

40 Jaar Ontwikkeling in de operationele meteorologie

Deel 3: Werkmethoden en de rol van de meteoroloog

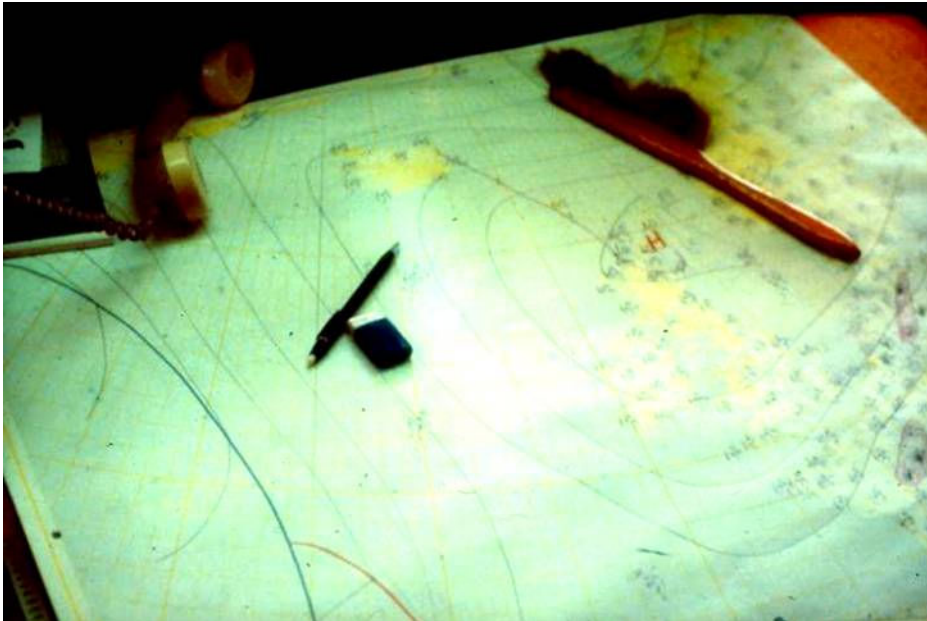
Ruud Ivens (ex-KNMI)

De operationele meteorologie heeft de afgelopen 40 jaar een grote ontwikkeling doorgemaakt. Enerzijds als gevolg van de toegenomen kennis voortkomend uit meteorologisch onderzoek, anderzijds door toepassing van een zich steeds verder ontwikkelende technologie, waardoor deze nieuwe kennis voor praktisch gebruik beschikbaar kon komen. Denk bij dat laatste vooral aan de exponentiële ontwikkeling in de rekenkracht van computers, waardoor rekenmodellen bijna real-time de toestand van de atmosfeer met grote nauwkeurigheid kunnen beschrijven en voorspellen tot ruim een week vooruit. Ook niet te vergeten: de snelle wereldwijde datacommunicatie en gegevenspresentatie. Deze ontwikkelingen hebben vanzelfsprekend hun sporen nagelaten in de werkmethode van de operationeel meteoroloog en een onafwendbare invloed gehad op de rol van de meteoroloog in operationele processen bij het totstandkomen van de weersverwachting. Daarover gaat dit laatste deel. Ik wijs er op dat het geen nauwgezette historische uiteenzetting wordt. De nadruk ligt vooral op verschillen tussen toen en nu, juist om de stormachtige ontwikkeling te benadrukken die zich binnen één meteorologengeneratie heeft voltrokken.

