

TECHNISCHE UNIVERSITEIT DELFT
Faculteit der Elektrotechniek
Vakgroep Telecommunicatie- en
Verkeersbegeleidingssystemen

HET GEBRUIK VAN DE RONDZOEKRADAR SOLIDAR IN HET NEDERLANDS
OLYMPUS SATELLIETCOMMUNICATIE-ONDERZOEKSPROGRAMMA

auteur : G.J.H. Luyten
Afstudeerverslag TU Delft codenummer A-307
bladzijden : 131
datum : Delft, december 1990
afstudeerhoogleraar: Prof. Dr. Ir. L.P. Ligthart
mentor : Ir. L.R. Nieuwkerk

SUMMARY

The Delft University of Technology participates with the Dutch PTT and the Technical University of Eindhoven in the European 'Olympus' research program. On the 12th of July 1989 there was the experimental satellite 'Olympus' was launched. It is used to do research on the development of the 20 and 30 GHz frequency bands for satellite communication. At these high frequencies, the signals can be severely attenuated by heavy rainfall. One of the subjects of research is the use of site diversity to improve the attenuation statistics on such a satellite link. With an FM-CW weather radar called 'Solidar' it is possible to analyze the dependence of attenuation on the place and time of the rainfall. This radar is stationed on the roof of the Faculty of Electrical Engineering in Delft.

With the data given by the radar and by using rain models and attenuation models, it is possible to predict the total attenuation on a fictitious satellite link. To enable comparison with real measurements of attenuation or rainfall, several measurement instruments are placed in the coverage area of the radar: two satellite beacon receivers for the reception of signals with frequencies of 12,5 and 30 GHz, two radiometers for predicting the attenuation at 20 GHz along Olympus satellite paths, and four rain gauges.

The rain gauges are used for the calibration of the radar. The rain gauge in Delft was used in this study, because it is closest to the radar. The calibration constant found was 10 dB, and could not be explained by errors located in the radar receiving system. After examining all the possible errors (noise level, clutter suppression, correction for the attenuation of the radar signal, differences in rain and radar measurements and illuminators), some errors could be found to explain this large difference between the radar measurements and the rain gauge measurements: random and instrumental errors originating in the rain gauge, differences in the drop size distribution and the decrease of radar power by 3 dB. Also, we found that when the radar signal is corrected for the rain attenuation along the radar path, an overcompensation takes place. It was then decided to use the rain gauge at Zoetermeer for radar calibration. At this location, a calibration constant of 6 dB was found. Three decibels can be accounted for the reduction in the radar power and the other 3 dB by the differences in the

detection height of the rain between the radar and the rain gauge, the use of radomes and the errors mentioned above.

We then used this radar constant of 6 dB in the post-processing of the radar data. A model was developed for the prediction of the attenuation on a satellite link which uses radar data only. A conversion from the horizontal radar path to the slant satellite path was carried out and the attenuation of electromagnetic signals by atmospheric gasses and by the melting layer was included.

Although all these points of attenuation were taken into consideration, there is still a deviation between the radar measurements and the beacon measurements which can be accounted for by the differences in the detection height of the rain. For the radar measurements of attenuation in Delft, the deviation was larger than encountered at Leidschendam. This was caused by the overcompensation in the correction of the radar signal for rain which was mentioned earlier. When we used the radar constant found, it became larger in the real-time processing because of the correction algorithm used.

In preventing a fall-out caused by rain of a satellite link, the site diversity technique can be used. With two or more ground stations, the outage time on a satellite link can be reduced by placing the sites a certain distance from each other. An analysis of the site diversity performance for the three satellite beacons in the coverage area of the radar was carried out.

When Leidschendam was used as the main site, there was a reduction in the probability that a link would be severely attenuated by rain when using the site diversity technique. A site diversity analysis was also carried out for the corresponding radar measurements and the reduction in attenuation probability was even greater. Again this is caused by the overcompensation phenomenon.

SAMENVATTING

Samen met de PTT en de TU Eindhoven neemt de TU Delft deel aan het OLYMPUS onderzoeksprogramma. De experimentele satelliet Olympus werd op 12 juli 1989 gelanceerd en wordt gebruikt voor onderzoek naar de nieuwe frequentiebanden voor satellietcommunicatie: 20 en 30 GHz. Deze hoogfrequente signalen worden in hoge mate gestoord door hevige regenval. In samenwerking met PTT Research (Dr. Neher Laboratorium) vindt in Delft onderzoek plaats in het kader van het PTT-TU Delft 'Site Diversity' programma. Met behulp van een FM-CW rondzoekradar, gestationeerd op de hoogbouw van de faculteit der Elektrotechniek, wordt er onderzoek gedaan naar de tijd- en plaatsafhankelijkheid van de optredende regenbuien. Het is de bedoeling om met behulp van radargegevens, regenmodellen en dempingsmodellen de demping op een fictief satellietpad te kunnen voorspellen.

Om de radarvoorspelling te kunnen vergelijken met de echte waarden op het satellietpad zijn er in het verzorgingsgebied van de radar verschillende, door de PTT ontwikkelde, meetinstrumenten geplaatst: twee satellietbakentvangers in Delft en Leidschendam voor signalen van 12,5 en 30 GHz, twee radiometers voor signalen van 20 GHz en vier regenmeters.

De regenmeters worden gebruikt om de radar te calibreren. Bij de calibratie van de radar is in eerste instantie de regenmeter in Delft gebruikt, omdat deze het dichtst bij de radar staat en hiermee de grootste correlatie oplevert tussen de radardata en de regenmeterdata. Er werd een radarcalibratieconstante gevonden die gemiddeld 10 dB bedroeg. Deze grote discrepantie tussen radarmeting en regenmetermeting was niet verklaarbaar uit fouten in het meetsysteem. Na een fouten-analyse (in ruisniveau, clutteronderdrukking, dempingscorrectie, regenmeterregistratie versus radarregistratie en belichters) werden fouten gevonden die te verklaren zijn uit regenmeterregistraties, de radomes, de verandering in de druppelverdeling en de halvering van het zendvermogen (nodig in verband met de zendvermogensregeling). Ook werd er een overcompensatie geconstateerd bij de dempingscorrectie van het radarsignaal tijdens hevige regenval. Besloten is toen om de regenmeter in Zoetermeer te gebruiken voor de radarcalibratie.

Voor de calibratieconstante van de radar in Zoetermeer werd een waarde gevonden van 6 dB. Hiervan is 3 dB te verklaren uit de halvering van het zendvermogen, de overige 3 dB uit de ontvangstketen, de aangebrachte radomes en de verschillende detectieplaatsen van de regen door de radar en de regenmeter.

Na invoering van de 6 dB-radarcalibratieconstante in de 'post-processing' is er een model ontwikkeld voor de predictie van de demping op een satellietpad met behulp van radargegevens. Hierin is er een conversie bewerkstelligd van het horizontale radarpad naar het schuine satellietpad, is de demping van gassen meegenomen evenals de demping ten gevolge van de 'melting layer'. Nog steeds blijkt er een discrepantie te bestaan tussen radarmeting en bakenmeting door onder andere de verschillende detectiehoogten van de regen door radar en baken. Voor Delft is deze afwijking groter dan voor Leidschendam. Dit laatste komt door het feit dat er bij de dempingscorrectie op het radar-sig-naal een overcompensatie plaatsvindt. Als we de radarcalibratieconstante in de 'real-time processing' zouden invoeren zal deze, doordat de dempingscorrectie overcompenseert voor grotere afstanden, als het ware groter worden en is het noodzaak om een kleinere radarcalibratieconstante voor de 'real-time processing' in te voeren dan die welke uit dit onderzoek naar voren kwam.

Om te voorkomen dat voor grote dempingen de satellietverbinding uitvalt kunnen we met twee kleinere, op voldoende grote afstand gesitueerde grondstations deze uitvalkans verkleinen ('site diversity'). Voor de grondstations in Leidschendam en Delft en de overeenkomstige 'radarstations', gaf een 'site-diversity' analyse te zien dat de uitvalkans kleiner wordt wanneer Leidschendam als hoofdstation zou worden gebruikt en Delft als hulpstation. Ook de radargegevens gaven aan dat de uitvalkans kleiner wordt bij het gebruik van de 'site-diversity' techniek alhoewel de radarmetingen meer verbetering lieten zien dan de bakenmetingen. Dit komt weer door de overcompensatie op de dempingscorrectie.

1. INLEIDING

Alhoewel de ontwikkeling van radar als een volwaardige technologie niet eerder plaatsvond dan in de Tweede Wereldoorlog, is het basisprincipe van radardetectie bijna zo oud als het principe van elektromagnetisme zelf. Al in 1886 heeft Heinrich Hertz de theorieën van Maxwell experimenteel getest, en de overeenkomst tussen radiogolven en lichtgolven aangetoond. Hertz liet zien dat radiogolven gereflecteerd kunnen worden door metaalachtige en diëlectrische voorwerpen.

Hoewel Hertz' experimenten uitgevoerd werden met radiogolven van relatief hoge frequentie, werd radio-onderzoek in de beginjaren vooral met radiogolven van lagere frequenties bedreven. De hogere frequenties werden niet eerder intensief gebruikt dan na het eind van de jaren dertig.

De vakgroepen Telecommunicatie- en Verkeersbegeleidingssystemen en Telecommunicatie- en Teleobservatietechnologie van de faculteit der Elektrotechniek aan de Technische Universiteit in Delft hebben in samenwerking met het PTT Dr. Neher Laboratorium een rondzoekradar ontwikkeld. Hiermee moet het mogelijk worden om samen met een op 12 juli 1989 gelanceerde experimentele satelliet, 'OLYMPUS' genaamd, de verstoring op de propagatie van radiogolven door hydrometeoren (diëlectrisch medium) te onderzoeken. Want met de komst van de satellietcommunicatie en de hoge vlucht dat het aantal communicatieverbindingen op de wereld nam, moest men uitwijken naar steeds hogere frequentiebanden, omdat de lagere frequentiebanden 'vol' raakten.

In de satellietcommunicatie worden tot op heden voornamelijk de frequentiebanden tot 14 GHz gebruikt. De eerstvolgende frequentieband waarnaar momenteel onderzoek wordt verricht is de 20-30 GHz band. Bij deze hoge frequenties ondervinden de radiogolven veel hinder van het medium waarin ze zich voortplanten. Onderzoek heeft uitgewezen dat radiogolven worden verstrooid en gedempt door hydrometeoren (regen, hagel, sneeuw, mist en wolken) en door de in de atmosfeer aanwezige gassen (waterdamp en zuurstof). Daarnaast kan een verandering van de polarisatierichting van de radiogolven optreden. Om deze redenen is het van belang inzicht te verkrijgen in de mate

van invloed van deze verschijnselen op de kwaliteit van de satellietverbinding.

Om ook bij hoge frequenties de beschikbaarheid van de verbinding zoveel mogelijk te waarborgen kan men om de invloed van het medium te reduceren, systeemparemeters zoals zendvermogen en antennegain vergroten. Omdat hiermee de kosten voor de grondstations en de satelliet zo hoog worden dat het voor de exploitant niet meer aantrekkelijk is, wordt er voor een andere systeemfilosofie gekozen: de zogenaamde 'Site Diversity'. Hierbij onderhoudt een grondstation verbinding met de satelliet. Indien deze verbinding zodanig wordt gestoord door meteorologische omstandigheden dat er een onaanvaardbare degeneratie van het signaal optreedt, wordt er overgeschakeld naar een ander (op voldoende grote afstand gesitueerd) grondstation. Omdat de verstoring door hydrometeoren veelal een lokaal karakter heeft kan aan deze voorwaarde worden voldaan. Door nu meerdere kleinere grondstations op deze manier te verbinden, kan een communicatieverbinding worden gerealiseerd met een beschikbaarheid die groter is dan of gelijk is aan de beschikbaarheid welke gerealiseerd wordt met een groter grondstation.

Doel van het 'Site Diversity' experiment en dit rapport is inzicht te verkrijgen in de plaats, het tijdstip en de regenintensiteit van de buien gedurende de verstoring in het 'diversity'-gebied. Tevens dient men de voor geschiedenis van de regenbuien in dit gebied te onderzoeken, zodat over informatie kan worden beschikt alvorens deze bui langs of over de grondstations trekt. Met deze informatie kan men locaties van de grondstations en hun onderlinge afstand optimaliseren, waardoor een ongestoorde verbinding wordt gewaarborgd.

