft;
- het bespreken van de wederzijdse interesse in een gemeenschappelijk project voor de toepassing van een e.s. op een meteorologisch gebied, waarbij patroonherkenning een belangrijke rol speelt.

De afdelingen van het NLR waar we als KNMI mee te maken hebben, zijn de afdeling Ruimtevaart, waar een groep zich bezighoudt met patroonherkenning m.b.v. de computer t.b.v. remote sensing en de afdeling informatica, waar de numerieke afdeling zich o.a. bezighoudt met de ontwikkeling van een e.s.

Algemene opmerkingen over e.s.'s

Het door het NLR ontwikkelde e.s. NEXT is een aanmerkelijk uitgebreide afstammeling van het aan de TU Delft ontwikkelde Delfi-2 systeem. Het gebruikt een combinatie van forward chaining (redeneren vanuit gegeven parameterwaarden m.b.v. produktieregels, doel is niet bij voorbaat bekend) en backward chaining (conclusie gericht redeneren m.b.v. dezelfde produktieregels, doel is wel bekend). Het NEXT Systeem past op een grote IBM PC mits het aantal produktieregels beperkt blijft (de shell beslaat circa 20.000 regels ofwel (80-190 kB, exclusief produktieregels).

De shell is geschreven in PASCAL en voor het ontwerpen van produktieregels is een aparte commandotaal beschikbaar. Voor het gebruik van het kant en klare systeem is praktisch geen computer(taal)kennis nodig. De produktieregels zijn te scheiden in definities en regels. Pure rekenprocedures kunnen op eenvoudige wijze via een interface aan de e.s. shell gekoppeld worden. Het systeem is te koop, eventueel met modificaties, technische ondersteuning bij implementatie en onderhoud.

Ter illustratie is er een demonstratie gegeven van een NEXT e.s. voor bepaling van een diersoort. Door het stellen van vragen probeert het systeem erachter te komen met welk dier we te maken hebben.

Opmerkingen over patroonherkenning

Het NLR is geïnteresseerd in toepassingsgebieden voor hun patroonherkennings- en beeldverwerkingsprogramma-tuur. Er bestaat al een systeem voor beeldverwerking (Reseda) en men is bezig een dergelijk systeem voor

meteosat-beelden te produceren. Een interessante mogelijkheid is daarom het gebruik van deze programmatuur voor patroonherkenning in wolkenmassa's en mistgebieden op meteosat foto's en mogelijk ook op NOAA foto's. Hoeveel belangstelling er van de kant van het NLR is voor een gemeenschappelijk project op dit gebied hangt af van de rol die patroonherkenning speelt bij de bouw van een meteorologisch e.s.

#### Afspraken en conclusies

- wij beraden ons nogmaals of mist, en zo ja, waarom mist een goed onderwerp is voor een mogelijk pilot project;
- wij maken een puntenlijst waarin we nadere specificaties aangeven (oplossen / ontstaan van mist, voorspeltermijn) en waarin opgesomd wordt wat er allemaal nodig is: databank (incl. model-output), methoden, regels, satellietfoto's enz.;
- wij geven een beschrijving van hetgeen er te zien is aan bewolking / mist op enkele opeenvolgende meteosat foto's (IR + VIS).
- het NLR-rapport over patroonherkenning en beeldverwerking wordt toegestuurd zodra het beschikbaar is;
- de beslissing over een mogelijk op te starten pilot project wordt rond april '87 genomen;
- bij het afschatten van de financiële mogelijkheden voor een pilot project zou contact opgenomen kunnen worden met dhr. Bunnink van BCRS (beleidscommissie remote sensing, Delft), militairen, meteoconsult.

Algemene indruk van het bezoek: veel nuttige informatie, tegelijkertijd twijfel over de belangrijkheid van patroonherkenning op satellietfoto's voor een meteorologisch e.s. (bijv. voor mist).

Dick Blaauboer  
vz. pg. BS  
14-01-'87

Verslag van het bezoek aan het Centrum voor Wiskunde en Informatica (CWI) te Amsterdam d.d. 13/1/'87

Aanwezig: dhr. P. Lucas (CWI), Cees Blom, Jan Hemink, Jan Terpstra, Dick Blaauboer (KNMI)

Doel van het bezoek:

- het verkrijgen van achtergrondinformatie over het ontwikkelen van expert systems (e.s..)
- inschatten van de haalbaarheid van een operationeel e.s. voor het KNMI.

Het gesprek met dhr. Lucas had meer het karakter van een interview. Hieronder volgen een aantal belangrijke uitspraken.

- de huidige experimenten met e.s.'s op het CWI worden uitgevoerd in PROLOG en LISP; het programmeren van een e.s. in PASCAL, FORTRAN of een andere lagere taal is moeilijk, zeer tijdrovend en daarom niet aan te raden;
- Delfi-2 is ontstaan als eerste e.s. in Nederland. Het is moeilijk uit de literatuur te achterhalen hoe andere systemen in het buitenland zijn opgezet. De enige manier om erachter te komen waar de problemen zitten is zelf een systeem te bouwen;
- als je (als KNMI) een kant en klare "shell" koopt, heb je een grote kans dat je vastloopt. Het is daarom beter om knowledge-base en shell tegelijkertijd te ontwikkelen in samenwerking met een groep die de software ontwikkelt;
- LISP en PROLOG kunnen zonder problemen gekoppeld worden met in FORTRAN geschreven procedures;
- bij een goed e.s. moet de koppeling met een database altijd mogelijk zijn;
- wat betreft de wiskundige achtergrond van e.s.'s kan men twee benaderingswijzen kiezen: de logica-benadering, die gekenmerkt wordt door een eenduidige redenering (monotone redenering) of de produktiesysteem-benadering, waarbij je te maken hebt met een set produktieregels die vaak moeilijk te overzien is;
- backward-chaining: het doel moet bekend zijn;  
forward-chaining: het doel hoeft niet bekend te zijn. Verschil tussen beide methoden is niet zo groot: beide maken in principe gebruik van dezelfde produktieregels;
- een belangrijke complicatie doet zich voor als het e.s. over de tijd moet redeneren (parameters die in de tijd veranderen). Het Delfi-2 systeem is daartoe niet in staat. Voor meteorologische toepassingen zou dat wel van belang zijn;
- e.s.'s zijn vaak moeilijk te testen: er zijn vaak te weinig goed gedocumenteerde gevallen voorhanden en dikwijls is van te voren onvoldoende bekend welke gegevens (parameters) allemaal een rol spelen. Bij een meteorologische toepassing zou voor het eerste punt waarschijnlijk minder aanleiding zijn, maar het tweede punt moet niet onderschat worden;

- er bestaat een medisch e.s. HEPAR voor de diagnose van leverpatiënten dat gebaseerd is op Delfi-2 en dat bevredigend werkt. Het is niet operationeel. Het is opgezet m.m.v. de medische faculteit van de universiteit van Leiden om de diagnostische capaciteiten van de arts te verbeteren;
- bij het opzetten van een e.s. doen zich altijd twee problemen voor: welk probleem pak ik aan (afbakening) en het software probleem. De software pakketten die te koop zijn, voldoen vaak niet zonder meer. Daarnaast is er dan nog het toepassingsafhankelijke probleem van de bouw van de knowledgebase;
- de tot nu toe ontworpen e.s.'s zijn niet zelflerend;
- wat de hardware betreft moet men denken aan bijv. een VAX 780 (evt. 700). Op een PC kan een serieus systeem niet werken;
- het Delfi-2 systeem is niet ontwikkeld voor operationele toepassingen en kan hiervoor ook niet zonder meer gebruikt worden. De software ontwikkeling blijft belangrijk;
- beslissingsbomen zijn niet de juiste benadering voor het ontwikkelen van een e.s., omdat de redenering niet in een e.s. past. Dat wil niet zeggen dat beslissingsbomen niet gemakkelijk in produktieregels zijn om te zetten;
- e.s.'s hebben voor- en nadelen: ze werken oplossings-gericht maar ze vervangen niet een beslissingsboom of een statistische methode;
- het Boeing-747 project was een pilot project. Bij de KLM ontbreekt het aan personeel om het systeem operationeel te maken;
- een pilot project heeft zin als je in principe bereid bent om het uiteindelijk veel groter aan te pakken. Dat vergt wel veel inspanning, met name ook van operationele mensen;
- een pilot project zou voor een groot deel uitgevoerd kunnen worden door een afstudeerstudent. Het CWI, althans dK. Lucas, lijkt zo'n project interessant, maar tijd is er op dit moment nauwelijks beschikbaar.

Dick Blaauboer  
Vz pg. BS  
15-01-1987

Bezoek aan het " Zentralanstalt für Meteorologie und Geodynamik " en de " Flugwetterwarte" van Wenen, Oostenrijk, op 27 en 28 april 1987, door Jan Hemink en Piet Rosier.

Doel van de reis: Bespreking van de beslissingsbomen, ontwikkeld door de afdeling synoptische meteorologie, en onderzoeken in hoeverre deze operationeel gebruikt worden.

1. Bezoek aan het "Zentralwetteramt - Hohe Warte".

1.2. Beslissingsbomen, gebruikt bij de centrale weerdienst te Wenen.

De beslissingboom bestaat uit 4 hoofditemen, die weer onderverdeeld zijn in een aantal kleinere onderdelen. Het doel is om het gebruik van de prognosekaarten van het ECMWF, zoals thermische frontparameter, te combineren met satelliet- en aktuele informatie.

Tijdens de bijeenkomst met mevr. V. Zwatz-Meise, de heren H. Bica en Ch. Kress (onze gastheer) werd ons uitgelegd dat de beslissingsbomen door alle meteorologen (9) tezamen ontwikkeld waren. Eenieder kende deze min of meer uit het hoofd en werden daarom nauwelijks uit de lade gehaald. Voor opleiding zijn ze zeker geschikt.