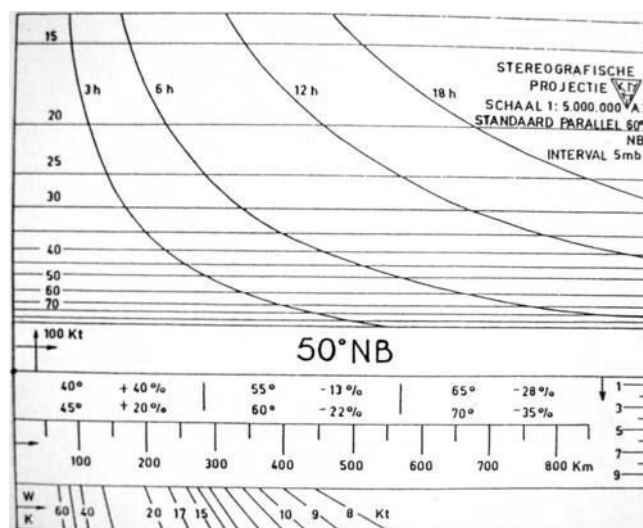
Het “edele” handwerk

Rond 1965 werkte de operationeel meteoroloog geheel aan de hand van weerkaarten op groot papierformaat (veelal A1) met daarop de in de vorige aflevering beschreven weerinformatie (plotjes van waarnemingen). Om deze gegevens te kunnen interpreteren en om te vormen tot een fatsoenlijke weersverwachting beschikte de meteoroloog uitsluitend over de volgende gereedschappen: potlood, gum, veger, analyseschaaltje (figuren 1 en 2) en inzicht in de samenhang tussen weerselementen en –verschijnselen. Dat laatste werd voornamelijk verkregen door middel van een ongeveer half jaar durende doelgerichte opleiding, gevolgd door een drie maanden durende praktijkstage. De praktijkstage diende tevens als toetsing of de aankomend meteoroloog wel echt geschikt was voor het vak. In die praktijkstage bleek dat de meteoroloog bovendien nog diende te beschikken over de nodige intuïtie voor kleine aanwijzingen op de weerkaart, die grote gevolgen konden hebben voor de weersverwachting. Wie daar niet over beschikte haakte meestal binnen een jaar af.

Ook niet te vergeten: de pas opgeleide meteoroloog diende uitspraken van oude rotten in het vak voor waar aan te nemen en diens adviezen zonder tegenspraak op te volgen. Afwijkende meningen mochten alleen vastgelegd worden in weddenschappen met als inzet een “reep”, maar kwamen nimmer in de weersverwachtingen terecht!



Figuur 1. Gereedschap ten behoeve van de weerkaartanalyse in 1965.



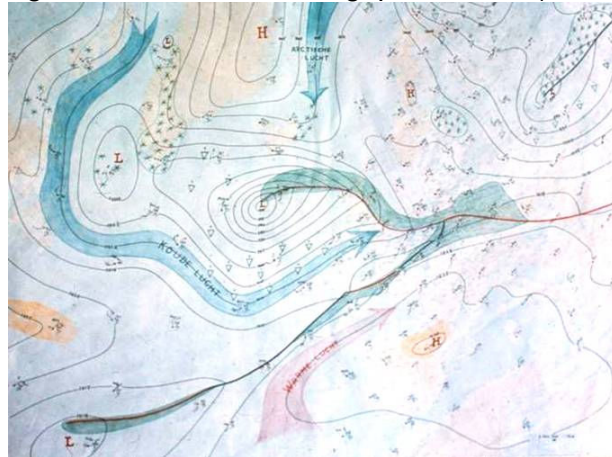
Figuur 2. Een analyseschaaltje. Hiermee werd onder meer de relatie tussen windsnelheid en luchtdrukgradiënt (isobarenafstand) bepaald, belangrijk voor gebieden met een geringe dichtheid van waarneemstations.

De methoden

De eerste fase van het edele handwerk bestond uit het produceren van een degelijk en kunstig geanalyseerde weerkaart. Het gehanteerde uitgangspunt was dat zonder een juiste weerkaartanalyse geen goede weersverwachting mogelijk was. De weerkaartanalyse werd opgebouwd volgens het "Noorse School Model", waarin de verbanden tussen de afwisseling van luchtsoorten en de daarmee verband houdende weersontwikkelingen wordt beschreven (figuur3).