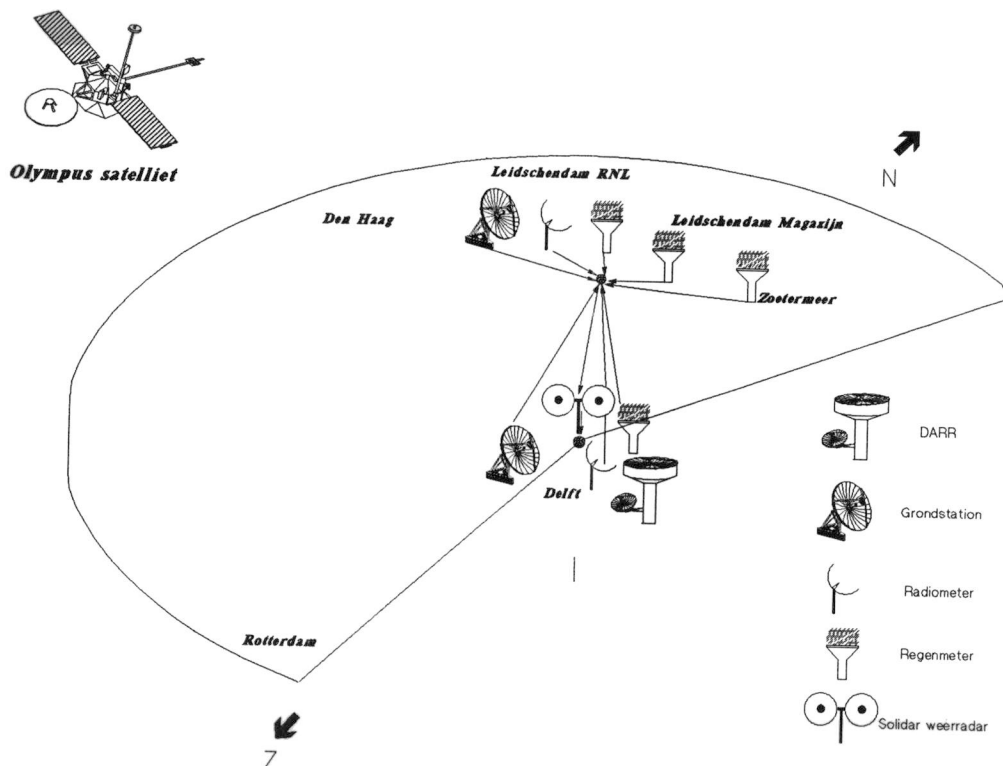
Dit rapport behandelt allereerst in hoofdstuk 2 het netwerk van apparatuur dat alle meetgegevens levert voor het onderzoek. In hoofdstuk 3 worden de diverse propagatiemodellen beschreven die ontwikkeld zijn voor de bij het 'Olympus'-project gebruikte frequentiebanden. Hoofdstuk 4 geeft een analyse van de data die door de diverse meetapparatuur wordt geleverd, en de correlatie daartussen. In hoofdstuk 5 wordt onderzocht hoe het 'Site Diversity' principe kan worden toegepast in het door de rondzoekradar bestreken gebied. Hoofdstuk 6 tenslotte geeft de conclusies die uit dit onderzoek getrokken kunnen worden.

2. APPARATUUR IN HET 'SITE DIVERSITY' PROJECT

Om propagatiemetingen aan satelliet signalen te doen zijn er verschillende soorten apparatuur opgesteld in een gebied van 15 kilometer rondom Delft. Deze apparatuur, die ontwikkeld is door de PTT, is opgenomen in een netwerk. Dit netwerk geeft alle significante gegevens die de apparatuur levert door aan een personal computer. Deze schrijft de gegevens vervolgens naar een niet-wisbare optische schijf, zodat de data ten allen tijde opgevraagd kunnen worden voor onderzoek.

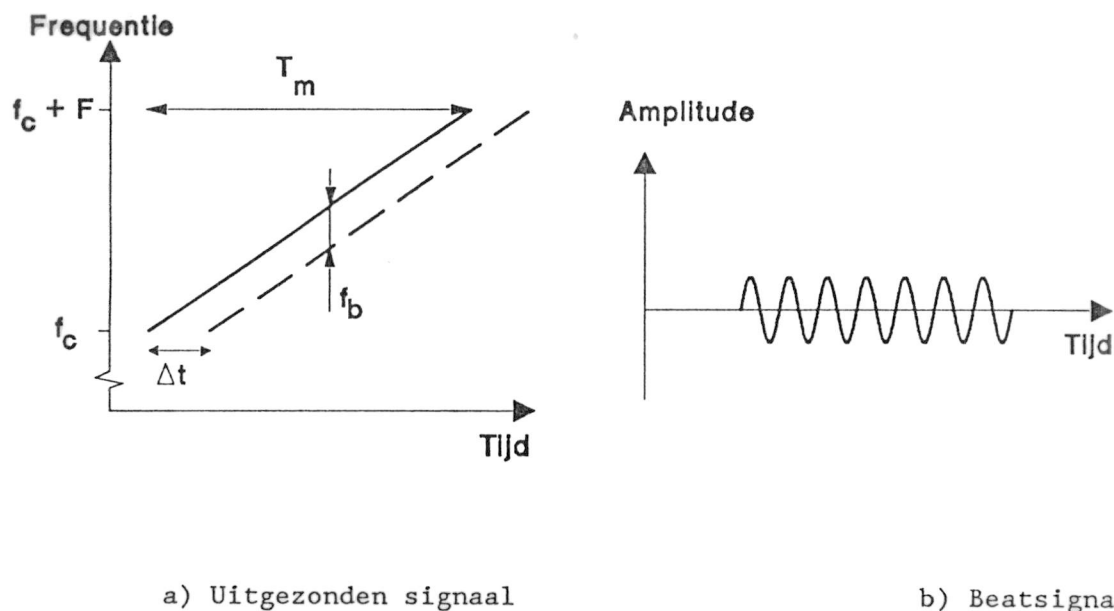
2.1 De rondzoekradar

De rondzoekradar Solidar is geplaatst op de hoogbouw van de faculteit der Elektrotechniek te Delft, en zoekt binnen een straal van 15 kilometer de omgeving af naar significante buienactiviteit. De radar is actief over een azimuthale hoek van 240° (zie figuur 2.1).



figuur 2.1 Het radargebied met zijn apparatuur.

De rondzoekradar maakt gebruik van het lineaire 'Frequency Modulated Continuous Wave' (FM-CW) principe (zie figuur 2.2). Hierbij zendt een zender een continu en met een constante amplitude zaagtandvormig gemoduleerd FM-signaal uit. Het terugontvangen signaal ten gevolge van een reflectie van een radardoel (bijvoorbeeld regen) op een afstand r van de radar zal vertraagd zijn met Δt (evenredig met de afstand r). Door gebruik te maken van het in frequentie oplopend zendsignaal, kan het verschil in frequentie tussen het zendsignaal en het ontvangen signaal bepaald worden. De grootte van deze frequentie, de zogenaamde 'beat'-frequentie is een maat voor de afstand tussen de radar en het doel. De amplitude van dit laagfrequente signaal is proportioneel met de grootte van de reflectie.



figuur 2.2 Het FM-CW principe.

We zien dit tot uitdrukking komen in de volgende relatie:

$$f_{\text{beat}} = \Delta t / T_m * F = F / T_m * 2r / c \quad [\text{Hz}] \quad (2-1)$$

waarin: r [m] = afstand tussen radar en doel
 c [m/s] = lichtsnelheid
 F [Hz] = frequentiezwaai van het uitgezonden signaal
 T_m [s] = sweeptijd van de zaagtandvormige modulatie

Het frequentiespectrum van het 'beat'-signaal levert daarom plaats- en intensiteitsinformatie van de zich in de radarbundel bevindende objecten. De FM-CW radar kan met een 'sweep' (frequentiezwaai over een periode T_m) radiale afstandsinformatie leveren van stationaire doelen door de frequentie van het Fourier-getransformeerde 'beat'-signaal op de radiale afstand af te beelden. Beschouwen we een groter aantal 'sweeps' dan bevat het 'beat'-signaal ook fase-informatie over een doel, die gelieerd is aan de radiale snelheid van het doel. De fase-informatie ontstaat doordat een bewegend doel door opeenvolgende 'sweep'-signalen wordt getroffen op verschillende radiale afstanden (omdat het doel beweegt), zodat de opeenvolgende reflecties verschillende fasen bevatten. Hieruit kan dan de radiale snelheid van het doel bepaald worden.

De specificaties van de rondzoekradar zijn weergegeven in tabel II.1

Tabel II.1: Specificaties van de rondzoekradar.

HARDWARE		AFTER PROCESSING	
Radar type	Linear FM, sawtooth	Range (max)	15.36 km
Transmitted Power	27 dBm	Range Resolution	120 m
Received Sign. Level	-17 dBm (max.)	Azimuth Resolution	1.875 °
Centre Frequency	9.47 GHz	Number of Range Cells	128
Frequency Excursion	5 MHz	Number of Sector Angles	128
Range Resolution	30 m	Total Sector	240 °
Sweep Time	5 ms	Analyzer Bandwidth	25 Hz
Beat frequencies max.	102.4 kHz	Min. Detectable Rain	1 mm/h
Receiver Noise Figure	3.0 dB	Intensity at max. range and S/N = 35 dB	
Antenna Gain	38 dB	Max. Detectable Rain	100 mm/h
Antenna Tilt Angle	0 - 8 degrees	Intensity	
Antenna Beamwidth	2.8 degrees	Dynamic Range ADC	96 dB
Anten. Revolut. Time	15.36 s		
Antenna Isolation	> 60 dB		

2.2 De radiometers

Een radar werkt, zoals we in de vorige paragraaf hebben gezien, volgens het principe van actieve detectie. De zender zendt hierbij een signaal, en vangt het signaal dat door een object wordt gereflecteerd weer op. Daartegenover kennen we ook passieve detectie.

Dit principe wordt gebruikt in radiometers, en berust op de ontvangst van de natuurlijke straling van een te onderzoeken object. De voornaamste bijdrage aan die straling is de thermische straling. Daarnaast kunnen ook de gereflecteerde en verstrooide straling van andere thermische stralers (zoals de zon en het aardoppervlak) van betekenis zijn.

Zo gebruikt men radiometers voor het voorspellen van de demping op een satellietpad. Men kan hierbij gebruik maken van twee typen radiometers. Dit zijn de zogenaamde 'sky-noise'- en 'sun-tracking'- radiometers [9]. De radiometers die gebruikt worden in het 'Site Diversity'-experiment zijn van het 'sky-noise' type. Op de 'sun-tracking'-radiometers wordt dan ook verder niet ingegaan. In dit experiment dienen de radiometergegevens als verificatie van de radardata.

In de 'sky-noise'-radiometer is de ruistemperatuur van een object een maat voor het ruisvermogen dat uitgestraald wordt in een bepaalde frequentieband door dat object in de richting van de ontvangende radiometerantenne. Het ruisvermogen van neerslag, andere atmosferische omstandigheden en het heelal is weer een indicatie voor de demping die op zal treden op een radio-pad door de atmosfeer. Deze ruistemperatuur is gelijk aan de fysische temperatuur van een zwarte straler die hetzelfde vermogen in die band uitstraalt. In het algemeen is het vermogen dat door de antenne wordt ontvangen de som van het ruisvermogen van neerslag, atmosfeer en heelal (in de richting van de antenne en in de beoogde band. In dit geval betreft het de 20 GHz band), en het uitgestraalde ruisvermogen van de omgeving. Deze twee termen worden gedempt door het tussenliggende medium.

Het niet-geïoniseerde gebied van de atmosfeer is vanwege het feit dat het een absorberend medium is, een bron van ruis. De effectieve ruistemperatuur van de atmosfeer T_s in een gegeven richting, wordt gegeven door [14]:

$$T_s = T_c \exp(-\tau) + T_m \quad \Leftrightarrow \quad (2-2)$$

$$T_s = T_c \exp(-\int \alpha(r') dr') + \int T(r) \alpha(r) \exp(-\int \alpha(r') dr') dr \quad (2-3)$$

Waarin T_c [K] = kosmische ruistemperatuur
 T_m [K] = ruistemperatuur van het tussenliggende medium
 T_s [K] = gemeten ruistemperatuur van de atmosfeer
 $T(r)$ [K] = de temperatuur van het medium als functie van de positie r langs het 'hoofdbundel'-pad van de radiometerantenne
 τ = de totale absorptiecoëfficiënt van het medium
 $\alpha(r)$ [km⁻¹] = de absorptiecoëfficiënt van het medium als functie van de positie r langs het 'hoofdbundel'-pad van de radiometerantenne

Als de temperatuur $T(r)$ vervangen kan worden door de gemiddelde ruistemperatuur T_m van het medium, resulteert dit in de volgende uitdrukking [14]:

$$T_s = T_m(1 - 1/A_t) + T_c/A_t \quad (2-4)$$

Waarin A_t = de verliesfactor ten gevolge van het tussenliggende absorberende medium.

We kunnen hieruit de radiometervergelijking afleiden:

$$\begin{aligned}
 T_s &= T_m(1 - 1/A_t) + T_c/A_t && \Leftrightarrow \\
 T_s/T_m &= 1 - 1/A_t + T_c/(A_t T_m) && \Leftrightarrow \\
 1/A_t &= (T_s/T_m - 1)/(T_c/T_m - 1) && \Rightarrow \\
 A_t &= (T_c/T_m - 1)/(T_s/T_m - 1) = (T_c - T_m)/(T_s - T_m) && (2-5)
 \end{aligned}$$

In dB's: $10 \text{ LOG}(A_t)$

Uit meting van T_s kan bij bekende T_m met behulp van bovenstaande vergelijking de damping langs een fictief satellietpad berekend worden.

Om de data van de radiometer te interpreteren moeten waarden voor T_m en T_c verondersteld worden. Voor regendampingcalculaties wordt normaal $T_m = 273 \text{ K}$ (soms 290 K) en $T_c = 4.7 \text{ K}$ (soms benaderd door 0 K) genomen, alhoewel het de voorkeur heeft de regentemperatuur T_m te bepalen uit de gemeten grondtemperatuur in combinatie met een temperatuurverloop dat varieert met de hoogte [9]. Ter illustratie: de effectieve ruistemperatuur van de atmosfeer ten gevolge van de damping door neerslag of wolken is dezelfde als die van het medium T_m (d.i. ongeveer 270 K) als de damping groot is, maar wordt T_c (d.i. ongeveer $4,7 \text{ K}$) bij zenith als er geen damping is. Dus, T_m is niet constant vanwege een niet overal geldend thermisch equilibrium en omdat het tussenliggende medium (bv. wolken bestaande uit hydrometeoren met verschillende druppelverdelingen) niet een pure absorber is. Men kan wel de effectieve mediumtemperatuur T_m vinden door T_s te meten met een radiometer en A_t met een satellietbakenontvanger. De bovenstaande radiometervergelijking is de basis voor het gebruik van radiometers.