De weersverwachting voor Oostenrijk wordt bepaald door de produkten van het ECMWF. Men ontvangt vrijwel alle modeluitvoer van H+12 tot H+84 (om de 6 uur) en H+96 tot H+168 (om de 24 uur). Hun primair informatieblok (PIB) van het ECMWF bestaat uit 8-parameter kaartjes (vergelijkbaar met ons 9-oog), zie bijlage A, vanaf H+18 ("vandaag" 06 UTC) tot H+72 ("overmorgen" 12UTC), om de 6 uur. Daarnaast wordt, indien nodig, printuitvoer van diverse andere parameters geraadpleegd, secundaire aanvullende informatie, zie bijlage B1, B2, B3.

De 06 UTC-"analyse" is altijd de +18 verwachtingskaart en deze wordt met het Meteosatbeeld van 06 UTC vergeleken of de modelsimulatie in fase is met de natuur. Daarna wordt de (met de hand) geplote 06 UTC-grondkaart geanalyseerd voor bijsturing.

Omdat de interpretatie van de Meteosatbeelden een vrij arbeidsintensieve bezigheid is, heeft men dit opgenomen in het werkschema van een student, die dit op werkdagen t.b.v. de dienstdoende meteoroloog. Hij legt zijn bevindingen vast in een diagnoserapport: Satrep, zie bijlage C. Op deze manier ontwikkeld men een waardevol naslagwerk t.b.v. de operationele dienst en opleiding van meteorologen.

Algemene indruk: de operationele aanpak van het weer is academisch te noemen.

De diagnose (Satrep) en verwachting uit de modeluitvoer met de satellietfoto's is diepgaand.

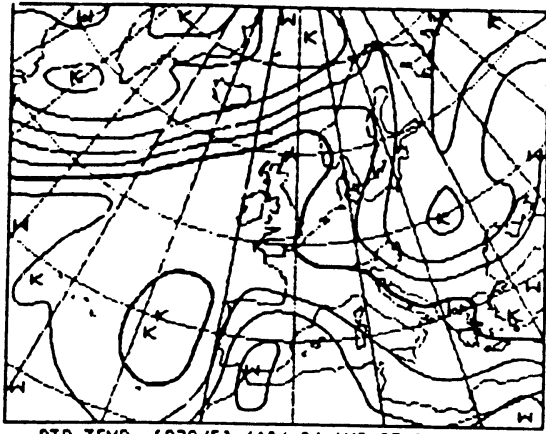
De visie, zeker bij 7 van de 9 meteorologen aldaar, is dat:

- bij gebruik van de PIB's het beter is zonder enig vooroordeel de resultaten van het ECMWF-model te bekijken. Andere aanpak van analyse en denkwijze.
- er altijd interpretatiemoeilijkheden zijn, die door discussie grotendeels

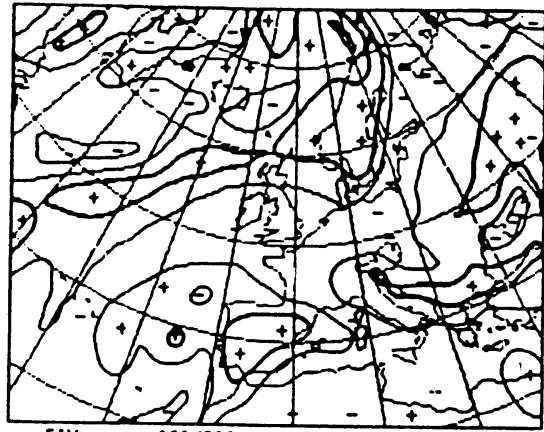
opgelost moet worden.

- niet altijd de prognosekaarten fout zijn, maar de interpretatie.
- men zich niet onzeker moet laten maken door het soms inconsistent zijn van het model.
- men niet meer zonder het ECMWF-model kan werken.

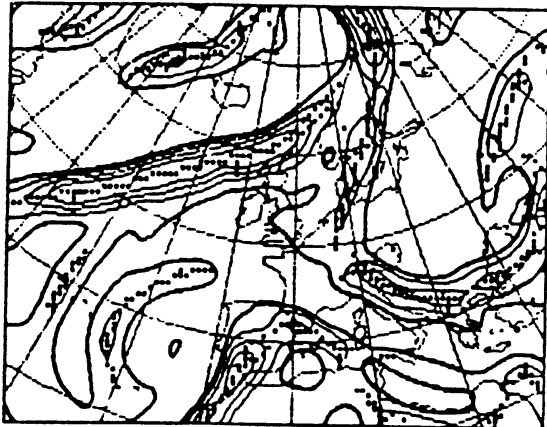
De nationale weerdienst wordt volledig gedraaid door 8 à 9 hoofdmeteorologen, alle afgestudeerd aan de universiteit. Men heeft aldaar de beschikking over een Cyber 171, die over een half jaar vervangen wordt door een Cyber 830 en een Cyber 860. De programmatuur voor presentatie van modeluitvoer op een grafisch beeldscherm is in ontwikkeling.



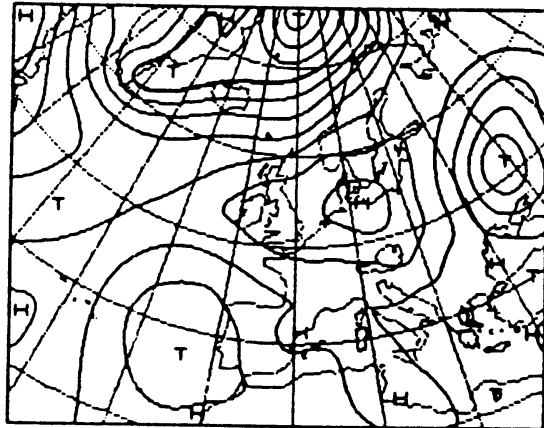
aeqRTP-TEMP (273/5) (A26.04.)MO,27.04.1987,12z



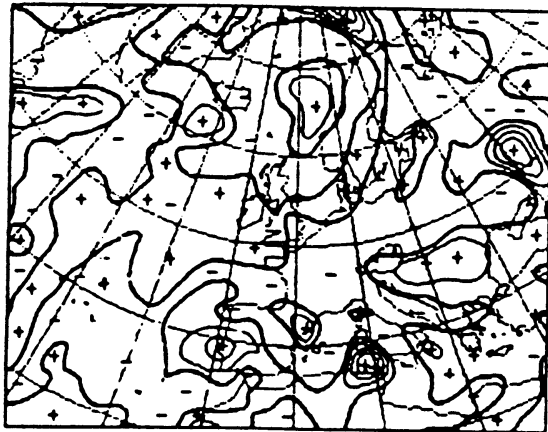
aeqFIX (80/30) (A26.04.)MO,27.04.1987,12z



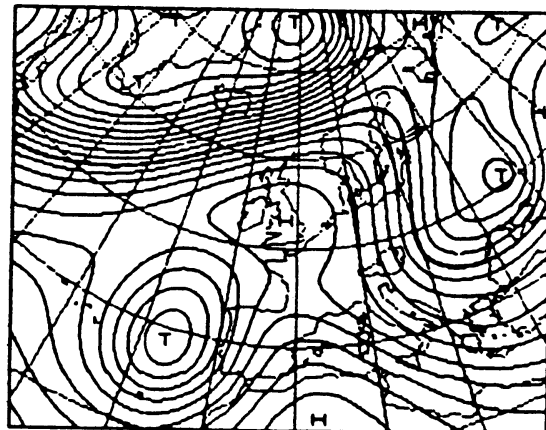
TFP (000/5) (A26.04.)MO,27.04.1987,12z



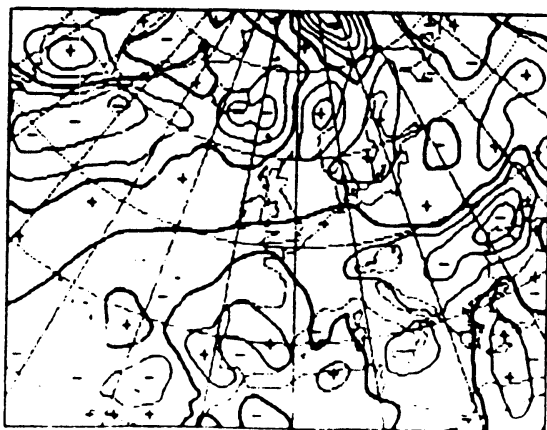
ATP1000 (000/4) (A26.04.)MO,27.04.1987,12z



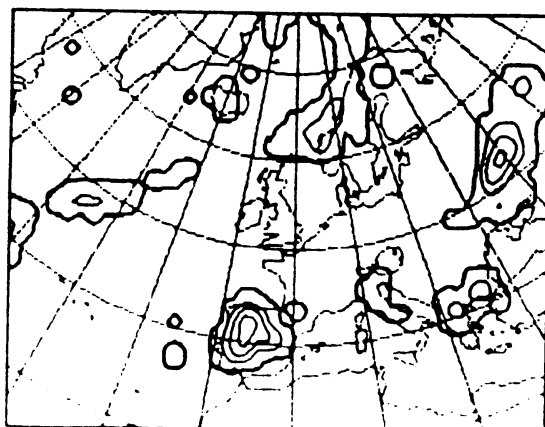
PVA500 (000/1) (A26.04.)MO,27.04.1987,12z