De volgende fase in dat proces bestond uit het maken van prognostische weerkaarten, waarbij een tweetal methoden vrij succesvol waren. Voor de korte verwachtingstermijn – tot 18 uur vooruit – was dat een combinatie van het volgen van "isochronen" voor de beweging van weersystemen en het gebruik van de luchtdruktendensen voor de te verwachten luchtdrukverandering in depressie of hogedrukgebieden. Dit werd veelal gecombineerd door opeenvolgende weerkaarten over elkaar op een lichtbak te leggen (figuur 4). Bij

verwachtingen voor wolken- en neerslagvorming werd over een groot gebied de verticale structuur van de atmosfeer (TEMP's) grondig geanalyseerd. Ten behoeve van de luchtvaart was dit laatste tevens van belang voor verwachtingen ten aanzien van ijsaanzetting en turbulentie. Voor de middellange termijn – tot 36 uur vooruit – werden met behulp van de “stuurlijnenmethode” prognostische weerkaarten geproduceerd (zie kader).



Figuur 3. Een degelijk geanalyseerde weerkaart.



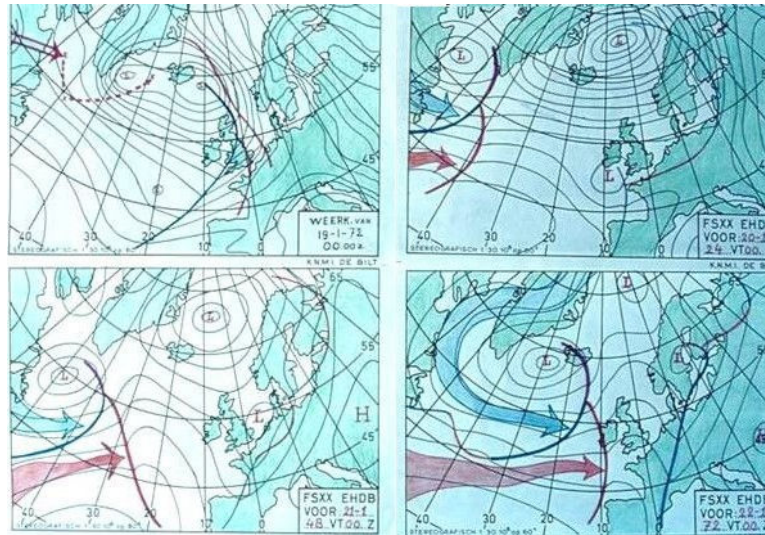
Figuur 4. Weerkaart met isochronen op de lichtbak.

Met het produceren van prognostische weerkaarten alleen ben je er natuurlijk nog niet. Daar hoort interpretatie naar het verwachte weerbeeld op te volgen. Voor de windverwachting was dat afdoende, maar voor het bijbehorende weer was nog het een en ander toe te voegen. Ten eerste had je daartoe de uit onderzoek verkregen of op ervaring gebaseerde vuistregels. Veel van die vuistregels werden tijdens de opleiding al ingeprent. Ook mondelinge overlevering van vuistregels speelde in de dagelijkse praktijk een rol, soms fysisch niet of moeilijk te verklaren. Daarnaast beschikten de weerkamermeteorologen over een beperkte set van statistische methoden voor ondermeer temperatuur, zonnenschijn/bewolking, neerslag-, resp. onweerskans.

De numerieke modellen

Al midden in de jaren zestig deden numerieke modellen hun intrede in de operationele meteorologie ten behoeve van de analyse en prognostiek. Weliswaar waren methoden om de ontwikkelingen in de atmosfeer numeriek te berekenen al decennialang bekend, maar de operationele toepassing daarvan heeft moeten wachten tot de rekenmachines qua capaciteit en snelheid voldoende geëvolueerd waren. De aanvankelijk toegepaste rekenmodellen waren nog zeer grofmazig, bijvoorbeeld met een verticale resolutie van 2 tot maximaal 4