De radiometers die we gebruiken in het 'Site-Diversity'-experiment geven een gelijkspanning af die varieert van 0 tot 10 Volt . De hierbij behorende ruistemperatuur verkrijgen we door de afgegeven spanning te vermenigvuldigen met 32 . Hierdoor ontstaat een bereik van 0 tot 320 Kelvin . Deze waarde wordt vervolgens in het data-acquisitiesysteem door een $8 \text{ bits A/D-omzetter}$ gesampled, zodat waarden ontstaan tussen de klasse 0 en 255 . Deze waarde wordt opgeslagen op optische disk. Voor het terugrekenen naar gemeten ruistemperatuur gebruiken we dan de formule:

$$T_s = 32 * 10 * \text{waarde optische disk} / 255 \quad (2-6)$$

Een overzicht van waar de radiometerwaarden op optische disk zijn opgeslagen is gegeven in appendix A.

De specificaties van de gebruikte radiometers zijn weergegeven in tabel II.2.

Tabel II.2: Specificaties van de 20 Ghz radiometer

antennesysteem	cassegrain
diameter	1,20 meter
beam efficiency $\theta \leq 3^\circ$	84 %
peak sidelobes	- 24 dB
verliezen hoorn+staf	0,5 dB
spill-over naar aarde	1 %
reflectiecoëfficient	0,15
HF bandbreedte	200 MHz
MF	20 MHz
MF bandbreedte	10 MHz
ruisfactor	7,8 dB
integratietijd	5 seconden
meetbereik	50 - 325 K
resolutie dig. uitgang (8 bits)	1,26 K

2.3 De regenmeters

Voor het 'Site-Diversity' onderzoek zijn er in het rondzoekgebied van Solidar vier regenmeters geplaatst: bij het PTT Dr. Neher laboratorium en het PTT magazijn terrein Westvliet in Leidschendam, langs de Voorweg in Zoetermeer en bij TNO in Delft.

Tabel II.3: Plaats van de regenmeters in het radargebied

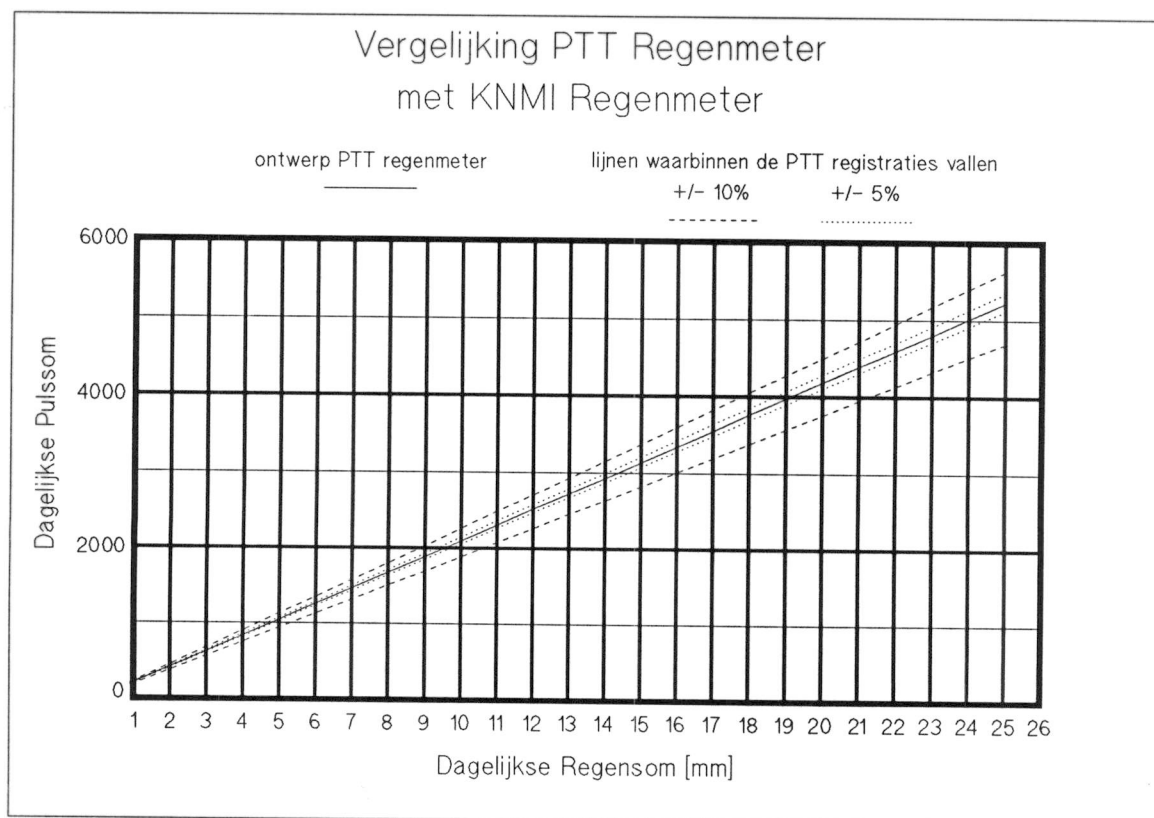
	sector y	afstands cel x	afstand meter	hoek graden	opstel hoogte meter
regenmeter RNL Leidschendam:	100	82	9800	187,7	6
regenmeter Magazijn Leidsch:	99	69	8250	185,1	3
regenmeter Zoetermeer :	113	80	9600	211,2	3
regenmeter TNO Delft :	128	7	850	240,0	0

De regenmeters zijn opgenomen in een netwerk en dienen in dit onderzoek om de radar te calibreren. Ze hebben een bereik van 0 tot 100 mm/h. Het signaal uit de regenmeters is een gelijkspanning van 0 tot 10 Volt. De hierbij behorende regenintensiteit verkrijgen we door deze waarde met 10 te vermenigvuldigen. Deze waarde samplen we met een 8 bits A/D-omzetter. Hierdoor ontstaan waarden tussen de klassen 0 en 255. De gegevens afkomstig van de regenmeters worden opgeslagen op een optische schijf van een personal computer. Om de regenintensiteit van de optische schijf terug te rekenen gebruiken we de volgende formule:

$$\text{Regenintensiteit} = 100 * \text{waarde optische disk} / 255 \quad (2-7)$$

Een overzicht van waar de regenmeterwaarden op optische disk zijn opgeslagen is eveneens te vinden in appendix A.

In figuur 2.3 zijn de meetresultaten weergegeven van de vergelijking tussen een KNMI-regenmeter en de PTT-regenintensiteitsmeter. Gedurende een aantal maanden is de totale hoeveelheid neerslag vergeleken met het totaal aantal druppels. De maximale afwijking van de PTT regenmeters ten opzichte van de KNMI regenmeters is 10 % (gegevens PTT DR. NEHERLAB.). Er is nog niets bekend over de absolute onnauwkeurigheid. Deze is voor lagere regenintensiteiten wel groter dan voor hogere regenintensiteiten. (zie voor de onnauwkeurigheden in de regenmeter paragraaf 4.1.1, bladzijde 45).



figuur 2.3 Vergelijking van de dagelijkse pulssom van de PTT regenmeter met de dagelijkse regensom gemeten met de KNMI regenmeter

2.4 De satellietbakenontvangers

Er zijn in het onderzoekgebied van de radar twee satellietbakenontvangers geplaatst die de satellietsignalen van 12,5 en 30 GHz ontvangen: één in Leidschendam en één in Delft. Deze bakens registreren direct de demping die op het satellietpad optreedt ten gevolge van alle obstakels die het satellietsignaal op zijn weg door de atmosfeer ondervindt.

Het signaal uit de satellietbakenontvangers is een gelijkspanning van 10 tot 0 Volt. De hierbij behorende geregistreeerde demping verkrijgen we door deze waarde met 4,8 te vermenigvuldigen, zodat een bereik ontstaat van 48 tot 0 dB. Deze waarde samplen we met een 8 bits A/D-omzetter. Hierdoor ontstaan waarden tussen de klassen 255 en 0. Om de door de satellietbakenontvangers geregistreeerde demping uit de op de optische schijf weggeschreven getallen terug te rekenen gebruiken we de volgende formule:

$$\text{Demping} = -48 * \text{waarde optische disk} / 255 + 48 \quad (2-8)$$

Een overzicht van waar de bakenwaarden op optische disk zijn opgeslagen is ook gegeven in appendix A.

3. PROPAGATIEMODELLEN VOOR RADIOGOLVEN IN DE 20-30 GHz BAND

3.1 Damping ten gevolge van atmosferische gassen

Voor draaggolffrequenties boven 10 GHz leveren de diëlectrische gassen waaruit de atmosfeer bestaat, waterdamp en zuurstof, een niet geringe bijdrage aan de totale damping die op een satellietpad kan optreden. De totale absorptie in de atmosfeer door gassen, $A_g(\text{dB})$, over een padlengte $r_0(\text{km})$, wordt in algemene zin gegeven door:

$$A_g = \int_0^{r_0} \gamma_g(r) dr \quad [\text{dB}], \quad (3-1)$$

met de specifieke damping

$$\gamma_g(r) = \gamma_{O_2}(r) + \gamma_{H_2O}(r) \quad [\text{dB/km}] \quad (3-2)$$

De berekening van de specifieke damping door zuurstof of waterdamp is zeer complex, maar voor praktische toepassingen zijn er door Liebe [13] de volgende statistische formules ontwikkeld:

De specifieke damping $[\text{dB/km}]$ ten gevolge van zuurstof aan het aardoppervlak ($p = 1 \text{ atm}$), bij een temperatuur van 15°C en voor frequenties $f < 57 \text{ GHz}$ wordt gegeven door:

$$\gamma_{O_2} = [7,19 \cdot 10^{-3} + 6,09/(f^2 + 0,227) + 4,81/((f-57)^2 + 1,50)] f^2 \cdot 1 \cdot 10^{-3} \quad [\text{dB/km}] \quad (3-3)$$

en ten gevolge van waterdamp, voor $f < 350 \text{ GHz}$ en dichtheid $\rho < 12 \text{ g/m}^3$, gegeven door:

$$\gamma_{H_2O} = [0,067 + 3/\{(f-22,3)^2 + 7,3\} + 9/\{(f-183,3)^2 + 6\} + 4,3/\{(f-323,8)^2 + 10\}] f^2 \rho \cdot 10^{-4} \quad [dB/km] \quad (3-4)$$

De padlengten voor zuurstof en waterstof worden gegeven door:

$$h_{O_2} = 6 \text{ km} \quad , \text{voor } f < 57 \text{ GHz.} \quad (3-5)$$

$$h_{H_2O} = 2,2 + 3/\{(f-22,3)^2 + 1\} + 1/\{(f-183,3)^2 + 1\} + 1/\{(f-323,8)^2 + 1\} \quad [km] \quad , \text{voor } f < 350 \text{ GHz.} \quad (3-6)$$

Voor elevatiehoeken θ van het grondstation groter dan 10° wordt de totale demping voor gassen nu gegeven door [5]:

$$A_g = (h_{H_2O} \gamma_{H_2O} + h_{O_2} \gamma_{O_2}) / \sin \theta \quad (3-7)$$

Voor $\rho = 7,5 \text{ g/m}^3$, een elevatiehoek van het grondstation van $27,6^\circ$ en de verschillende door de OLYMPUS-satelliet gebruikte frequenties gelden voor de specifieke demping ten gevolge van gassen de volgende waarden

$$12,5 \text{ GHz: } A_g = 0,153 \text{ dB}$$

$$20 \text{ GHz: } A_g = 0,664 \text{ dB}$$

$$30 \text{ GHz: } A_g = 0,608 \text{ dB}$$

3.2 Damping ten gevolge van regen

3.2.1 Inleiding

Naast het feit dat de satellietsignalen hinder ondervinden van atmosferische gassen, worden ze in nog grotere mate gestoord door andere hydrometeoren; vooral door regen. De satellietsignalen induceren in iedere regendruppel elektrische en magnetische dipolen, waardoor vermogen aan het signaal onttrokken wordt (damping). Dit onttrokken vermogen wordt deels omgezet in warmte en deels weer uitgezonden in een andere richting, maar met dezelfde frequentie. Het eerste verschijnsel noemen we absorptie; het tweede verstrooiing. De som van de verstrooiingsdoorsnede $Q_s(a, \lambda)$ (dit is het oppervlak dat een vermogen P_z opvangt (het vermogen wordt verondersteld isotroop verstrooid te zijn). Dit vermogen veroorzaakt bij de ontvanger een vermogensdichtheid $S_r = S_r Q_s / 4\pi r^2$ dat gelijk is aan het verstrooide vermogen door de druppel) en de absorptiedoorsnede $Q_a(a, \lambda)$ (dit is het oppervlak dat van de invallende straling een vermogen opvangt dat gelijk is aan het vermogen dat in de druppel als warmte wordt gedissipeerd) van een individueel diëlectrisch bolletje met diameter $2a$ noemen we de dampingsdoorsnede $Q(a, \lambda)$ ¹. Hierbij is het diëlectrisch bolletje ingevoerd als idealisering van een regendruppel. Dit is gerechtvaardigd voor dampingsberekeningen tot frequenties van 30 GHz.