ATP500 (552/4) (A26.04.)MO,27.04.1987,12z

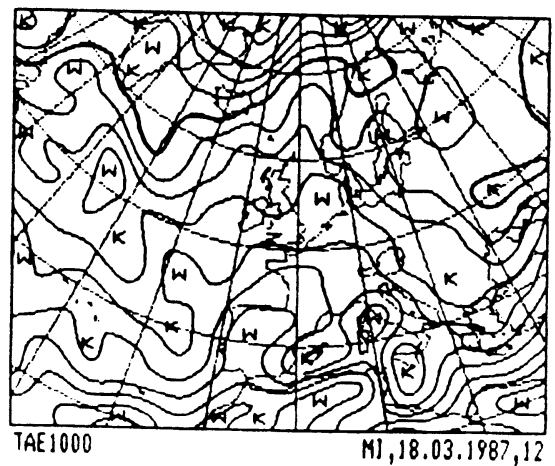
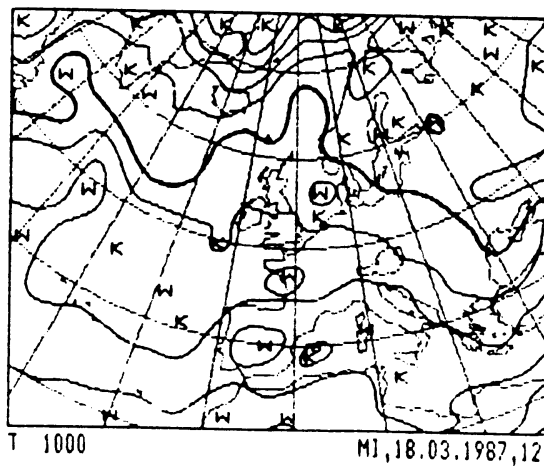
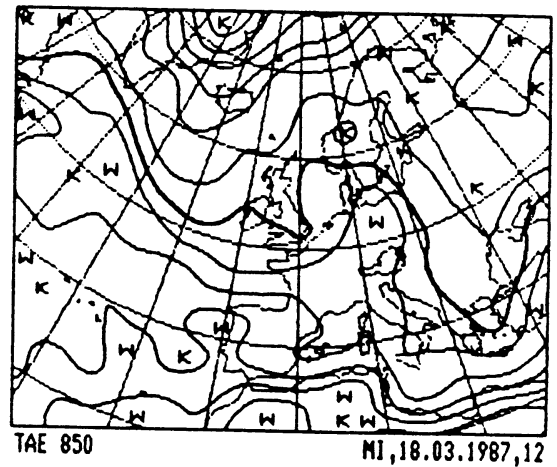
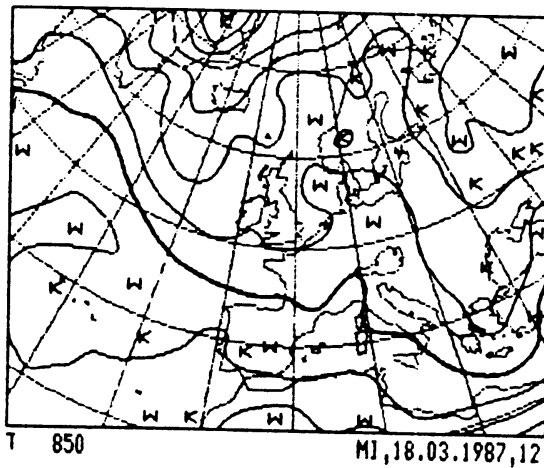
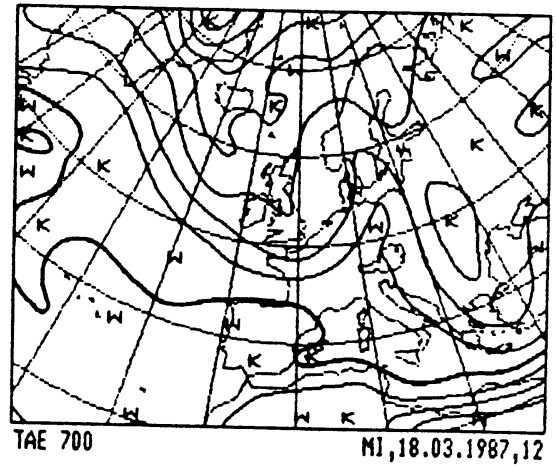
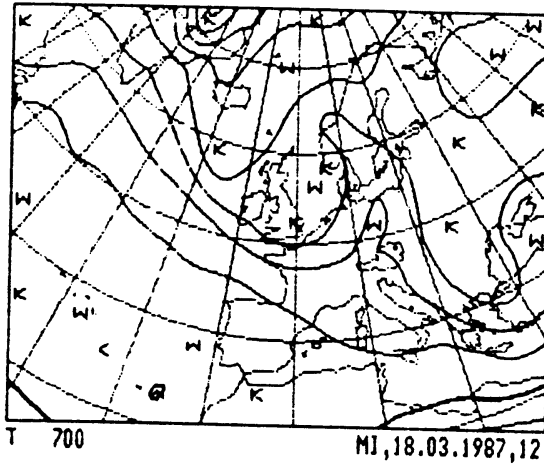
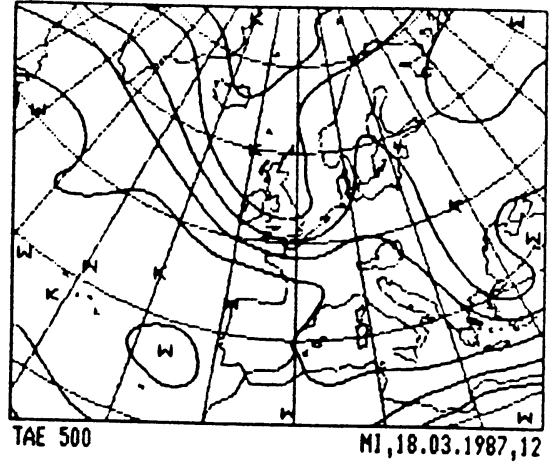
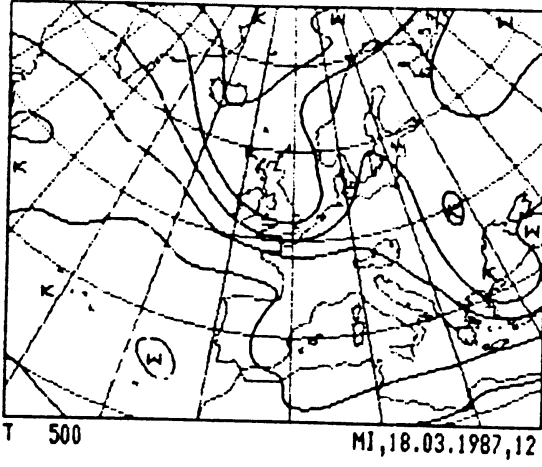


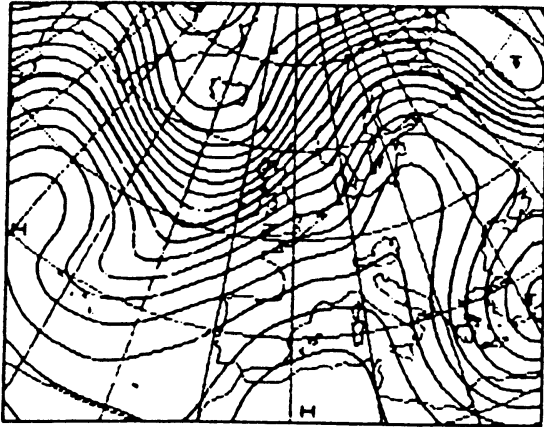
TEMPadv (000/2) (A26.04.)MO,27.04.1987,12z



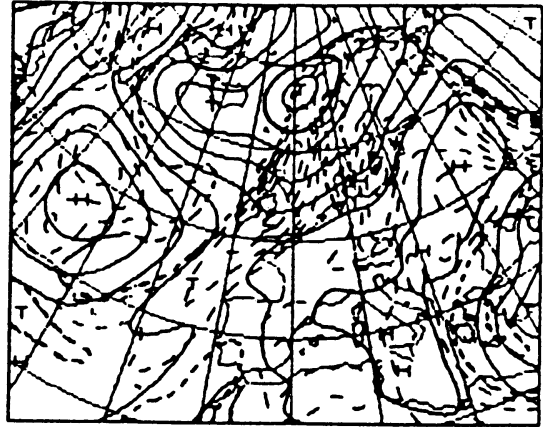
RF -/4 6 Std (001/4) (A26.04.)MO,27.04.1987,12z



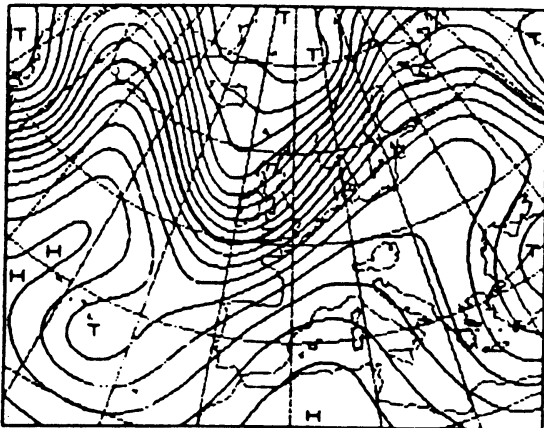




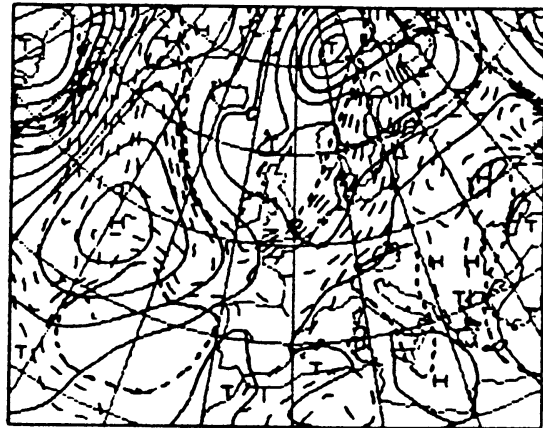
ATP500 (552/4) (A26.04.)DO,30.04.1987,12z