lagen en horizontaal rekenend op een rooster met afstanden van 200 tot 300 km. De voorspeltermijn met deze numerieke modellen ging nog steeds niet verder vooruit dan 36 uur. Een belangrijke oorzaak voor de nog steeds zodanig beperkte voorspeltermijn was het feit dat de rekenformules voor de toenmalige computers allerlei versimpelingen dienden te ondergaan, gewoon omdat de machines het anders nog niet aan konden. Als gevolg van die versimpelingen liepen de resultaten van de berekeningen al na 24 uur voorspeltermijn behoorlijk bezijden de werkelijkheid. Bovendien werden de rekenresultaten na elke rekenstap enigszins gladgestreken om rekeninstabiliteiten te voorkomen. De interpretatie van de numerieke modelberekeningen naar het bijbehorende weer ging nog op dezelfde wijze als bij de hiervoor beschreven handmatige methode.



Figuur 5. Handgemaakte prognosekaarten op basis van het NMC-model.

Een eerste uitbreiding van de verwachtingstermijn

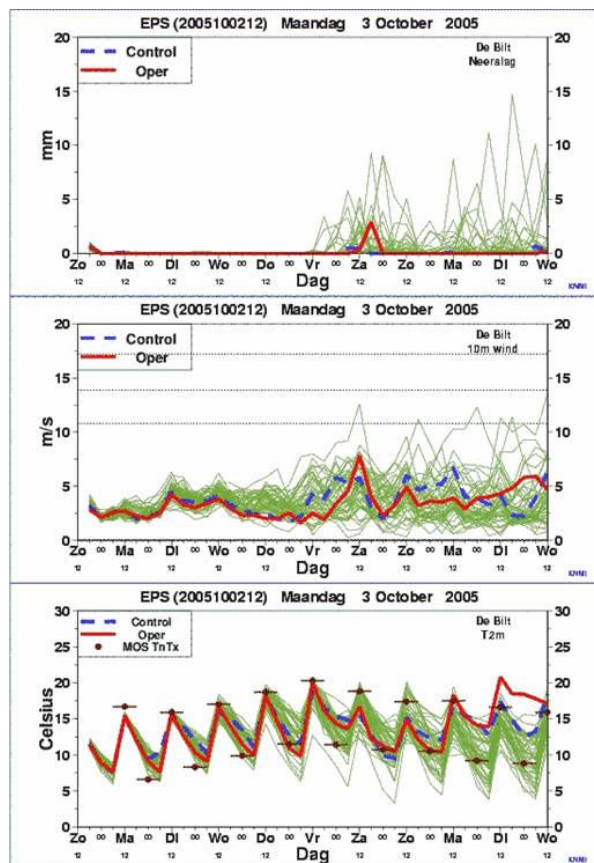
Vanaf 1970 kregen de meteorologen de beschikking over de numerieke prognoses van het meer geavanceerde model van het NMC (Washington). Dit rekende tot 72 uur vooruit. Daarmee werd het mogelijk verwachtingen tot 3 dagen vooruit te produceren. De ruwe computerkaarten werden handmatig bewerkt tot traditionele werkkaarten, alvorens er een weersverwachting aan werd gekoppeld (figuur 5). Aangezien er voor een dergelijke lange termijn nog onvoldoende statistische methoden bestonden, werd het bijbehorende weer bepaald aan de hand van “analogen”; men zocht in de archieven naar weersituaties in het verleden met een (bijna) vergelijkbare ontwikkeling en het daarbij behorende weer en dat elke dag opnieuw, een bewerkelijk proces!

De grote doorbraak: het ECMWF

De oprichting van het Europese Centrum voor Middellange termijn Weervoorspelling (ECMWF) in 1975 stelde een groot aantal Europese weerinstituten in staat om in onderlinge samenwerking een geavanceerd mondiaal rekenend verwachtingsmodel te ontwikkelen. Dat model rekende met voor die tijd revolutionaire nauwkeurigheid tot 168 uur vooruit de atmosferische toestand door. Daarmee werd het mogelijk vrij betrouwbare weersverwachtingen tot 5 dagen vooruit te produceren. Met de komst van deze modelverwachtingen werd de noodzaak van ondersteuning bij de interpretatie van de uitkomsten door statistische methoden onder ogen gezien. Op basis van Model Output Statistics (MOS) kwamen de “Gidsverwachtingen” in gebruik. Deze kreeg de meteoroloog samen met de deterministische modelverwachtingen aangeboden en hielpen bijzonder goed bij het vertalen van de modeluitvoer naar bruikbare weersverwachtingen.