De berekening van de dampingsdoorsnede van één geïdealiseerde regendruppel geeft $Q_a(a, \lambda)$ en $Q_s(a, \lambda)$ als functie van de effectieve complexe permittiviteit $\epsilon = \epsilon' - j\epsilon''$ van het dependende medium, de golflengte λ en de diameter $2a$ (hiervoor gebruikt men ook vaak de genormeerde variabele $\rho = 2\pi a / \lambda$). Als ρ voldoende klein is vinden we voor de dampingsdoorsnede de volgende benadering [14]:

$$Q(a, \lambda) \approx \frac{\lambda^2}{2\pi} \rho^3 (k_1 + k_2 \rho^2 + k_3 \rho^3) \quad (3-8)$$

1. De dampingsdoorsnede is niet noodzakelijkerwijs gelijk aan de fysische doorsnede van de regendruppel.

Hierin zijn de konstanten:

$$k_1 = \frac{6\epsilon''}{(\epsilon'+2)^2 + (\epsilon'')^2} \quad (3-9)$$

$$k_2 = \frac{\epsilon''}{15} \left[3 \frac{7(\epsilon')^2 + 4\epsilon' - 20 + 7(\epsilon'')^2}{\{(\epsilon'+2)^2 + (\epsilon'')^2\}^2} + \frac{25}{(2\epsilon'+3)^2 + 4(\epsilon'')^2} + 1 \right] \quad (3-10)$$

$$k_3 = \frac{4}{3} \frac{(\epsilon'-1)^2 (\epsilon'+2)^2 + (\epsilon'')^2 \{2(\epsilon'-1)(\epsilon'+2) - 9\} + (\epsilon'')^4}{\{(\epsilon'+2)^2 + (\epsilon'')^2\}^2} \quad (3-11)$$

De konstanten k_1 en k_2 worden nul als $\epsilon'' = 0$ (ϵ'' bepaalt de absorptiedemping in het medium). De hiermee corresponderende termen hebben blijkbaar betrekking op de absorptiedoorsnede. We kunnen dan schrijven:

$$Q_a(a, \lambda) = \frac{\lambda^2}{2\pi} \rho^3 (k_1 + k_2 \rho^2) \quad (3-12)$$

$$Q_s(a, \lambda) = \frac{\lambda^2}{2\pi} k_3 \rho^6 \quad (3-13)$$

$$\text{met } k_3 = 4/3 \frac{(\epsilon'-1)^2}{(\epsilon'+2)^2} = 4/3 K^2 \text{ als } \epsilon'' = 0. \quad (3-14)$$

Hiermee hebben we voor $Q_s(a, \lambda)$ de Rayleigh-verstrooiing bij kleine diëlectrische bolletjes verkregen [14].

De aanpak van de verstrooiingsdoorsnede is van groot belang bij de Solidar radarmetingen, en zal in de eerstvolgende paragraaf worden uitgewerkt. De demping van de X-band radarsignalen en de satellietsignalen komt in paragraaf 3.2.3 aan de orde.

3.2.2 De reflectiviteitsfactor Z; de Z-R relatie

Reflectiviteit ten gevolge van regen ontstaat nu door verstrooiing van het verzonden opvallende vermogen door regendruppels. De verstrooiing per regendruppel wordt gekarakteriseerd door de verstrooiingsdoorsnede $Q_s(a, \lambda)$ van de regendruppel (afhankelijk dus van de straal van de druppel en de gebruikte frequentie). Gaan we nu uit van een radarzendvermogen P_z dat bij een radarantenne-gain G op een afstand r een vermogensdichtheid $GP_z/(4\pi r^2)$ oplevert, dan is het ontvangen vermogen (onder aanname van isotrope verstrooiing door een regendruppel) gelijk aan [14]:

$$P_o = P_z \frac{\lambda^2 G^2}{(4\pi)^3 r^4} Q_s(a, \lambda) \quad (3-15)$$

We hebben in een regenbui uiteraard niet te maken met één druppel maar met een groot aantal druppels per volume-eenheid. Binnen een regenbui hebben we ook niet te maken met druppels van allemaal dezelfde grootte. Daarom bestaan er in een bui voor verschillende druppeldiameters ook verschillende verstrooiingsdoorsnedes die alleen veroorzaakt worden door de diameter-verschillen (bij de aanname van een constante temperatuur en golflengte). We kunnen dan voor een bepaald volume zoals een regenbui is, $Q_s(a, \lambda)$ vervangen door de zogenaamde reflectivity [14]:

$$\eta = \int_0^\infty n(a) Q_s(a, \lambda) da \quad (3-16)$$

Hierin is $n(a)$ de verdeling van de druppeldiameters in een bepaalde regenbui. Deze druppelverdeling is gedefinieerd als de volumedichtheid (m^3 lucht) van de regendruppels per druppeldiametereenheid (m), en heeft de dimensie $[m^{-3} mm^{-1}]$. De relatie (3-16) is alleen geldig als mag worden uitgegaan van vermogensoptelling van de bijdragen van de verschillende druppels.

Als we de Rayleigh-benadering kunnen toepassen dan geldt voor de verstrooiingsdoorsnede (zie (3-13)):

$$Q_s(a, \lambda) = \frac{(2\pi)^5}{\lambda^4} \frac{4}{3} |K|^2 a^6 \quad (3-17)$$

De constante K is gelijk aan $\frac{\epsilon' - 1}{\epsilon' + 2}$.

Naast de reflectivity wordt dikwijls de effectieve reflectivity-factor Z_e gehanteerd, gedefinieerd volgens [14]:

$$Z_e = \frac{\lambda^4}{(2\pi)^5 \frac{4}{3} |K|^2} \int_0^\infty n(a) Q_s(a, \lambda) da \quad (3-18)$$

die in de Rayleigh-benadering overgaat in de vorm:

$$Z_e = \int_0^\infty n(a) a^6 da \quad (3-19)$$

Op basis van een aangenomen druppelverdeling kan hiermee een relatie worden gelegd tussen Z_e en de regenintensiteit R [mm/h]. Deze relatie kan als volgt worden afgeleid. We maken hierbij gebruik van de Marshall-Palmer druppelverdeling. Deze luidt als volgt:

$$n(a) = n_0 \exp(-\Lambda a) \quad [\text{mm}^{-1} \text{m}^{-3}] \quad (3-20)$$

waarin $n_0 = 8000 \text{ mm}^{-1} \text{m}^{-3}$ (voor wijdverspreide buien)

$\Lambda = 4,1 R^{-0,21}$ (voor wijdverspreide buien)

R in mm/h

a diameter regendruppel in mm

De regenintensiteit wordt gegeven door:

$$R = \frac{\pi}{6} \int_0^{\infty} a^3 v(a) n(a) da \quad [m/s] \quad (3-21)$$

en hierin is $v(a)$ de eindvalsnelheid van druppels met diameter a . Deze kan benadert worden door [2]:

$$v(a) = 130 \sqrt{\left(\frac{\rho_0}{\rho}\right)} \sqrt{a} \quad [m/s] \quad (3-22)$$

met a de diameter in meter, ρ de dichtheid van lucht en ρ_0 de dichtheid van lucht aan het aardoppervlak. Met behulp van (3-20) en (3-22) kunnen we dan voor (3-21) schrijven:

$$R = 0,0901361 n_0 / \Lambda^{4,5} \quad (3-23)$$

Hieruit volgt dat:

$$\Lambda = (0,0901361 n_0)^{2/9} R^{-2/9} \quad (3-24)$$

Als $n_0 = 8000$ (hetgeen geldt bij stratiforme (wijdverspreide) regen) wordt Λ gelijk aan $4,1 R^{-0,21}$. Zo ook kunnen we met (3-19) en (3-20) zien dat de effectieve reflectivity-factor Z_e geschreven kan worden als:

$$Z_e = \frac{720 n_0}{\Lambda^7} \quad [mm^6 m^{-3}] \quad (3-25)$$

Met (3-24), (3-25) en $n_0 = 8000$ volgt dan voor een Z-R relatie:

$$Z_e = 206 R^{1,56}$$

Door gebruik te maken van de volgens de Mie-theorie berekende $Q_s(a, \lambda)$ in de terugwaartse verstrooiingsrichting, vinden we bij 20°C en $\lambda=3,2$ cm (de radarfrequentie) [4]:

$$Z_e = 298,7 R^{1,54} \quad [\text{mm}^6 \text{m}^{-3}] \quad (\text{Laws-Parsons}) \quad (3-26)$$

$$Z_e = 287,6 R^{1,55} \quad [\text{mm}^6 \text{m}^{-3}] \quad (\text{Marshall-Palmer}) \quad (3-27)$$

Waaruit we zien dat de verschillen minimaal zijn. Zie ook dat de verstrooiingsdoorsnede golflengte-afhankelijk is en hierdoor voor andere frequenties een andere Z-R relatie oplevert. In het algemeen kunnen we schrijven:

$$Z_e = c R^d \quad (3-28)$$

waarin c en d constanten zijn die per bui kunnen verschillen. In dit onderzoek nemen we voor c de waarde 200, en voor d de waarde 1,6.

3.2.3 De specifieke damping γ ; de γ -R relatie

Uit de hiervoor benaderde Z-R relatie kunnen we met behulp van de gemeten reflectiviteitswaarden door de radar de regenintensiteiten bepalen. Met behulp van de relatie tussen de specifieke damping en de regenintensiteit die hieronder zal worden afgeleid kunnen we dan de damping ten gevolge van regen bepalen.

De damping van elektromagnetische golven door regen in voorwaartse richting ontstaat door verstrooiing en absorptie ten gevolge van regendruppels. Gaan we uit van de totale dempingsdoorsnede $Q_t(a, \lambda)$ van een regendruppel

(= verstrooiingsdoorsnede in voorwaartse richting + absorptiedoorsnede in voorwaartse richting = $Q_s(a, \lambda) + Q_a(a, \lambda)$), dan geldt voor de totale specifieke demping γ [14]:

$$\gamma = \gamma(\text{verstrooiing}) + \gamma(\text{absorptie}) \quad [\text{Neper/m}]$$

Elke druppel absorbeert en verstrooit een gedeelte van het vermogen. Dit kan uitgedrukt worden in de relatie:

$$P_{\text{att}} = |\vec{S}| Q_t(a, \lambda)$$

Hierin is S de invallende vector van Poynting en $Q_t(a, \lambda)$ de dempingsdoorsnede van de regendruppel. Uitgaande van regendruppels op een afstand r in een elementair volume-element $\Delta V(r)$ waarbinnen de vermogensdichtheid niet wezenlijk verandert, dan kan de verandering in de vermogensdichtheid van een zich over een afstand Δr voortbewegende elektromagnetische golf door een aantal druppels n beschreven worden als [8]:

$$-\Delta S = \Delta r / \Delta V \sum_{n=1}^n Q_t(a, \lambda) S$$

De mate van verandering in de vermogensdichtheid is dan:

$$\lim_{\Delta r \rightarrow 0} \Delta S / \Delta r = -1 / \Delta V \sum_{n=1}^n Q_t(a, \lambda) S$$

Nemen we de limiet dan kan S constant worden beschouwd in een volume-element ΔV en dus buiten de sommatie geplaatst worden. De vermogensdichtheid op een

willekeurige plaats r is dan de oplossing van de integraal over de laatste vergelijking:

$$S(r_2) = S(r_1) \exp\left(-\int_{r_2}^{r_1} \alpha \, dr\right)$$

met $\alpha = (\Delta V)^{-1} \sum_{n=1}^n Q_t(a, \lambda) = n(a) Q_t(a, \lambda)$ da. In dB/km wordt dit (geïntegreerd over de druppeldiameter):

$$\gamma = 4,34 \cdot 10^3 \int_0^\infty n(a) Q_t(a, \lambda) \, da \quad [\text{dB/km}] \quad (3-29)$$

Voor golflengtes van enkele centimeters zal de damping ten gevolge van absorptie het grootst zijn. Voor golflengtes kleiner dan een centimeter kan de damping ten gevolge van verstrooiing voor kleine regenintensiteiten groter zijn dan de damping ten gevolge van absorptie.