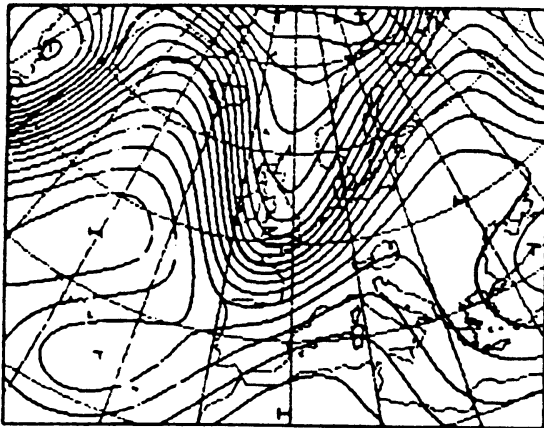
ATP1000+TFP (000/4) (A26.04.)DO,30.04.1987,12z



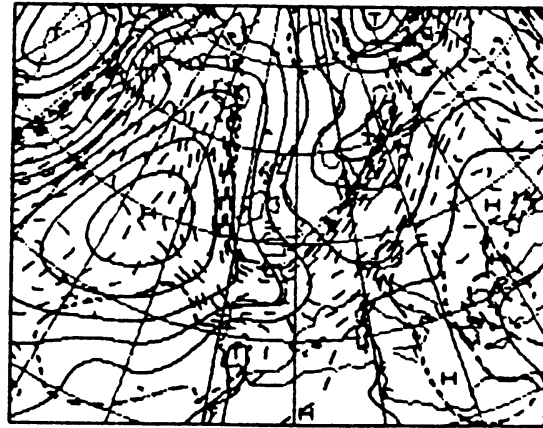
ATP500 (552/4) (A26.04.)FR,01.05.1987,12z



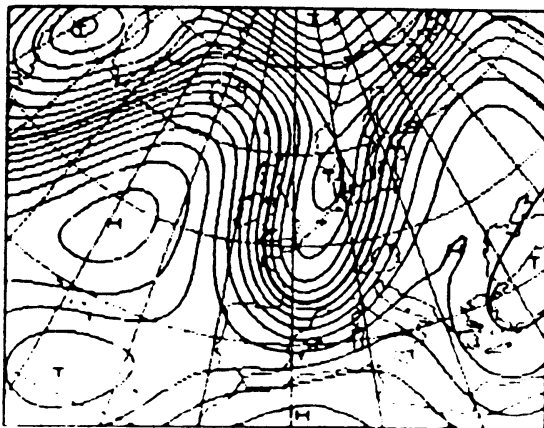
ATP1000+TFP (000/4) (A26.04.)FR,01.05.1987,12z



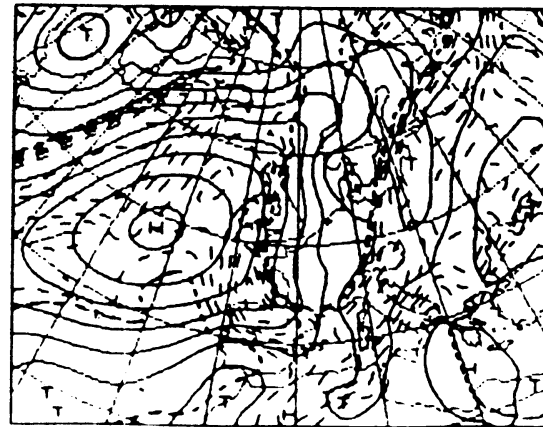
ATP500 (552/4) (A26.04.)SA,02.05.1987,12z



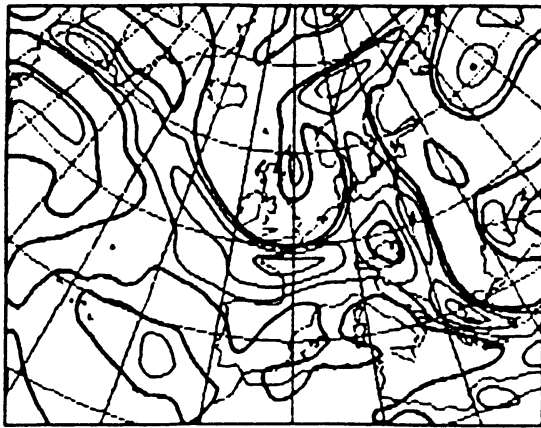
ATP1000+TFP (000/4) (A26.04.)SA,02.05.1987,12z



ATP500 (552/4) (A26.04.)SO,03.05.1987,12z

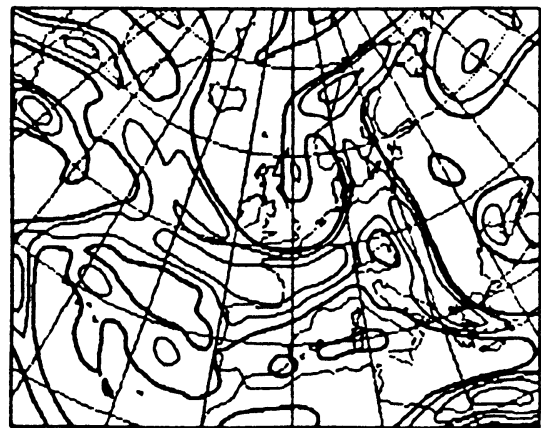


ATP1000+TFP (000/4) (A26.04.)SO,03.05.1987,12z



FP-T 500

MI, 18.03.1987, 12



FP-TAE 500

MI, 18.03.1987, 12



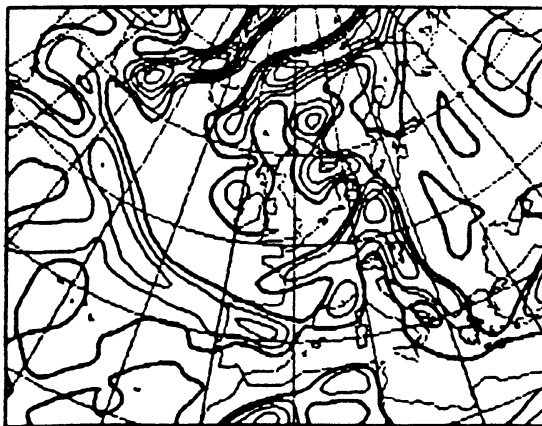
FP-T 700

MI, 18.03.1987, 12



FP-TAE 700

MI, 18.03.1987, 12



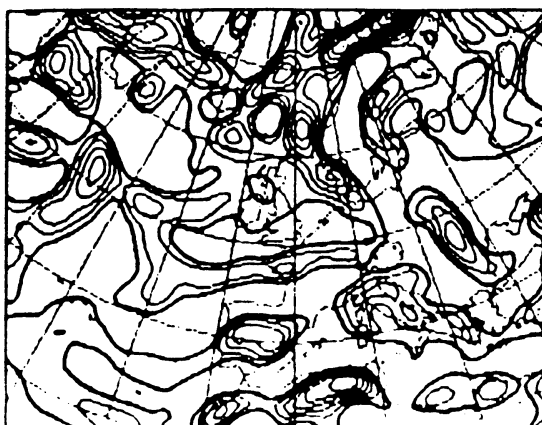
FP-T 850

MI, 18.03.1987, 12



FP-TAE 850

MI, 18.03.1987, 12



FP-T 1000

MI, 18.03.1987, 12



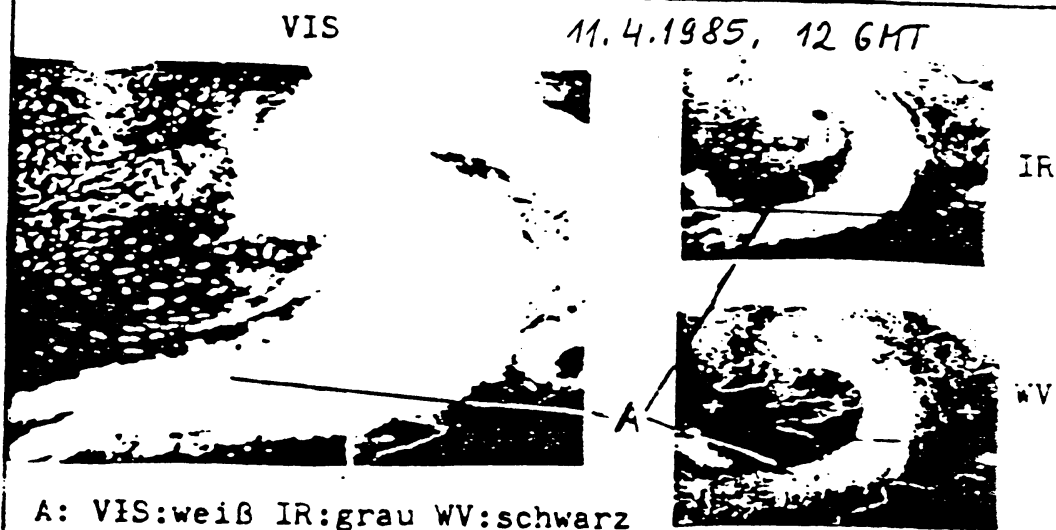
FP-TAE 1000

MI, 18.03.1987, 12

**KALTFRONTEN**

Informationsinhalt im SATREP	a) Diagnose b) Veränderungen bzgl. Lage und Intensität
Bezeichnung im SATREP 1. Teil	<u>KF split front</u>
Beschreibung	"split front": besteht aus zwei Teilen: a) an Vorderseite hochreichend; in weiterer Folge häufig Deformation dieses Wolkenbandes (ev. Hinweise im SATREP 3. Teil) b) an Rückseite tief
typische Parameterverteilung	a) WLA: Maximum PVA: Maximum RTK: Maximum b) TFP, PVA, $\zeta_s = \zeta_{H=0}$ wie bei Kaltfront in Höhe sehr trocken (schwarz im WV - Bild)

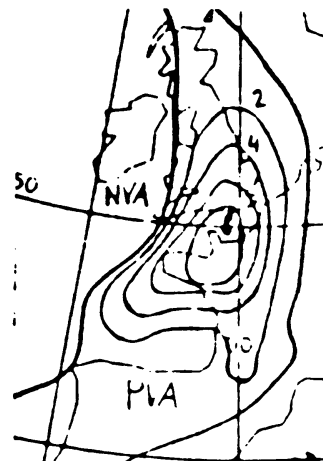
Beispiel



Frontparameter

Temp. Advektion

Vorticity Adv.