Naarmate er steeds krachtiger rekenmachines beschikbaar kwamen werd het ECMWF-model steeds verder verfijnd, zowel wat betreft de parameterisatie als het rekenrooster en

het aantal verticale lagen. Dit evolueerde eind vorige eeuw tot een model dat tot 240 uur vooruit rekt. Deze berekeningen worden inmiddels tevens een vijftigtal maal overgedaan met steeds een iets gewijzigde begintoestand. De daarop gebaseerde verwachtingsmethode heet het Ensemble Prediction System (EPS). Dit levert het nodige inzicht met betrekking tot de betrouwbaarheid van de verwachting en mogelijke spreiding in de berekening van de toekomstige weerstoestand. Zie, als voorbeeld, figuur 6. Ook biedt dit een uitstekende basis voor kansverwachtingen.



Figuur 6. Voorbeeld van presentatie van EPS, de zgn. “Pluim”.

Iedere natie haar eigen numeriek model

Los van de grootschalige Europese samenwerking binnen het ECMWF hebben de meeste Europese landen ook eigen numerieke verwachtingsmodellen ontwikkeld. Enkele grote landen, met name de weerdiensten van Groot-Brittannië, Duitsland en Frankrijk, ontwikkelden operationele rekenmodellen die aangaande een verwachtingstermijn tot 3 à 4 dagen vooruit kunnen concurreren met het ECMWF-model. Ook in de kleinere landen bestond de behoefte aan een eigen verwachtingsmodel, in elk geval voor de korte termijn en voor een kleiner rekengebied. De belangrijkste reden was dat de tijdsresolutie van de uitvoer van de grootschalige modellen te grof was voor gedetailleerde lokale verwachtingen.

In Nederland leidde dat in de jaren zeventig tot het gebruik van rekenmodellen uit de “BK-serie”, gemeten met de huidige maatstaven zeer primitief, maar ze gaven toch nuttige ondersteuning bij het opstellen van verwachtingen en waarschuwingen tot 36 uur vooruit. Eind jaren tachtig kwam VIMOLA. Dat model ontleent haar kracht aan een optimale benutting van de windwaarnemingen met zo weinig mogelijk “gladstrijken” en is zeer kleinschalig. Een nadeel van dat model is dat de wind en de luchtdrukgradiënt niet altijd in balans zijn, met het gevolg dat kleine verstoringen in het windveld explosief kunnen groeien. Dit model is daarom vooral van nut voor de korte termijn windverwachtingen en – waarschuwingen, tot maximaal 9 uur vooruit.

Min of meer tegelijkertijd besloot een aantal kleinere Europese landen, waaronder Nederland, tot de gezamenlijke ontwikkeling van HiRLAM (High Resolution Limited Area Model). Dit model, dat reikt tot 48 uur vooruit, gaat de concurrentie aan met de numerieke modellen die eerder genoemde grote landen voor eigen gebruik zelfstandig hebben ontwikkeld. Het HiRLAM is in de tussentijd steeds verder ontwikkeld en er verschijnen regelmatig nieuwe versies met weer meer mogelijkheden qua berekende uitvoerparameters en kleinschaliger resoluties.



...

Figuur 7. Conceptueel model, al driekwart eeuw in gebruik: het frontenmodel volgens de Noorse School.