Met behulp van de eerder genoemde druppelverdelingsfuncties en een volgens de Mie-theorie berekende $Q_t(a, \lambda)$ kan, bij een bepaalde temperatuur en golflengte, de damping in voorwaartse richting als functie van R worden berekend. Onder deze condities blijken de berekende resultaten te kunnen worden benaderd door een zogenaamde machtenwet.

$$\gamma = a R^b \quad (3-30)$$

In [8] (blz. 30) en [14] worden de volgende resultaten genoemd voor een golflengte $\lambda = 3,2$ cm bij 20°C :

$$\gamma = 0,0081 R^{1,27} \quad [\text{dB/km}] \quad (\text{Laws-Parsons}) \quad (3-31)$$

$$\gamma = 0,01 R^{1,2} \quad [\text{dB/km}] \quad (\text{Marshall-Palmer}) \quad (3-32)$$

Voor de bij Olympus te gebruiken frequenties gelden voor elke frequentie andere constanten a en b. Deze constanten zijn tevens afhankelijk van de polarisatie-richting van het signaal, en de elevatiehoek van het grondstation. Er zijn waarden van a en b berekend die gebaseerd zijn op de Laws en Parsons druppelverdeling, een temperatuur van 20 °C en afgeplatte sferische druppels met een verticale rotatie-as. Deze waarden voor a en b zijn geldig voor zowel horizontale en verticale polarisaties. Voor lineaire en circulaire polarisaties kunnen we a en b nu berekenen volgens [5]:

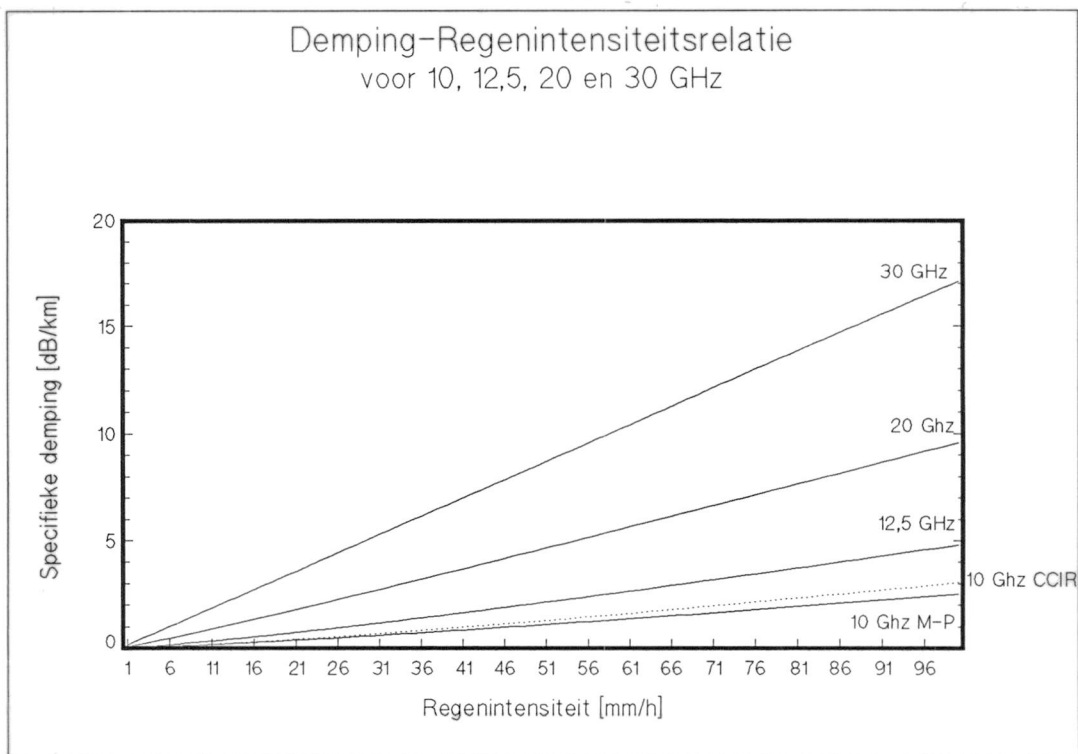
$$a = [a_h + a_v + (a_h - a_v) \cos^2 \theta \cos 2\tau] / 2 \quad (3-33)$$

$$b = [a_h b_h + a_v b_v + (a_h b_h - a_v b_v) \cos^2 \theta \cos 2\tau] / 2a \quad (3-34)$$

Hierin zijn: τ = polarisatie hoek t.o.v. de horizon
 θ = elevatiehoek van het satellietpad

voor 12.5 GHz	$a_h = 0,020$ $b_h = 1,207$	$a_v = 0,020$ $b_v = 1,188$	=> voor $\tau = 90^\circ$ en $\theta = 27,6^\circ$ $a = 0,02$ $b = 1,19$
voor 20 GHz	$a_h = 0,0751$ $b_h = 1,099$	$a_v = 0,0691$ $b_v = 1,065$	=> voor $\tau = 90^\circ$ en $\theta = 27,6^\circ$ $a = 0,07$ $b = 1,07$
voor 30 GHz	$a_h = 0,187$ $b_h = 1,021$	$a_v = 0,167$ $b_v = 1,000$	=> voor $\tau = 90^\circ$ en $\theta = 27,6^\circ$ $a = 0,17$ $b = 1,00$

In figuur 3.1 is voor de radarfrequentie (10 GHz) en de bij het Olympus-onderzoek gebruikte frequenties (12,5, 20 en 30 GHz) de bijbehorende specifieke demping uitgezet tegen de regenintensiteit. Voor 10 GHz is tevens de specifieke demping volgens de Marshall-Palmer verdeling weergegeven.



figuur 3.1 Specifieke demping vs. regenintensiteit

Met behulp van (3-27) en (3-32) kunnen we ook de relatie tussen γ en Z vastleggen (bij $\lambda = 3,2$ cm):

$$\gamma = 1,25 \cdot 10^{-4} Z^{0,774} \text{ [dB/km]} \quad (3-35)$$

De relatie tussen γ en Z wordt later gebruikt bij de dempingscorrectie van het radarsignaal (paragraaf 4.1.1).

3.3 damping ten gevolge van de 'melting layer'

De 'melting layer' is een gebied rond de 0°C isotherm waar sneeuw- en ijsdeeltjes smelten en regendruppels vormen. In een maritiem klimaat, zoals in Nederland heerst, ligt de 'melting layer' altijd in de laagste drie kilometer van de troposfeer. De kenmerkende dikte van de 'melting layer' is 500 meter. Eén van de significante verschijnselen is de hoge radar reflectiviteit. Hierdoor is het synoniem 'radar brightband' ontstaan.

De damping van satellietsignalen door de 'melting layer' kan bij hoge frequenties niet worden verwaarloosd bij de voorspelling van de totale damping op een satellietpad. In veel regenmodellen is de hoogte van de 'melting layer' inbegrepen in de regenhoogte. Om nu de invloed van de 'melting layer' mee te nemen in de dempingsberekeningen moeten we de extra damping die de 'melting layer' oplevert ten opzichte van de regendamping (over dezelfde dikte) berekenen.

De hoge radarreflectiviteit die de smeltende sneeuw teweegbrengt komt van het feit dat het smeltende deeltje een mengsel is van ijs, water en lucht [12]. Het water vormt hierbij een mantel om de ijskristallen. Om dit model voor de melting layer te kunnen gebruiken voor dempingsonderzoek, moeten verscheidene parameters bepaald worden (bijvoorbeeld de gemiddelde grootte en dichtheid van de sneeuwvlokken). Deze parameters worden gevonden door de theoretische resultaten te 'fitten' op de gemeten resultaten. Deze metingen worden uitgevoerd met een hoge resolutie Doppler radar. Voor de metingen [12] is er gebruik gemaakt van de Delft Atmospheric Research Radar (DARR) van de Technische Universiteit Delft.

Verder draagt ook de verandering in de diëlectrische constante als belangrijkste oorzaak bij tot de hoge reflectiviteit in de 'melting layer'. De reflectiviteit van de smeltende deeltjes is berekend door gebruik te maken van de Mie-theorie voor sferische deeltjes. Hierin nemen we als diëlectrische constante de gemiddelde diëlectrische constante van het ijs-water-luchtmengsel [11].

Voor de verdeling van de smeltende deeltjes heeft men de gammadistributie genomen [11] volgens:

$$n(a) = n_0 a^2 \exp[-5,67 a/a_0] \quad (3-36)$$

Hierin is a [mm] = diameter van het smeltende of gesmolten deeltje
 n [mm⁻¹m⁻³] = dichtheid van de deeltjes
 a_0 [mm] = $5,67/\Lambda$ = gemiddelde deeltjesgrootte
 Λ = een functie van de regenintensiteit. Bij de Marshall-Palmer druppelverdeling en voor stratiforme regen is $\Lambda = 4,1 R^{-0,21}$.
 n_0 = een constante.

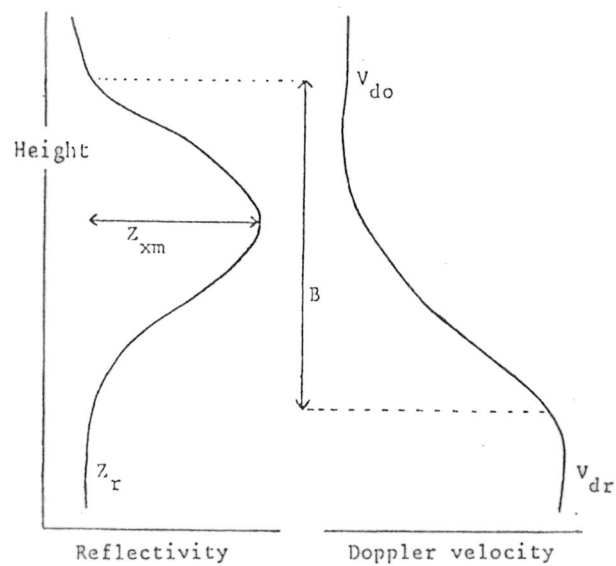
In de smeltfase kan deze verdeling veranderen [11] door:

- **variatiies in de valsnelheid:** Als we aannemen dat de massaflux van de deeltjes constant is met de hoogte, resulteert dit in het feit dat de concentratie van de deeltjes omgekeerd evenredig is met de valsnelheid. Gedurende de smeltfase neemt de Dopplervalsnelheid toe van 2 tot 6 m/s (stationair $v = 0$ m/s). Dit geeft een afname van de deeltjesconcentratie met een factor drie. Dit is 5 dB in reflectiviteit.
- **samensmelting en het uit elkaar vallen van deeltjes:** In de 'melting layer' is samensmelting van deeltjes van minder groot belang omdat de 'melting layer' zich uitstrekt over een kleine hoogte (500 meter). Deeltjes kunnen uit elkaar vallen door botsingen met andere deeltjes of vanwege instabiliteit ten gevolge van te grote regendruppels na het smelten.
- **condensatie van waterdamp:** De smeltenergie wordt verkregen uit de warmte die ontstaat doordat het deeltje kouder is dan de omringende lucht en de warmte die ontstaat door condensatie van waterdamp op het deeltje. Vanwege dit laatste fenomeen neemt de diameter van het deeltje toe gedurende het smeltproces. Dit resulteert in een toename van de totale watermassa en de neerslagintensiteit tijdens de smeltfase.

De veranderende dichtheid van het smeltende deeltje wordt berekend door gebruik te maken van de zogenaamde droge dichtheid van het deeltje voor het

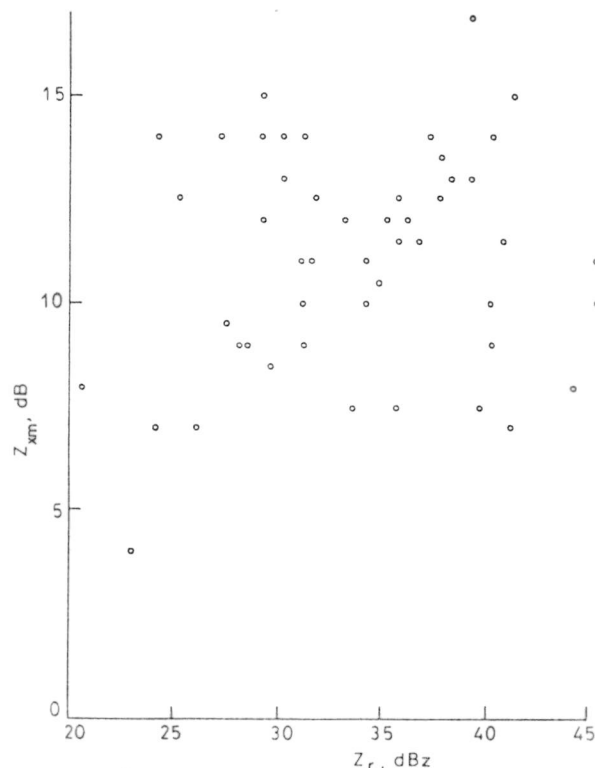
smelten begint. We nemen aan dat gedurende het smeltproces de droge dichtheid lineair afneemt totdat het deeltje geheel uit water bestaat. Een probleem is dat de droge dichtheid kan variëren van $0,005 \text{ g/cm}^{-3}$ voor sneeuw tot $0,9 \text{ g/m}^{-3}$ voor hagel. Daarom is in het model de droge dichtheid als vrije parameter genomen. Omdat de droge dichtheid de maximale reflectiviteit in de 'melting layer' sterk beïnvloedt, kunnen we deze bepalen uit de DARR-radarobservaties: een hoge dichtheid geeft een hoge reflectiviteit in de meting te zien.

De fysische fenomenen in de 'melting layer' kunnen op basis van figuur 3.2 worden geanalyseerd en bestudeerd. Boven de 0°C isotherm bevinden zich ijsdeeltjes of sneeuw. De valsnelheden in dit gebied zijn laag voor sneeuw. Rondom de 0°C isotherm gaan de sneeuwvlokken smelten. De radar ziet dit door een toename in de reflectiviteit ten gevolge van een verandering in de diëlectrische constante van het smeltende deeltje (de diëlectrische constante van water is veel groter dan die van sneeuw) gecombineerd met grote 'natte' sneeuwvlokken (de reflectiviteit is evenredig met de diameter van het deeltje tot de zesde macht). De sneeuwvlokken die gesmolten zijn, vallen als regendruppels met inherent grotere snelheden naar beneden. Het verloop in de toename van de valsnelheid is afhankelijk van de druppelverdeling. De reflectiviteit neemt weer af in verband met de geringere afmeting van een regendruppel ten opzichte van de sneeuwvlok waaruit de druppel afkomstig is. Als alle sneeuwvlokken gesmolten zijn blijft de reflectiviteit voor afnemende hoogte nagenoeg constant, hetgeen betekent dat de druppelverdeling nagenoeg geen verandering meer ondergaat.



figuur 3.2 Reflectiviteitsverloop in de 'melting layer'.

De belangrijkste parameter van de 'melting layer' is de reflectiviteits-toename Z_{xm} , welke is gedefinieerd als het verschil van de maximale reflectiviteit in de 'melting layer' en de reflectiviteit van de direct onder de 'melting layer' liggende regen. In figuur 3.3 is Z_{xm} uitgezet tegen de reflectiviteit Z_r van de regen net onder de 'melting layer'. We zien een grote spreiding in Z_{xm} . Het gemiddelde is 11 dB [12].