SATREP 2. Teil

- 6 GMT
- 12 GMT
- 18 GMT

- a) WLA  
PVA: geogr. Position und Wert  
RTK
- b) TFP: geogr. Position und Wert  
PVA: nur wenn erwartenswerte Abweichungen

### 3 Bezoek Flugwetterwart Wien.

Het bezoek werd gebracht als extra, ingelast onderdeel van een werkbezoek aan het "Zentralanstalt fur Meteorologie und Geodynamiek" in Wenen.

Onze interesse ging speciaal uit naar:

#### a. de Nebelvorhersage;

Voor het opstellen van de mistverwachting, zowel vorming als oplossen, wordt nauwelijks gebruik gemaakt van objectieve methoden. Er is een grafiek aanwezig met als invoerparameters: T. en Td. Combinatie van beide, vooral bij afkoeling en de verwachte windsnelheid levert een uitspraak: wel of geen mist.

Zuidoostelijk van het vliegveld, op ongeveer 10km, is het terrein lager gelegen en is een groot meer aanwezig. In dit dal vormt zich gemakkelijk mist. Deze mist beïnvloedt het weer op de luchthaven bij een zwakke tot matige zuidoostelijke wind. Om deze advectieve mist tijdig te signaleren heeft men in Trautmansdorf een transmissometer geïnstalleerd. In veel gevallen bereikt de advectieve mist binnen 2 uur het vliegveld. Dit mistobservatiesysteem vertoont veel gelijkenis met de automatische stations rondom Schiphol (Assendelft, Nieuwkoop end.) en het wordt dan ook gebruikt voor de Trend-Forecast (tot 2 uur vooruit).

Langs de twee hoofdlandingsbanen zijn per baan drie lange basis transmissometers opgesteld. Installatie van korte basis transmissometers vindt plaats ten einde de CAT3-status te kunnen verwerven. De waarnemer bepaalt het vurenzicht o.m. aan de hand van het al of niet inschakelen van lampen op vaste punten of gebouwen.

#### b. Windshear:

Windshearwaarschuwingen worden uitgegeven in buiensituaties. Een windshearalertsysteem is niet aanwezig. Wel beschikt men over een continue registratie van de wind op een 300 m hoge toren ten westen van het vliegveld.

#### c. Werkwijze:

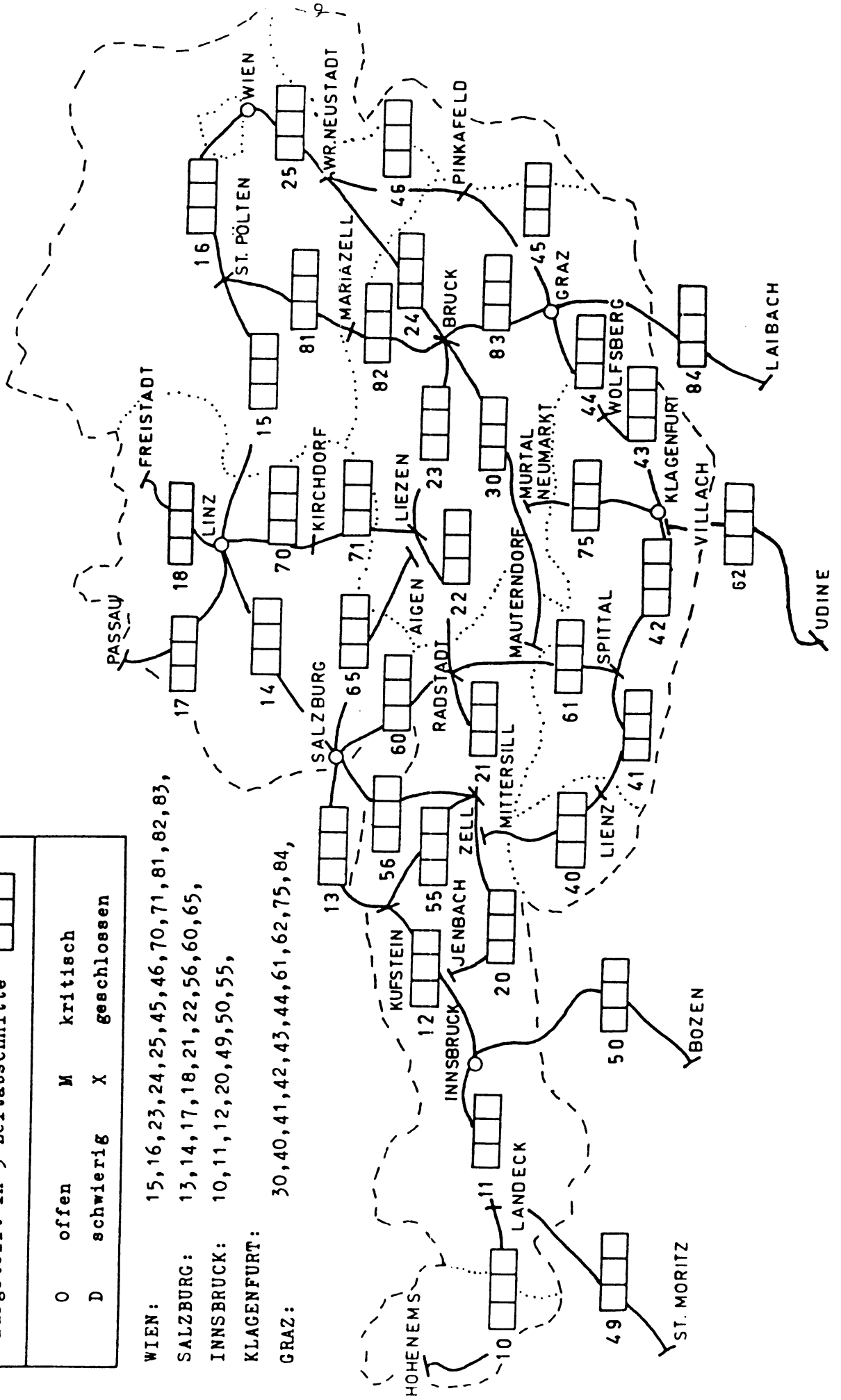
Een mengeling van oude en nieuwe technieken. Weerkaarten worden met de hand geplot. Meteosatfoto's worden in loops gepresenteerd. De handanalyse 500 Hpa. ligt op de balie naast de computerprodukten van Offenbach. Men is ook niet erg te spreken over de Offenbach SWC. en men staat argwanend t.o.v. het ECMWF. Misschien is het feit dat we door een wat oudere Meteorologe werden rondgeleid werden hier debet aan. De radar werkte niet, maar het streven is; de Integratie van de weerradars van Innsbruck, Graz en Wenen. De vluchtdocumentatie is geautomatiseerd, de voorlichting geschiedt aan de balie en op een vooruitgeschoven post: het Crew-Centre van Austrian Airlines. Hoofdmeteorologen maken de verwachtingen, Berater (= forecasters) "verkopen" het weer en Techniker (= assistenten) doen de waarnemingen en plotten weerkaarten. De G.A. verwachting, opgesteld door een hoofdmeteoroloog, is alleen beschikbaar op de vliegvelden. De scheiding grote- en kleine luchtvaart is ook hier aanwezig. De Gafor wordt regionaal opgesteld, zie bijgevoegd voorbeeld. Ballonvaart komt ook steeds meer voor en t.b.v. zweefvliegerij wordt een apart weerbericht opgesteld. Voor verdere info verwijs ik naar Fam. Flight verslagen van LMD-collega's, die het afgelopen jaar ook in Wenen op bezoek waren.

# G A F O R

Datum . . . . gültig von . . . bis . . . GMT  
aufgeteilt in 3 Zeitabschnitte

O	offen	M	kritisch
D	schwierig	X	geschlossen

WIEN: 15, 16, 23, 24, 25, 45, 46, 70, 71, 81, 82, 83,  
 SALZBURG: 13, 14, 17, 18, 21, 22, 56, 60, 65,  
 INNSBRUCK: 10, 11, 12, 20, 49, 50, 55,  
 KLAGENFURT: 30, 40, 41, 42, 43, 44, 61, 62, 75, 84,  
 GRAZ: 13, 14, 17, 18, 21, 22, 56, 60, 65,



Bezoek aan het "Centre de météorologie marine" en de regionale weerdienst, beide te Brest, Frankrijk op 7 en 8 april 1987, door Kees Blom en Dick Blaauboer.

## 0. Doel van de reis

Bespreking van een te Brest ontwikkeld meteorologisch expert system voor het voorspellen van mist op zee, i.v.m. een onderzoek van de projectgroep Beslissystemen naar een operationeel in te voeren beslissysteem voor het KNMI.

## 1. Bezoek aan het centre de météorologie marine

### 1.1 Organisatie direction de la météorologie en i.h.b. centre de météorologie marine.

Zie bijlage 1.