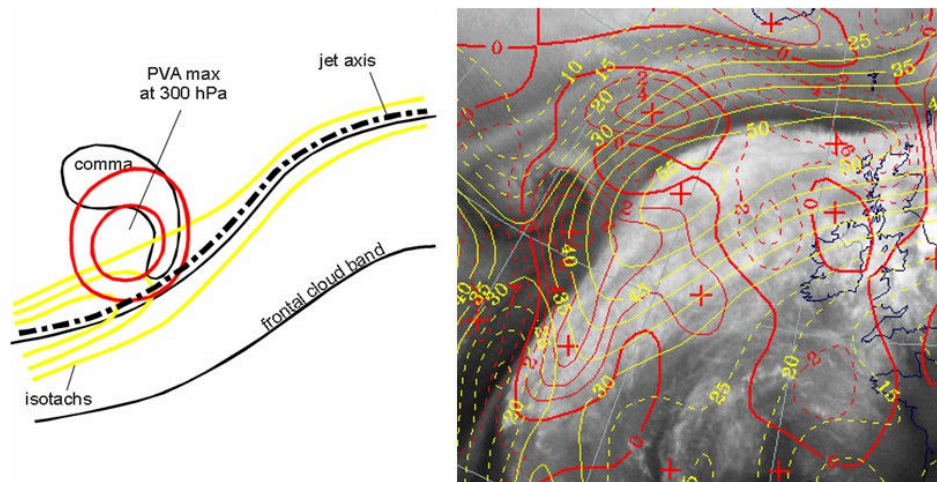
“Conceptuele” modellen

Anders dan bij de numerieke rekenmodellen het geval is, dienen de conceptuele modellen niet zozeer een ondersteuning van de weersverwachtingen voor enkele dagen vooruit, maar eerder de verbetering van de analyse van de actuele atmosfeertoestand en de zeer korte termijn weersverwachtingen, de “Nowcasting”. Uitgangspunt bij de conceptuele modellen is de samenhang van fysische atmosfeerparameters onderling en hoe die samenhang zich manifesteert in waarneembare fenomenen, bijvoorbeeld bepaalde typering van wolkenformaties of weertyperingen. Bij elk conceptueel model past ook weer een meest waarschijnlijke verwachting voor de korte termijn qua ontwikkeling ervan. Op zich zijn conceptuele modellen niet nieuw: ze zijn gebaseerd op veelal reeds decennia bestaande wetenschappelijke theorieën. Maar juist de rekenkracht van de voor operationeel gebruik ingezette computers biedt sinds kort de mogelijkheid tot toepassing in de dagelijkse weerdienstoperatie. Overigens, de toepassing van conceptuele modellen is echt niet van de laatste tijd. Immers, het Noorse School Model is ook een conceptueel model en al driekwart eeuw toegepast in de operationele meteorologie (figuur 7). Frappant is trouwens dat dit model nu ook net het enige is dat via de nieuwsmedia tot het algemeen publiek is doorgedrongen. Het aantal conceptuele modellen dat geschikt is voor gebruik in de weerkamers is inmiddels aangegroeid tot ruim 25 en die ontwikkeling gaat maar door. Zie bijvoorbeeld figuur 8.

De weerkamermeteoroloog

In de afgelopen 40 jaren zijn zowel de werkplek van de meteoroloog in de weerkamer als ook zijn rol in het proces van de weersverwachtingen ingrijpend veranderd. We hebben dat al gezien in het stukje over de werkmethoden. De veranderingen in de werkomstandigheden zijn niet steeds zonder slag of stoot tot stand gekomen. Er is veel vergaderd om tot de huidige werksituatie te komen, ruw geschat rond de 15.000 manuren. En dan heb ik het alleen maar over het aan de veranderingen gewijde werkoverleg en de voorbereidingen

daartoe. Daarbij komen dan nog de vergaderingen rond de projecten die de veranderingen realiseerbaar moesten maken. Ook zie je dat elke belangrijke stap in het veranderproces aanleiding geeft tot uitval van personeel, hetgeen overigens beslist niet uniek is voor de meteorologische wereld. Gelukkig mogen we constateren dat al de veranderingen telkens ook tot verbetering van de weersverwachtingen hebben geleid, de sombere bespiegelingen vooraf door de gevestigde orde ten spijt.