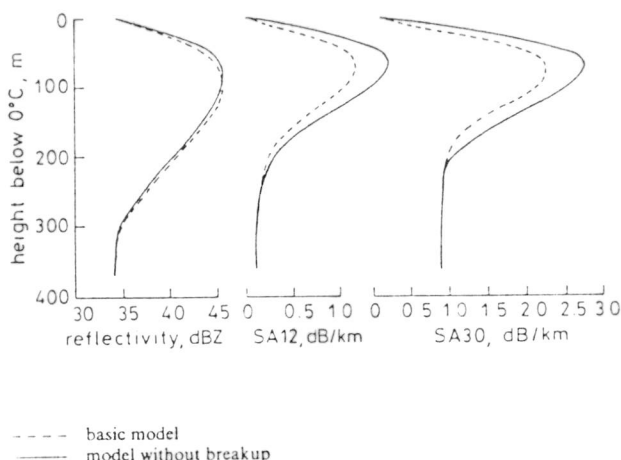


figuur 3.3 Maximale reflectiviteitovermaat versus de reflectiviteit van de regen net onder de 'melting layer'.

Figuur 3.4 laat de toename van de specifieke demping in de 'melting layer' zien als functie van de hoogte. Als we deze toename vergelijken met de regendemping op dezelfde frequentie zien we dat de extra specifieke demping ten gevolge van de 'melting layer' relatief groter is voor lagere frequenties dan voor hogere. Voor 12 GHz bijvoorbeeld is de maximale extra specifieke demping van de melting layer ongeveer $1,2 - 0,1 = 1,1$ dB/km (gestippelde lijn in figuur 3.4), terwijl de specifieke demping voor regen van 4,86 mm/h (34 dBZ zie figuur 3.4) een waarde heeft van 0,13 dB/km (een toename van 746 %, zie figuur 3.1). Voor 30 GHz is de maximale extra specifieke demping ongeveer $2,2 - 0,9 = 1,3$ dB/km en de specifieke demping bij regen van 4,86 mm/h 0,82 dB/km (een toename van 58 %).

Een toename van de specifieke demping in de melting layer kunnen we verklaren uit de lagere valsnelheid en het grotere aantal deeltjes in het

begin van de smeltfase. Op 12 GHz is de toename in specifieke demping sterker omdat de gevoeligheid voor kleinere druppels dan groter is.



figuur 3.4 Verticaal profiel van de reflectivity en de specifieke demping in de melting layer voor 12 en 30 GHz.

De gevonden statistische resultaten voor de extra demping ten gevolge van een 'bright band' zijn als volgt [12]:

$$A_x(f) = \alpha R^\beta \pm \sigma_1 \quad [\text{dB}] \quad (3-37.1)$$

$$A_x(f) = \delta Z_r^\phi Z_{xm}^\psi \pm \sigma_2 \quad [\text{dB}] \quad (3-37.2)$$

$$A_x(f) = \varsigma Z_r^\nu Z_{xm}^\mu Z_{dr}^\eta \pm \sigma_3 \quad [\text{dB}] \quad (3-37.3)$$

Hierin is $A_x(f)$ de extra demping in dB van de 'melting layer' op frequentie f , R de regenintensiteit in mm/h, $\alpha - \eta$ statistisch bepaalde constanten, σ de rms standaardafwijking en Z_{dr} de verhouding van de reflectie tussen de horizontale en verticale polarisatie. Deze extra demping A_x is gedefinieerd

als het verschil tussen de totale demping in de 'melting layer' en de demping van een pad met dezelfde lengte in de regen, met een druppelverdeling die ontstaan is na smelting.

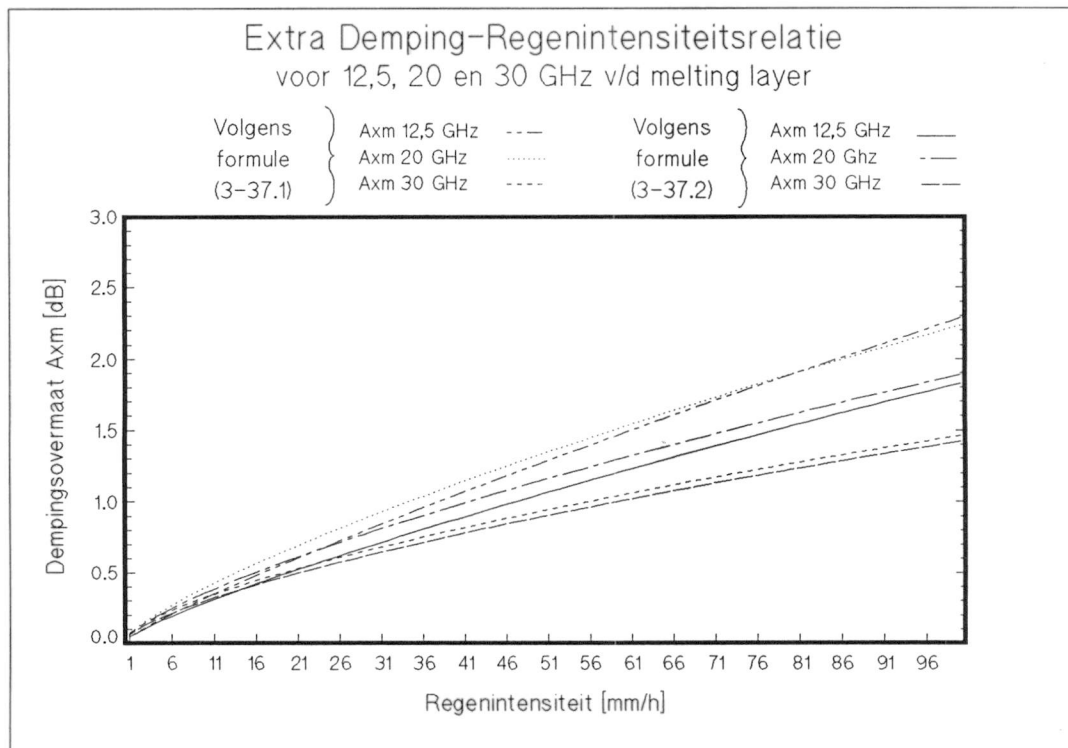
Met behulp van (3-37.1) kan de extra demping bij benadering bepaald worden. Een kleinere spreiding wordt bereikt door de maximale reflectieovermaat van de 'melting layer' in de beschouwing mee te nemen ((3-37.2)). Nemen we ook de differentiële reflectiviteit Z_{dr} mee dan krijgen we een nog kleinere spreiding (3-37.3). De differentiële reflectiviteit geeft namelijk een goede indicatie van de deeltjesgrootte.

In tabel III.1 zijn de waarden voor de verschillende constanten in de formules (3-37.1) - (3.37.3) weergegeven voor de verschillende frequenties [12]. We zien dat voor η hoge waarden gegeven zijn. Dit impliceert dat we Z_{dr} nauwkeurig moeten kennen om geen grote afwijkingen in de totale extra demping te krijgen.

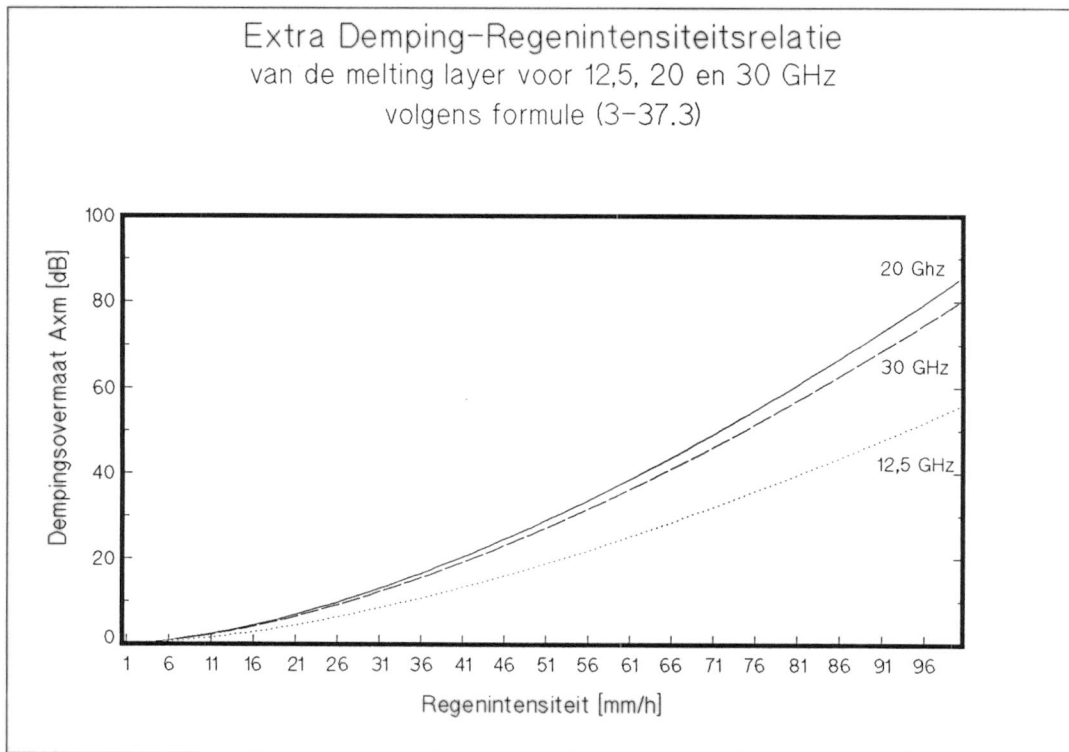
Tabel III.1 De statistische constanten voor de bepaling van de dempingsovermaat.

f [GHz]	12	20	30
α	0,0456	0,0707	0,0733
β	0,85	0,75	0,65
σ_1 [dB]	0,130	0,167	0,176
δ ($\times 10^{-6}$)	258	502	553
ϕ	0,50	0,45	0,42
ψ	1	1	1
σ_2 [dB]	0,077	0,106	0,105
ς ($\times 10^{-6}$)	13,9	21,3	20,0
ν	1	1	1
μ	1	1	1
η	-5,5	-6,3	-6,7
σ_3 [dB]	0,049	0,064	0,076

In figuur 3.5 is de extra damping ten gevolge van de melting layer volgens de formules (3-37.1) en (3-37.2) uitgezet tegen de regenintensiteit voor 12,5, 20 en 30 GHz. Gebruiken we formule (3-37.3) dan krijgen we voor de extra damping ten gevolge van de melting layer de curve van figuur 3.6. We zouden de differentiële reflectiviteit die in deze formule wordt gebruikt kunnen berekenen met behulp van de constanten a en b uit de formules (3-33) en (3-34). a en b worden bepaald voor de verschillende polarisaties. Vervolgens bepalen we de regenintensiteit met behulp van de bekende relatie $\gamma = a R^b$. Hiermee kunnen we weer met behulp van $Z = 200 R^{1,6}$ de reflectiviteit voor de verschillende polarisaties berekenen. Deze methode zal geen nauwkeurigere berekening van de extra damping geven vanwege het feit dat we bij de zo berekende Z_{dr} dan uitgaan van een model (het CCIR model) terwijl de formule (3-37.3) afgeleid is voor gemeten Z_{dr} . We zien ook dat de extra damping ten gevolge van de 'melting layer' voor hoge regenintensiteiten veel te groot wordt. Formule (3-37.3) is dan ook alleen bruikbaar als we de beschikking hebben over de gemeten differentiële reflectiviteit Z_{dr} .



figuur 3.5 Extra damping ten gevolge van de melting layer vs. regenintensiteit voor 12,5, 20 en 30 Ghz.



figuur 3.6 Extra damping ten gevolge van de melting layer vs.
regenintensiteit voor 12,5, 20 en 30 Ghz volgens (3-37.3)

4. ANALYSE EN CORRELATIE VAN DE DOOR DE MEETAPPARATUUR GELEVERDE DATA

4.1 Calibratie van de rondzoekradar met behulp van de regenmeters

4.1.1 Oorzaken van en remedies tegen verschillen tussen radarmetingen en regenmetermetingen

Er zijn verschillende factoren die afwijkingen kunnen veroorzaken in de meting van de regenintensiteit door de radar t.o.v. de regenmeterregistratie. Deze foutenbronnen kunnen als volgt gecategoriseerd worden:

1. fouten in de bepaling van de reflectiviteitswaarde.

Een bron van fouten bij het bepalen van de reflectivity komt van de hardware-calibratie. Vaak blijven er vele niet-verklaarbare, systematische fouten in de reflectiviteitsbepaling bestaan, ondanks het zorgvuldig calibreren van het elektronische systeem. Het is dan wenselijk dat calibratie plaatsvindt met een onafhankelijke bron. We nemen hiervoor regenmeters (alhoewel ook hierin fouten kunnen ontstaan).

Andere foutenbronnen die niet zijn geassocieerd met de hardware zijn:

- a. beam-blockage door obstakels dichtbij de radar.
- b. ongewenste reflecties van de omgeving (clutter).
- c. de opbouw van een neerslagfilm op de radome.
- d. demping van het radarsignaal door neerslag, wolken, en atmosferische gassen
- e. verdamping van neerslag nadat deze gedetecteerd is door de radar.

Vooraf punt b. en d. hebben veel invloed op de gemeten waarde. De data worden hierop dan ook gecorrigeerd. Punt a. wordt voorkomen door een Zero-IF filter in de ontvangstketen. Van dit banddoorlatend filter zorgt het laagste

3 dB-kantelpunt (bij 600 Hz) ervoor dat de directe koppeling tussen de antennes wordt gereduceerd en dat detecties van radardoelen in nabijheid van de radar worden onderdrukt.

ad b.