### 1.2 Onderzoek mist op zee

Onze gastheer, Michel Trémant, geeft een overzicht van zijn onderzoek gedurende de afgelopen jaren betreffende mist op zee. Hij is begonnen met klimatologisch en statistisch onderzoek (Trémant, 1985) voor enkele geselecteerde plaatsen, nl. Friggfield (een Frans-Noors productie-platform in de Noordzee op 60 N 2 O) en positie schip C (53 N 35 W). De gebruikte datasets strekken zich uit van juni '77 t/m mei '81 met enkele onderbrekingen. Een gebruikte deelset zijn de zomerseizoenen (mei-okt) van die jaren (vaker mist). De belangrijkste predictors voor mist op zee zijn (in willekeurige volgorde):

- \* windrichting
- \* windsnelheid
- \*  $T - T_d$  ( $T$  is temp. droge bol,  $T_d$  is temp. natte bolt)
- \*  $T - SST$  (SST is sea surface temp.)
- \*  $T_d - SST$
- \* luchtdruk
- \* druktendens (waarde= ppp)
- \* druktendens (klasse= a)

Het onderzoek geeft informatie over de voorspellende waarden van deze parameters in samenhang met het optreden van mist. Alleen advectieve mist wordt bekeken (95% van alle voorkomende mist). Een van de conclusies is dat een zuiver objectieve methode te veel missers oplevert (fals alarm of niet voorspeld en wel opgetreden). Daarom is besloten een expert system te bouwen waarin naast statistische informatie ook synoptische kennis wordt gebruikt.

### 1.3 Het expert system 4F (fog forecast on frigg field)

Definities: Een expert system is een samenstelsel van een kennisbestand en inferentieprocedures dat bedoeld is om problemen op te lossen die voor hun oplossing een bepaalde expertise vereisen. Het kennisbestand (knowledge base) is een databank waarin naast feiten (parameter waarden) ook expert kennis (methoden, regels) zijn opgeslagen. De inferentieprocedures vormen een model van de redeneertechniek van de expert (manier waarop kennis gebruik wordt). Deze laatste vormen samen met de editing (formuleren van kennis) en consulting (gebruik van het systeem) faciliteiten de zo geheten expert system shell. Shell en knowledge base zijn volledig van elkaar gescheiden. De mate waarin men een systeem expert kan noemen hangt af van:

- a. de volledigheid van het kennisbestand,
- b. de natuurgetrouwheid van het redeneermodel.

Waar het bij a. al moeilijk is het doel te bereiken is het bij b. voorlopig onmogelijk. Er zijn al heel wat inferentietechnieken ontworpen maar de gelijkenis met de menselijke redeneer wijzen is tot nu toe beperkt. Op beide gebieden wordt veel onderzoek verricht. Meer hierover in een binnenkort te verschijnen memo.

De bouw van het expert system 4F gebeurde in opdracht van de maatschappij ELF-Aquitaine-Norge die op de lokatie Friggfield opereert en in samenwerking met de regionale weerdienst en de school voor telecommunicatie te Brest. Afgezien van het bovengenoemde uitgebreide vooronderzoek heeft het bouwen van het expert system tot nu toe verrassend weinig tijd gekost:

- ca. 1 week kennisextractie. Dit gebeurde door samenwerking van  $\pm$  5 experts (meteorologen) een knowledge-engineer (Michel Trémant) en een technicus (leerling van de school voor telecommunicatie).
- ca. 3 maanden testen (door Michel Trémant)
- ca. 6 maanden operationele test (mei-okt '87), gedurende welke nog enkele aanpassingen plaats kunnen vinden.

Hierbij moet wel bedacht worden dat het om een relatief simpel expert system gaat.

Resultaten van de pre-operationele fase

		opgetreden		
		geen mist	mist-banken	dichte mist
voorspeld	geen mist	108	3	3
	mogelijk mist	18	9	1
	mist	12	1	13

Bij de 18 gevallen waarin "mogelijk mist" werd voorspeld maar geen mist optrad op Frigg field zijn ook gevallen waarbij wel in de buurt mistbanken optraden.

Expert system shell M1

Deze Shell is gekocht bij de firma Framentec voor 200kFF (ca. 70 kF). Deze prijs is volgens ons veel te hoog voor het geleverde (vgl. Xi, -plus van Syco voor ca. 5kF). De shell is geschreven in PROLOG en kan gedraaid worden op een IBM-compatible PC met 512 KB ram. Het is een "rule-based" system (maximaal  $\pm$ 200 regels indien werkend op een PC), d.w.z. de kennis moet opgeslagen worden in if (condition) then (action) statements. De inferentie machine is "pattern directed", d.w.z. dat het systeem afhankelijk van de doelstelling zoekt naar een patroon van regels die op de oplossing betrekking hebben en deze vervolgens in een bepaalde volgorde afwerkt. De details geeft de firma Framentec niet prijs. Voor nadere bijzonderheden over "rule based" systems wordt weer verwezen naar het binnenkort te verschijnen memo over expert systems. Wat het system 4F mist is een mogelijkheid om te vragen waarom het systeem bepaalde vragen stelt of hoe hij tot een conclusie komt. Wel is een compleet overzicht beschikbaar van de volgorde waarin de regels zijn gebruikt, maar hiermee begint men weinig. Voor het ontwikkelen van een expert system m.b.v. de shell M1 is een apart software pakket nodig, geleverd door Frementec voor 10kFF (ca. 3kF).



Voor het aangeven van onderzekerheden wordt een certainty factor gedefinieerd die vier waarden kan aannemen (improbable, possible, probable, certain). Deze waarden zijn vastgelegd in de regels. Bij het combineren van verschillende certainty factors (bijv. in de condities van een regel) wordt in de evaluatie van die regel de laagste genomen (onder gebruikmaking van niet-mathematische logica).

Het huidige expert system 4F bevat ca. 100 regels. Het is dus een beperkt maar, zoals het er nu naar uit ziet, goed bruikbaar systeem. Het dient gebruikt te worden als hulp van de meteoroloog; om ermee te kunnen werken is meteorologische kennis van de actuele situatie noodzakelijk. Het systeem biedt ook mogelijkheden bij opleiding van nieuwe meteorologen. Komende zomer wordt een operationele test uitgevoerd (Trémant, 1987).

#### 1.4 Andere meteorologische expert systemen in Frankrijk

Naast het expert system 4F zijn er in Frankrijk nog enkele meteorologische expert system projecten:

- als vervolg op het 4F project denkt men het gebouwde systeem geschikt te maken voor gebruik op andere lokaties (in de Kanaalzone, uitbreiding met stralingsmist).
  - gedacht wordt aan de ontwikkeling van een expert system voor de voorspelling van neerslag in het departement Finistère.
  - een expert system voor mistvoorspelling in Noord-Frankrijk (i.v.m. verkeersongelukken).
  - een expert system voor waarschuwingen i.v.m. lawinegevaar (ontwikkeld i.s.m. het Centre d'Etude de la Neige, CEN te Grenoble, Granier et Lefèvre, 1984).
  - expert system Scapin, een algemeen meteorologisch expert system, begonnen als afstudeerproject van studenten aan de ENM (Ecole National de Météorologie) te Toulouse.
- M.u.v. het lawine-project zijn genoemde expert systems nog verre van operationeel.

#### 1.5 Conclusies

Algemeen.

- Bij het opzetten van een expert system is het belangrijk eerst het nodige statistisch/klimatologisch onderzoek te doen (correlaties berekenen van te voorspellen grootte met alle mogelijke meteorologische parameters).
- Vanwege het gebruik van statistische informatie is het vaak verstandig (bijv. bij mist) expert systems per lokatie te ontwerpen. Meer globale grootheden zijn op te vatten als gemiddelden van lokale grootheden.
- Het nut van een expert system wordt in hoge mate bepaald door de mate waarin het kennisdomein afgebakend kan worden en onexacte expert kennis een rol speelt bij de oplossing van problemen.

Expert system 4F.

- De ervaringen met het expert system 4F voor mist voorspelling op zee zijn gunstig. Operationele invoering is voorzien na de definitieve test komende zomer.
- De ontwikkeltijd van het expert system viel mee (minder dan een jaar), maar voorafgaand hieraan is uitgebreid klimatologisch/statistisch onderzoek gedaan.
- De prijs van de expert system shell M1 ( $\pm 70kF$ ) is te hoog. Het systeem is bovendien niet gebruikers vriendelijk genoeg. (Geen ondervraag mogelijkheden).

- 4F is een vrij klein systeem. Het werkt daardoor acceptabel op een normale PC (IBM-compatible). Ook uitgebreidere systemen (met dezelfde shell) zouden op een PC kunnen draaien, maar de performance loopt dan snel terug.
- Het systeem 4F is alleen te gebruiken door meteorologisch geschoolde gebruikers, of als opleidingsmiddel door leerling meteorologen.

#### 1.6 Literatuur

1. Trémant, M., Contribution à l'étude du brouillard en mer, étude d'une méthode de prévision, Note de travail d'EERM, No 121, avril 1985.
2. Trémant, M., The expert system "4F", persoonlijke communicatie, 1987.
3. Granier, Th. et Lefèvre J.M., Méthode empirique pour la prévision des risques d'avalanches (étude d'un système expert d'aide à l'analyse de situation), en collaboration avec le Centre d'Etude de la Neige, juin 1984.

2. Bezoek aan de Meteorologische dienst op de luchthaven  
**Brest-Guipavas.**

Doel van het bezoek is tweeledig, enerzijds zijn we erg benieuwd hoe de experts aankijken tegen het expert-system **4F**, waarvoor zij zelf de benodigde meteorologische kennis en ervaring ingebracht hebben, anderzijds is het altijd leerzaam om te zien hoe een andere Meteorologische dienst werkt.

We worden ontvangen door M. Fons, hoofd van het station.

M. Fons geeft een toelichting op de medewerking die hij en enkele collega's gegeven hebben aan de opbouw van de knowledge-base van **4F**.