Figuur 8. Conceptueel model voor de ontwikkeling van een "Instant Occlusion".

De werkplek

Voor een buitenstaander is de verandering van de werkplek van de meteoroloog het meest in het oog lopend. Alle hiervoor beschreven ontwikkelingen hebben geleid tot een werkplekevolutie van tafels met schrijfmachines, lichtbakken, aflegtafels voor weerkaarten en archiefkasten vol met naslagwerken naar een werkstations met meerdere beeldschermen en hooguit enkele handleidingen. Het analysepotlood is vervangen door de computermuis, waarbij kan worden aangetekend dat de computer het leeuwendeel van het analysewerk heeft overgenomen (figuren 9 en 10).



Figuur 9. De meteorologenwerkplek tussen 1965 en 1995 **Figuur 10.** De meteorologenwerkplek nu.

De karakteristiek van de meteoroloog

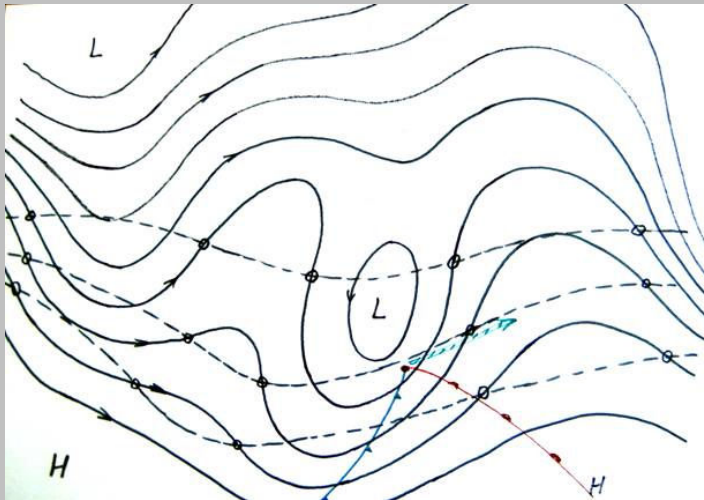
Tot besluit wil ik nog een korte schets geven van de verandering van de rol van de meteoroloog in de operationele meteorologie door middel van karakteristieken van toen en nu. De meteoroloog rond 1965 kan worden gekarakteriseerd met: ambachtsman, kunstenaar, specialist, (soms) halfgod en, voor de buitenwereld vaak, magiër.

De meteoroloog van nu met: vakman, interpretator, allrounder, weer-(model-)bewaker, communicator. En dat zal vast niet zo blijven. Velen zien de rol van de meteoroloog in de werkruimte in de toekomst verder afkalven omdat steeds meer routinewerk door machines

wordt overgenomen. Blijft over dat die machines wel moeten worden gevoed met kennis. Een verschuiving van de operationeel meteoroloog naar toegepast wetenschapper en methodiekontwikkelaar ligt dan ook voor de hand. En wat is daar op tegen?

De stuurlijnenmethode

De stuurlijnenmethode voor de verwachte verplaatsing van kleinschalige weersystemen tot maximaal 36 uren vooruit was gebaseerd op de gemiddelde stroming op 500 hPa (figuur 11). Het werkte als volgt. Op de analysekaart van 500 hPa werden de buigpunten van dezelfde isohyps (hoogtelijn) met elkaar verbonden (de stippellijnen op de afbeelding). Op deze wijze zijn de kleine verstoringen uitgefilterd. Met de aldus verkregen "gemiddelde" hoogtekaart werd de verplaatsingsvector bepaald. Heel simpel, al kwam er wel wat ervaring bij kijken. Met name de bepaling of een weersysteem gestuurd werd door de stroming op 500 hPa of juist zelf een sturend systeem was vergde de nodige praktijkervaring. Ook diende men er rekening mee te houden dat een uitdiepende randdepressie in de loop van de ontwikkeling medesturend werd met als gevolg een afbuiging naar links ten opzichte van de gemiddelde stroming.



Figuur 11. Stuurlijnenmethode (zie tekst).