De rondzoekradar is bedoeld voor het meten en bewerken van reflecties die veroorzaakt worden door regen. Maar het ontvangen signaal bevat naast reflecties van regen ook ongewenste reflecties. Deze ongewenste reflecties worden samengevat onder de naam clutter. Voorbeelden van clutter zijn reflecties van de grond (gebouwen, begroeiing), van rijdende auto's, vogels, enz. Het is dus van belang om clutterecho's te onderdrukken.

Om de clutter te verminderen kunnen eisen gesteld worden aan het radarsysteem. Het antenne-ontwerp moet zo zijn dat grondclutter (hiervan wordt de meeste hinder ontvangen) zich niet in de hoofdlob van de antenne bevindt, maar voornamelijk in de zijlobben en dat dit vermogen ook zo klein mogelijk is. Door de antennebundel onder een bepaalde elevatiehoek ten opzichte van het grondvlak te richten kan dit worden bewerkstelligd.

Verder kunnen sterke laagfrequente componenten die afkomstig zijn van objecten dichtbij de radar overspreken in buurcellen. Hiertoe is er een anti-vouw overspraakfilter in de ontvangketen opgenomen die de echo's onderdrukt die afkomstig zijn van objecten op een afstand van minder dan 90 meter.

De voorgaande twee punten hebben betrekking op clutter van objecten die zich op korte afstand van de radar bevinden. Er is nog een reden waardoor clutter van verder weggelegen objecten wordt onderdrukt. Het vermogen van regenecho's neemt af met het kwadraat van de afstand. Dit betekent dat het 'beat'-frequentievermogenspectrum afneemt met 6 dB per octaaf. Deze afname wordt in Solidar gecompenseerd door een 6 dB/oct versterker. Nu neemt het ontvangen vermogen van objecten op de grond af ten gevolge van een derde- tot vierdemachts afstandsafhankelijkheid (9 tot 12 dB/oct). Dit vanwege het feit dat discrete objecten de radarbundel niet geheel kunnen vullen. Regen kan dit wel. De clutterecho's worden dus 3 tot 6 dB/oct zwakker ten opzichte van de regenecho's.

Ondanks deze effecten is het nodig dat er extra clutteronderdrukking plaatsvindt. Dit kan gebeuren in de signaalbewerking. Hierbij maakt men gebruik van het feit dat clutterreflecties ook bij droog weer aanwezig zijn. De grondclutter wordt dan bij droog weer gemeten en opgeslagen, de zgn cluttermap. De cluttermap kan dan gebruikt worden om tijdens latere metingen de gemeten reflecties te corrigeren. De cluttermap wordt afgetrokken van de gemeten reflecties, zodat we alleen de regenreflecties overhouden (aannemende dat de systeemeigenschappen tijdsonafhankelijk zijn). Wel wordt hierbij een fout gemaakt omdat de clutterecho's van de door de regen nat geworden objecten anders zijn dan die van de opgeslagen droge clutter.

ad d.

Vanwege het feit dat de radar met een hoge radarfrequentie (9,47 GHz) uitzendt, wordt het radarsignaal ook gedempt door regen. Om nu toch de juiste reflectiviteit te kunnen bepalen, moeten de ontvangen reflecties gecorrigeerd worden voor demping.

De ontvangen reflectiviteit is afkomstig van regen en clutter. Uit deze reflectiviteit moeten we de echte gedempte regenreflectiviteit bepalen. Vanwege het feit dat ook de clutter door regen gedempt wordt en de cluttermap de niet gedempte clutterreflectiviteiten bevat, moeten we de cluttermap eerst corrigeren op regendemping voordat we deze van de gemeten reflectiviteit aftrekken. Zouden we de clutter 'ongedempt' aftrekken van de gemeten reflectiviteitswaarde dan trekken we teveel clutter af. Hierdoor blijft er te weinig over voor de regen, die op deze manier dan ook te weinig gecorrigeerd wordt.

Zouden we eerst de gemeten reflectiviteit corrigeren op demping en dan de clutter aftrekken dan wordt er te weinig clutter afgetrokken omdat de clutter in het samengestelde signaal door correctie op regendemping ook groter wordt en zo groter kan worden dan de echte clutter (omdat we dan uitgaan van een grotere Z bij dempingscorrectie). De clutter wordt in dit geval dan meegenomen in de berekening van de dempingsfactor.

Een juiste methode is om eerst de cluttermap te dempen (de clutter moet voor toenemende range r afnemen ten gevolge van regendemping, zodat minder clutter afgetrokken wordt voor toenemende r). Deze cluttermap wordt dan van

het gemeten signaal afgetrokken. Het overblijvende signaal (de echte gedempte regenintensiteit) wordt nu gecorrigeerd op damping. Per schil wordt eerst de cluttermap gedempt door de gemeten clutterreflectiviteitswaarde te vermenigvuldigen met de dempingsfactor [1]:

$$\text{Exp}\{ -L A \sum_{i=0}^N \text{Exp}(b \text{LN}[Z_c]_i) \} \quad (4-1)$$

Hierin is A gelijk aan $a/10 \log e$, omdat de dempingsfactor in de dempingscorrectie-formule [1] de eenheid Np/km heeft en niet dB/km. Hierdoor wordt $A = 80 \cdot 10^{-6}$ en $b = 0,75$ (zouden we de waarden uit formule (3-35) nemen dan wordt $A = 29 \cdot 10^{-6}$ en $b = 0,77$). Verder is Z_c de echte op damping gecorrigeerde regenintensiteit. We zien dat door het negatief-exponentiele verloop de waarden voor grotere range r inderdaad afnemen. Dan wordt deze op regendamping gecorrigeerde cluttermap afgetrokken van de gemeten reflectiviteit. Hierna wordt de zo verkregen gedempte regenreflectiviteit gecorrigeerd voor regendamping door te vermenigvuldigen met

$$\text{Exp}\{ +L A \sum_{i=0}^N \text{Exp}(b \text{LN}[Z_c]_i) \} \quad (4-2)$$

waardoor we de echte regenreflectiviteit hebben gekregen. Door het exponentiele verloop zien we ook hier dat de waarden van Z voor toenemende range r groter worden.

Voor de bui van 30 juni 1990 is er op het radarbeeld te zien dat voor bepaalde sectoren de radarwaarden te groot worden. Door de dempingscompensatie terug te draaien zien we dat dit verschijnsel weer verdwijnt waarbij we dan moeten denken dat het veroorzaakt wordt door een overcompensatie voor de damping. In de bijgevoegde kleurenplot is het bovenste plaatje het op damping gecorrigeerde radarbeeld. In het onderste plaatje is de dempingscompensatie ongedaan gemaakt voor het signaal na cluttercorrectie.

2. variaties in de Z/R-relatie.

De relatie tussen Z en R wordt gegeven door $Z = c R^d$. Maar omdat de druppelverdeling in tijd en plaats varieert door microfysische en kinematische omstandigheden, is deze relatie niet dezelfde voor elke bui. Een empirische relatie die veel wordt gebruikt en die gebaseerd is op de Marshall-Palmer druppelverdeling is: $Z = 200 R^{1,6}$. Maar er zijn voor verschillende omstandigheden vele empirische relaties gevonden [4, blz. 90-92]. Fysische fenomenen die de druppelverdeling kunnen veranderen zijn in tabel IV.1 weergegeven, alsmede hun mogelijke invloed op de Z/R-relatie [17].

Tabel IV.1 Veranderingen in de druppelverdeling ten gevolge van fysische omstandigheden en hun effect op de radarmeting.

PROCES	VERANDERING IN Z-R RELATIE		EFFECT OP RADAR REFLECTIVITEIT
	c	d	
<i>Microfysisch</i>			
Verdamping	toename	afname	te veel
botsing, samen			
smelting	toename	afname	te veel
uiteenvallen	afname	afname	te weinig
<i>Kinematisch</i>			
Verticale			
luchtbewegingen			
opwaarts	toename	afname	te veel
neerwaarts	afname	toename	te weinig

3. regenmeter- en radar-'sampling' verschillen.

De radar werkt met continue signalen en heeft daardoor een hoge gevoeligheid. De regenmeter werkt in discrete stappen en is hiermee minder gevoelig voor plotseling optredende regenfluctuaties. Calibratie dient dan ook plaats te vinden aan de hand van buien die wijdverspreid over het radar-detectiegebied liggen. Dit type buien heeft namelijk de eigenschap geen plotseling optredende regenintensiteitspieken te hebben.

4. fouten bij registratie door de regenmeter.

De bepaling van neerslag op één bepaalde plaats door middel van regenmeters is relatief nauwkeurig in vergelijking met radarmetingen. In de Angelsaksische literatuur worden regenmeters vaak aangeduid met 'groundtruth'. Toch moet bij regenmeters rekening worden gehouden met een onnauwkeurigheid van 2-10 %. We kunnen de volgende fouten onderscheiden:

a: instrumentele fouten.

Een regenmeter wordt geteisterd door een aantal systematische fouten, bijvoorbeeld verdamping, spetteren, en windinvloed. Alhoewel deze fouten afhangen van het mechanische ontwerp van de regenmeter, de meteorologische omstandigheden en de omgevingskarakteristiek van de locatie kan er toch een benadering gegeven worden van de onnauwkeurigheden die de verschillende fenomenen veroorzaken [15]:.

verdamping	: -1,0 %
adhesie	: -0,5 %
spatten	: +1,0 %
windvlagen en onbeschutte ligging	: -5 tot -80 %

We zien uit deze getallen dat de wind de grootste invloed heeft op de registratie. De wind die op de regenmeter inwerkt veroorzaakt dwarrelwinden en

turbulentie. Hierdoor worden de regendruppels direct boven de regenmeter versneld, zodat ze van valrichting veranderen. De regenmeter vangt dan een deel van de neerslag niet op.

b: random fouten.

Ten gevolge van het random karakter van regen ontstaan er fouten. Veronderstellen we een regenbui met een onveranderlijke druppelverdeling en onveranderlijke regenintensiteit. Gedurende vaste tijdsintervallen T nemen we samples van de hoeveelheid regen neerslag h [mm]. Als N_i het aantal opgevangen druppels is gedurende het i -de sample-interval kunnen we schrijven [15]:

$$h_i = \pi/6 \frac{N_i \tilde{a}_i^3}{A} \quad [\text{mm}] \quad (4-3)$$

Hierin is $\tilde{a}_i^3$ de gemiddelde diameter tot de derde macht van de opgevangen regendruppels in het i -de sample-interval, en is A het opvangoppervlak van de regenmeter. Door de random variatie van N en a , varieert h ook. De relatieve waarde van de random fout wordt gegeven door [15]:

$$\frac{\sigma(h)}{\bar{h}} \approx \sqrt{\left(\frac{1}{\bar{N}} \frac{\overline{\tilde{a}^6}}{(\overline{\tilde{a}^3})^2} \right)} \quad (4-4)$$

Waarin $\bar{h}$, $\bar{N}$ en $\overline{\tilde{D}^3}$ het gemiddelde zijn van h , N en $\tilde{D}^3$. In (4-4) is N evenredig met A , zodat de fout evenredig is met $\sqrt{1/A}$. Hoe groter het opvangende oppervlak van de regenmeter is, des te kleiner wordt de random fout [15].

5. verschillen in het tijdstip van registratie.

a. integratietijd van de regenmeter.

De integratietijd van de regenmeters in het 'Site Diversity'-project bedraagt 1 minuut. Dit betekent dat op het moment van detecteren van regen door de radar, deze regen na vier radaromwentelingen pas door de regenmeter geregistreerd kan worden.

b. hoogtecorrectie.

Deze hoogtecorrectie is nodig omdat de radar de regen op een bepaalde hoogte boven de grond detecteert en de regenmeter de regenintensiteit op het aardoppervlak meet. Uit de gemiddelde valsnelheid van de regen en de hoogte van de radarbundel kunnen we dan berekenen hoeveel tijd de regen nodig heeft om tot aan de grond te komen en hoeveel omwentelingen dit zijn. Eén radaromwenteling is 15,9 sec. We kunnen nu uitrekenen na hoeveel omwentelingen de eerste door de radar gedetecteerde regen in de regenmeter is gevallen.