Verreweg het meeste werk is verzet door M. Trémant die een aantal jaren voorbereidende klimatologische en statistische onderzoeken heeft gedaan naar het voorkomen van mist op zee, speciaal op de lokatie van schip-C en het Frigg-field op de noordelijke Noordzee.

De bijdrage van de experts heeft bestaan uit een aantal bijeenkomsten van experts, M. Trémant en de student van de school voor Telecommunicatie die de uiteindelijke programmering verzorgd heeft.

Trémant geeft aan dat het erg moeilijk is geweest de "expertise" van de verschillende meteorologen onder een gezamenlijke noemer te brengen, het is heel duidelijk dat elke meteoroloog zijn eigen wijze van benaderen, zijn eigen denktrant er op na houdt.

M. Fons verwacht in de toekomst veel van expert-systems. Niet alleen **4F**, maar ook andere systemen die nog ontwikkeld moeten worden. Het gebied rond Brest (Finistère) kent een aantal specifieke lokale en regionale meteorologische problemen die naar zijn mening heel goed d.m.v. een expert-system aangepakt kunnen worden.

Er vinden al voorbereidende werkzaamheden plaats om t.z.t. een expert-system te kunnen bouwen voor de verwachting van neerslaghoeveelheden en eventuele overstromingen die daarvan het gevolg zouden kunnen zijn.

Er is in Finistère een uitgebreid netwerk opgezet van neerslagwaarnemingen, gedeeltelijk al geautomatiseerd, waarvan de klimatologische informatie één van de basisgegevens voor een knowledge-base kan gaan vormen.

Ook ziet M. Fons mogelijkheden voor de lokale mistverwachting voor de luchthaven zelf, er komt op ca. 200 dagen per jaar mist voor.

Als ander belangrijk punt ziet men in de toekomst de opleiding van jonge meteorologen die net van school komen, zij zouden met behulp van expert-systems veel sneller de kennis en ervaring van hun oudere collega's kunnen overnemen dan in het huidige systeem.

De meteo van Brest-Guipavas.

Door de geografische ligging - het meest westelijke meteostation in Frankrijk - is Guipavas veel meer dan alleen een vliegveld meteo. Men is verantwoordelijk voor een uitgebreid scala aan verwachtingen, waarvan de maritieme de belangrijkste zijn.

Men geeft op routinebasis verwachtingen uit voor het gehele kustgebied van Finistère, dat een lengte heeft van ca 300 km en waarvan de breedte op 20 NM gesteld wordt. In dit gebied lopen de drukke scheepvaartroutes van en naar Het Kanaal. Bovendien is er in dit gebied zeker 's-zomers grote drukte van watersporters.

Verder worden er speciale verachtingen gemaakt voor het gehele gebied van de oostelijke Atlantische Oceaan wanneer daar schepen in moeilijkheden verkeren. Ook worden er verwachtingen opgesteld ten behoeve van de Search and Rescue vliegtuigen van de Franse Luchtmacht, die op een nabijgelegen vliegbasis gestationeerd zijn. De Force Aérienne heeft wel eigen meteorologen, maar deze werken niet continu en ook kent men er geen instelling die vergelijkbaar is met LuMetC.

Brest-meteo is tevens verzamelstation voor alle scheepswaarnemingen die via het kustradiostation worden ontvangen. Er vindt eerst controle plaats, waarna de waarnemingen worden verstuurd naar LFPW.

Om het waarnemingsnet boven zee uit te breiden zijn er een aantal vissersschepen uit een naburige haven uitgerust met apparatuur, maar om één of andere reden functioneert dit niet operationeel. Er wordt nu aan gedacht de Vissersvloot die verder zee op gaat voor waarnemingen in te richten waardoor uiteindelijk een gesloten net zou kunnen ontstaan dat zich uitstrekt van de Spaanse noordwestkust tot het zeegebied ten westen van Schotland. Men betreurt ook hier het opheffen van Schip-R in hoge mate. Naast deze maritieme verwachtingen kent men vrijwel hetzelfde scala als op SPL, maar met dit grote verschil dat deze hier wel degelijk tot de officiële taak van het station behoren.

Men maakt dagelijks een verwachting voor een regionale krant bestaande uit een tekst en een kaartgedeelte over een breedte van twee kolommen en ter lengte van ongeveer een halve pagina. De krant betaalt daarvoor FF 200,= per dag. Verder wordt er verschillende keren per dag een verwachting voor het publiek gemaakt ten behoeve van de landelijke radiozender, hiervoor wordt niet betaald. Wel zijn er besprekingen gaande met een grote

particuliere radiozender in Brest die graag een verwachting live in de uitzending wil, zoals op SPL Radio-Stad. Gedacht wordt aan een kontrakt voor voorlopig één uitzending per dag van  $\frac{1}{2}$  a 1 minuut, waarvoor dan FF 14,= betaald zou moeten worden.

Bovendien wordt de algemene verwachting samen met een landbouwverwachting ingesproken op een automatisch antwoordapparaat dat via 28 lijnen te benaderen is. Gemiddeld wordt dit bericht 40000 x per maand gebeld, maar in de afgelopen zeer koude januarimaand werd meer dan 100000 x gebeld. Ook de scheepvaartverwachting is op deze manier te beluisteren, hiervoor zijn 12 telefoonlijnen beschikbaar, er wordt gemiddeld 20000 x per maand gebruik van gemaakt. Men is zeer teleurgesteld dat de revenuen daarvan geheel ten goed komen aan de Franse PTT.

Al deze verwachtingen worden gemaakt door een team van 3 meteorologen, althans in de dagdienst, 's-nachts is er slechts één op dienst.

De diensten worden verricht in ploegen van 12 uur, de ene van 06.15-18.30z de andere van 18.15-06.30z.

Tijdens de dagperiode is er een aparte meteoroloog ten behoeve van de luchtvaart, deze vervaardigt korte en lange TAF en verzorgt ook de briefings aan vertrekkende piloten. Door de gunstige lokatie op het veld komen de piloten ook inderdaad zelf met de meteoroloog praten, iets wat in Frankrijk een grote uitzondering schijnt te zijn. Het aantal briefings voor de commerciële luchtvaart is niet erg groot, er is een aantal keren per dag een lijndienst naar Parijs en in de zomermaanden zijn er charters naar diverse vakantiebestemmingen.

Aan kaartmateriaal hebben de meteorologen de beschikking over Facsprodukten uit Parijs. Er zijn elke drie uur geplotte kaarten van Frankrijk en op de Main-hours kaarten van W-Europa. Deze 6-uurlijkse kaarten worden opgeplakt op een veel grotere kaart waar ook een groot stuk oceaan op staat, zodat men zelf scheepswaarnemingen met de hand kan bijplotten.

Verder ontvangt men over de Facs dezelfde luchtvaartkaarten als op SPL en ook de verwachte kaarten van zowel ECMWF als het eigen Franse model. Van Bracknell zijn er dan de ASXX en FSXX tot 72 uur vooruit.

Een belangrijke rol is verder weggelegd voor Meteotel 2, een grafisch systeem, gestuurd door de centrale computer in Parijs waarop de meteoroloog een scala van mogelijkheden wordt geboden.

Presentatie is o.a. mogelijk van:

- Satellietfoto's (Meteosat IR/VIS)
- Radarbeelden
- Verwachte velden uit het Franse model
- Informatie uit de laatste Metars
- Combinaties van bovenstaande,  
bijv. satelliet en radar van dezelfde tijd,  
maar ook laatste Metars in satellietfoto van zelfde tijd  
of extrapolatie van laatste satellietfoto tot 4 uur vooruit  
(m.b.v. berekend 700 mb windveld)  
Gecombineerd Radarbeeld Frankrijk en Zuid-Engeland.

Bediening van het geheel gebeurt met een normaal keyboard.  
Het hoofd van dienst was zeer tevreden over het werken met Meteotel, helaas  
hebben we de mening van de meteorologen hierover niet gehoord.

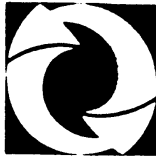
Het waarnemen.

Brest-Guipavas verzorgt zowel aerologische, synoptische als  
aeronautische waarnemingen.

Tweemaal per dag wordt een radiosonde opgelaten die met radar gevolgd  
moet worden. Het radiosondesysteem is eigen Frans fabrikaat en zal de  
komende jaren vervangen worden door het ook bij ons bekende Vaisala-  
systeem. Door de beperkte personeelsbezetting 'snachts heeft men  
vooral onder slechte weersomstandigheden grote problemen om de ballon  
gelanceerd te krijgen. Om 0600 en 1800 UTC wordt tevens nog een hoogtewind-  
waarneming gedaan.

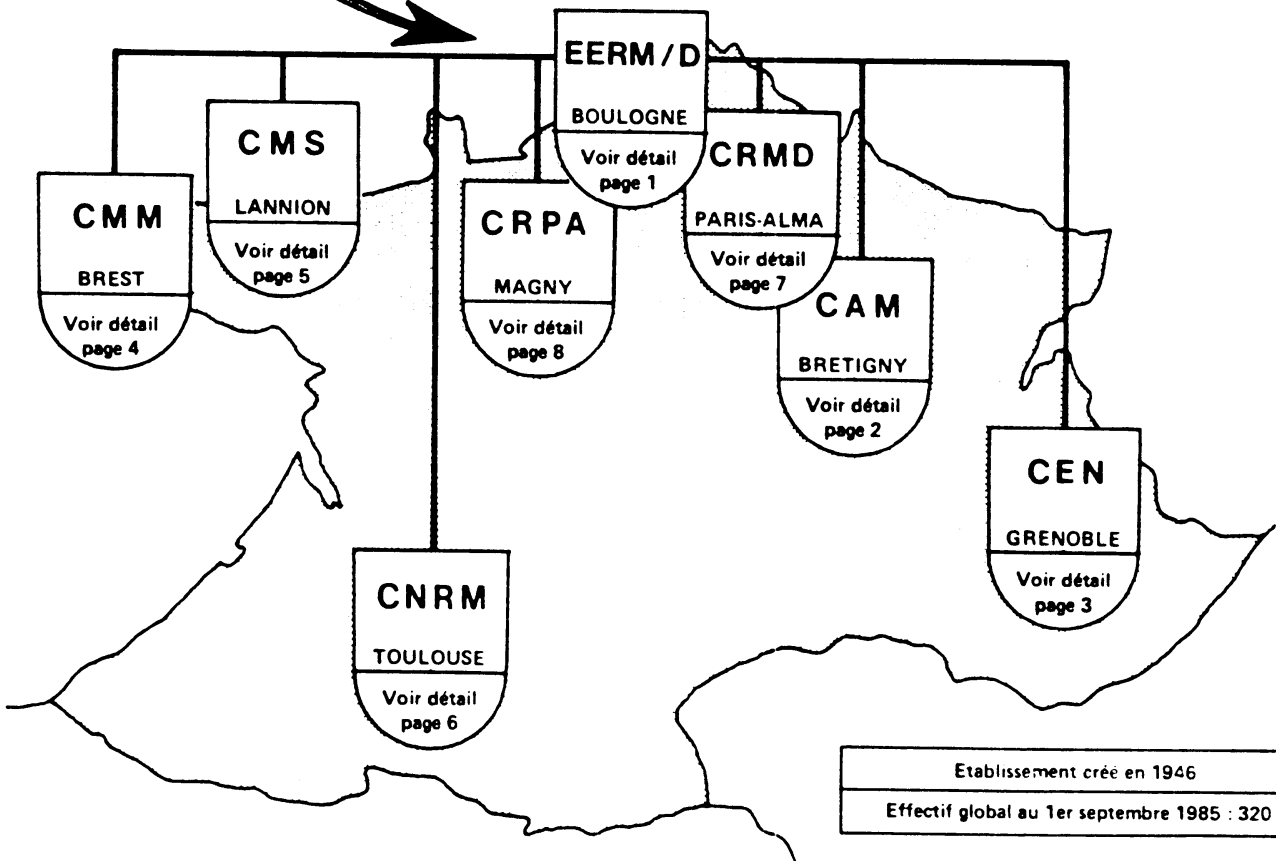
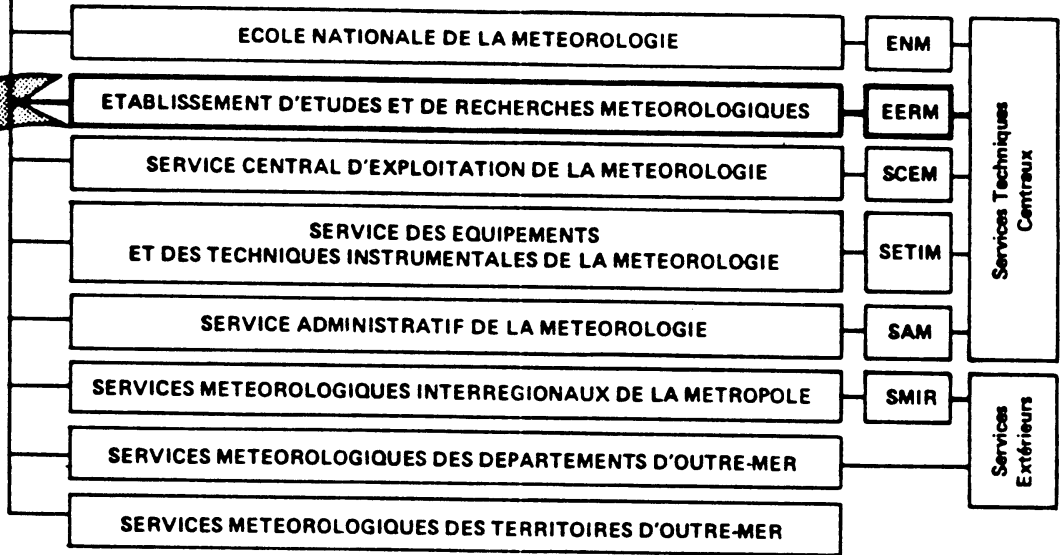
Synoptische waarnemingen zijn er elke drie uur en worden door dezelfde  
waarnemer gedaan die ook de Metars en Specials opstelt. Er is apparatuur  
voor het waarnemen van windrichting en windsnelheid, temperatuur, dauwpunt,  
wolkenhoogte, neerslag, zonnenschijnduur en straling. Temperatuur wordt niet  
alleen op 1,5m. maar ook op 10m, 10cm en in de grond tot 1m diep gemeten,  
dit speciaal ten behoeve van de landbouw. Opvallend is het ontbreken van  
instrumenten om het zicht te bepalen, de waarnemer doet dit nog helemaal  
op het oog, in mistsituaties gaat hij nog echt lampen tellen langs de baan.  
Ook is de waarnemer belast met het bepalen van de Runway conditions bij  
gladheid.

Samenvattend, meteo Brest maakt een uitgebreid scala aan verwachtingen  
en waarnemingen, op sommige terreinen is men duidelijk verder dan het  
KNMI (Meteotel 2, expert-systeem bijna operationeel), op ander gebied is  
men minder ver (radiosonde, zichtwaarnemingen).



DIRECTION DE LA METEOROLOGIE

CONSEIL DE LA RECHERCHE METEOROLOGIQUE



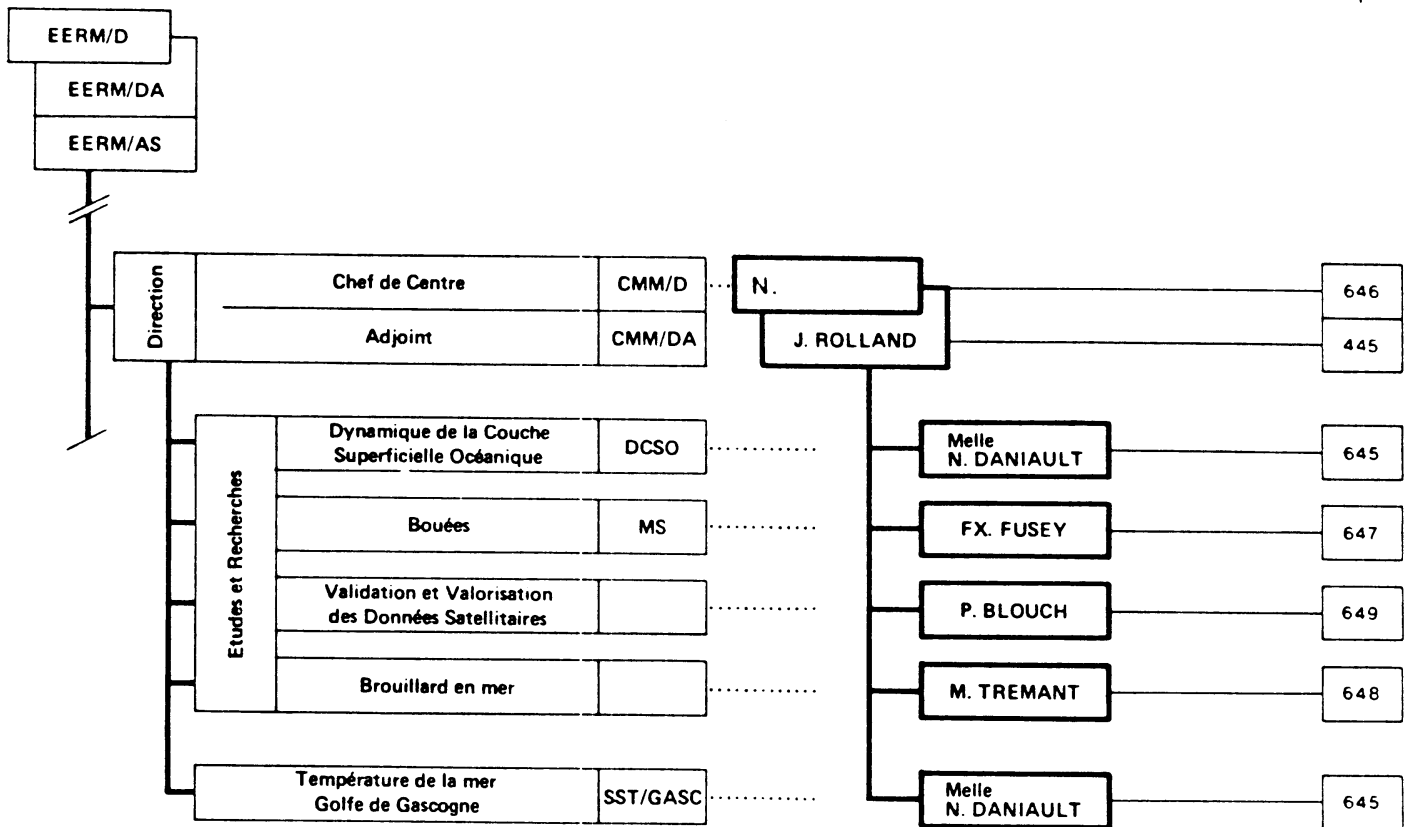
# EERM/CMM

## CENTRE DE METEOROLOGIE MARINE (BREST)

IFREMER/Centre de Brest  
SAINTE-ANNE-DU-PORTZIC  
B.P. 337 PLOUZANE  
29273 BREST CEDEX

Télex (IFREMER) : 940627 OCEANEX PLZAN  
(Préciser «ATTN METEO/CMM»)  
Téléphone (IFREMER) : (98) 45 80 55\*

Poste  
↓



\*A/C du 26.10.85 : 98 45 80 55

Centre créé en 1971
Effectif au 1er septembre 1985 : 8