Solidar boven rm: 0 0 0 0 X X X X X X X X X X X X 0 0 0 0 0 0 0
regenmeter : 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 X X X X X X X X X X X X X 0 0

←-----→

offset

-----→

tijd

X = regen

0 = geen regen

Omdat Solidar op een hoogte van 96 meter boven het aardoppervlak staat wordt de hoogte van de radarbundel bij een elevatiehoek van de antennes van 1,7° bepaald door:

$$h_{\text{bundel}} = r * \tan(1,7^\circ) + 0,096 \text{ km}$$

$$\approx (\text{element} * 0,120) * \tan(1,7^\circ) + 0,096 \text{ [km]} \quad (4-5)$$

Stel de gemiddelde verticale valsnelheid van de regendruppels op 5 m/s. Dan duurt het $[(h_s * 1000) / 5] / 15,9$ omwentelingen voordat de gedetecteerde regen in de regenmeter gevallen is (als er geen of weinig wind staat). Voor de verschillende regenmeters vinden we dan:

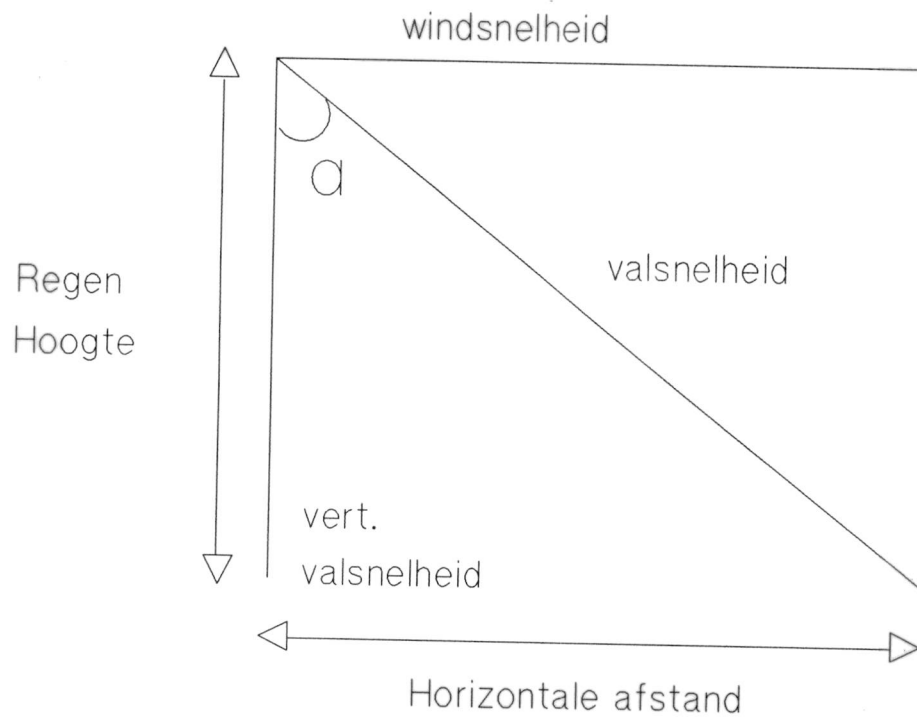
$h_{s,rm}$ RNL	=0,378 km	=>	delay = 4,7 omwentelingen
$h_{s,rm}$ MAG	=0,333 km	=>	delay = 4,2 omwentelingen
$h_{s,rm}$ ZOET	=0,372 km	=>	delay = 4,7 omwentelingen
$h_{s,rm}$ DELFT	=0,120 km	=>	delay = 1,5 omwentelingen

We kunnen nu de totale delay voor de verschillende regenmeters bepalen:

regenmeter RNL	: 9 omwentelingen
regenmeter Magazijn	: 9 omwentelingen
regenmeter Zoetermeer	: 9 omwentelingen
regenmeter Delft	: 6 omwentelingen

6. sterke wind.

Als er veel wind staat moeten we rekening houden met de horizontale windsnelheid en de windrichting. We kunnen uit figuur 4.1 de horizontale afstand bepalen waarover de regen zich door de wind verplaatst ten opzichte van de plaats waar Solidar de regen detecteert. We moeten dus niet de data nemen die Solidar boven de regenmeter detecteert, maar de data van die regen die op radarhoogte gemeten uiteindelijk in de op de grond geplaatste regenmeter terechtkomt.



figuur 4.1 Bepaling van de correctie voor wind.

Uit bovenstaande figuur 4.1 zien we:

$$\text{valsnelheid} = \sqrt{[\text{vert. valsnelheid}^2 + \text{windsnelheid}^2]}^2 \Rightarrow$$

$$\cos \alpha = \text{vert. valsnelheid} / \text{valsnelheid}$$

$$\alpha = \arccos[\text{vert. valsnelheid} / \sqrt{(\text{vert. valsnelheid}^2 + \text{windsnelheid}^2)}]$$

$$\text{hor. afstand} = \text{radarhoogte} * \sin \alpha$$

$$= \sin[\arccos(\text{vert. valsnelheid} / \sqrt{(\text{vert. valsnelheid}^2 + \text{windsnelheid}^2)})] * \text{radarhoogte}$$

zie formule (3-22).

Deze horizontale afstand is de afstand waarover het radardetectiepunt fictief verplaatst moet worden, en wel in de negatieve richting van de windrichting. Hiermee weten we de sector en het element waar we de data van de Solidar moeten nemen om de juiste vergelijking te kunnen maken met de regenwaarden die de regenmeters aangeven.

In figuur 4.2 is het radargebied weergegeven. Om nu de sector te bepalen waar we de data van Solidar moeten nemen, gaan we als volgt te werk: we weten uit welke richting de wind komt. We verdelen het gebied in kwadranten. Stel de wind komt uit het NW zoals in figuur 4.2 is aangegeven. We moeten dan de regen meter verplaatsen over de vector (x,y). Hierbij zijn de positieve x- en y-richting gesteld zoals in Carthesiaanse assenstelsel. Voor de kwadranten 1 en 2, dwz. de windrichting ligt tussen 0° en 180°, geldt dat we vanuit het punt waar de regenmeter staat het Solidardetectiepunt fictief moeten verplaatsen via de vector:

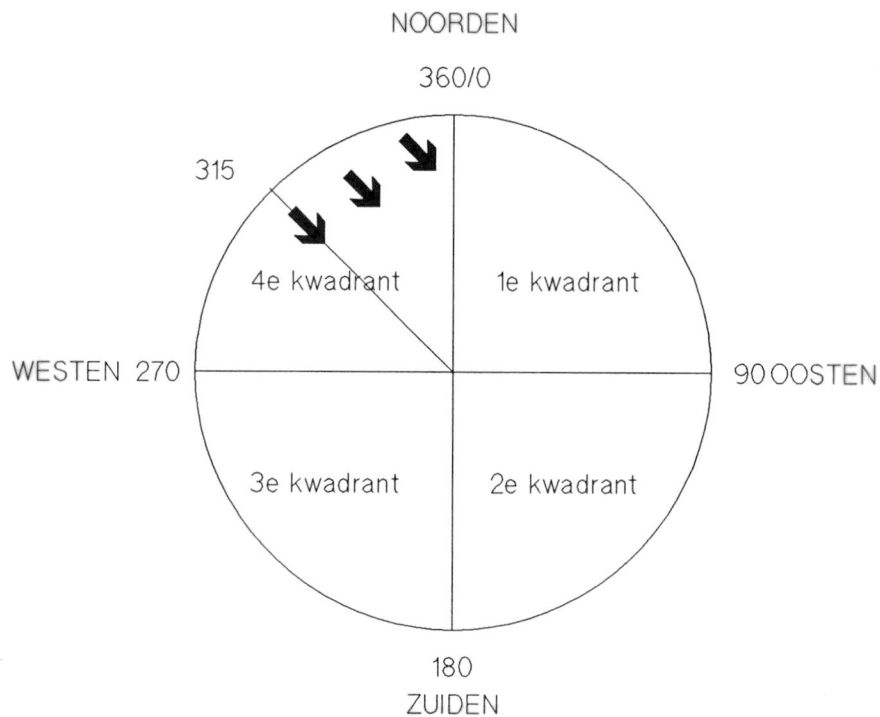
$$(\text{hor. afstand} * \cos(\text{windrichting}) , \text{hor. afstand} * \sin(\text{windrichting}))$$

(4-6)

Voor de kwadranten 3 en 4 geldt de vector:

$$(-\text{hor. afstand} * \cos(\text{windrichting}) , -\text{hor. afstand} * \sin(\text{windrichting}))$$

(4-7)



figuur 4.2 Het radargebied ingedeeld in kwadranten.

Een probleem is dat als het hard waait uit het noord-westen, we data zouden moeten nemen die niet in het door Solidar bestreken gebied liggen. Er kan dan geen correctie voor de windsnelheid gemaakt worden.

In figuur 4.3a t/m 4.3h is nu volgens bovenstaand model (voor een aantal buien) de regenmeterintensiteitswaarden uitgezet tesamen met de door de radar gedetecteerde regenintensiteit. Bij deze eerste analyse is de radar nog niet gecalibreerd. Dit wil zeggen dat er geen rekening is gehouden met een radarcalibratieconstante (zie voor de calibratie paragraaf 4.1.2 en 4.1.3). Tevens is voor de buien van vóór 1 april 1990 nog geen correctie voor de demping van het radarsignaal door regen aanwezig. Voor alle buien is voor het verschil in detectiehoogte gecorrigeerd.

23 januari 1990: -geen windcorrectie uitgevoerd
(figuur 4.3a) -geen middeling van de radarwaarden uitgevoerd
-hoge correlatie tussen de twee regenmeters in Leidschendam
vanwege het feit dat ze op een korte afstand van elkaar
liggen.

25 januari 1990: -windcorrectie uitgevoerd: 30 m/s
(figuur 4.3b) -en middeling van deze radarwaarden over 25 punten; d.w.z.

o o o o o	
o o o o o	o = extra meegenomen punten
o o x o o	x = plaats v/d regenmeter
o o o o o	
o o o o o	

25 februari 1990: -geen windcorrectie uitgevoerd
(figuur 4.3c) -ook hier grote correlatie tussen regenmeterwaarden van de
twee regenmeters in Leidschendam. Ook hoge correlatie
tussen de hiermee corresponderende radarwaarden
-verschil tussen regenmeterwaarden en radarwaarden voor
alle locaties ongeveer even groot.

28 februari 1990: -geen windcorrectie uitgevoerd
(figuur 4.3d) -zeer zware buien; radarregistratie blijft bij hoge
regenintensiteiten ver achter bij de registraties van de
regenmeter.

19 maart 1990 : -windcorrectie uitgevoerd. Deze radarcurve ligt voor de
(figuur 4.3e) regenmeter bij het RNL beduidend hoger dan de niet op
wind gecorrigeerde curve. Dit kan duiden op slechte
clutteronderdrukking ter plaatse waardoor bij middeling
de cluttercellen mee gaan tellen.

Voor de nu volgende buien heeft er dempingscorrectie op de radarregistratie
plaatsgevonden.

10 april 1990 : -windcorrectie uitgevoerd (behalve voor de regenmeter bij
(figuur 4.3f) het magazijn).

14 april 1990 : -windcorrectie uitgevoerd. Net als voor de bui van
(figuur 4.3g) 19 maart geeft deze correctie ter plekke van het RNL
soms hogere radarmetingen in vergelijking met de

regenmetermetingen.

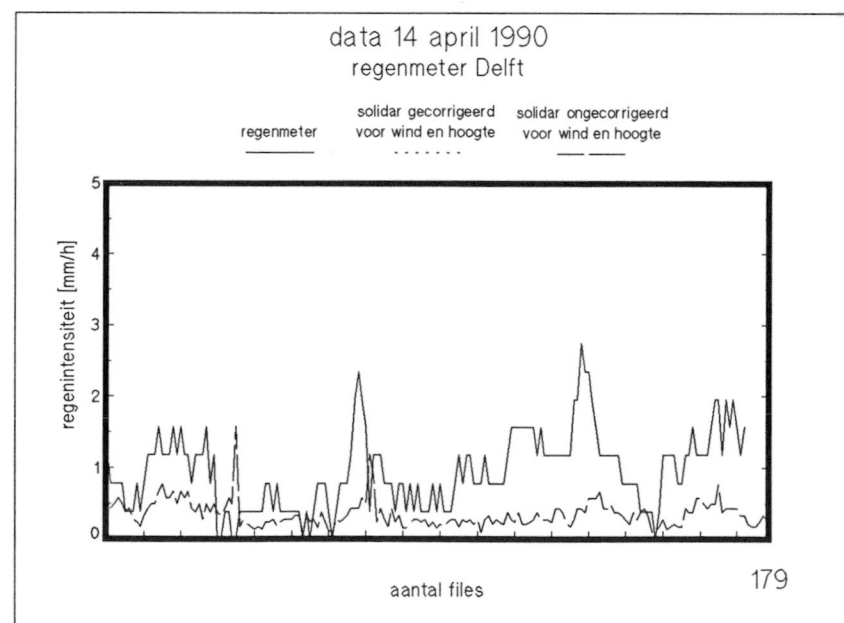
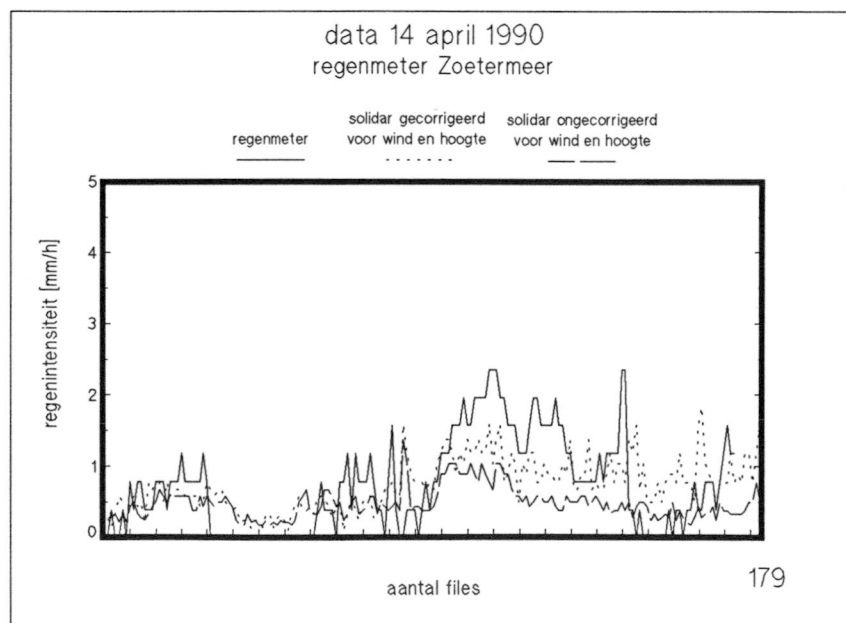
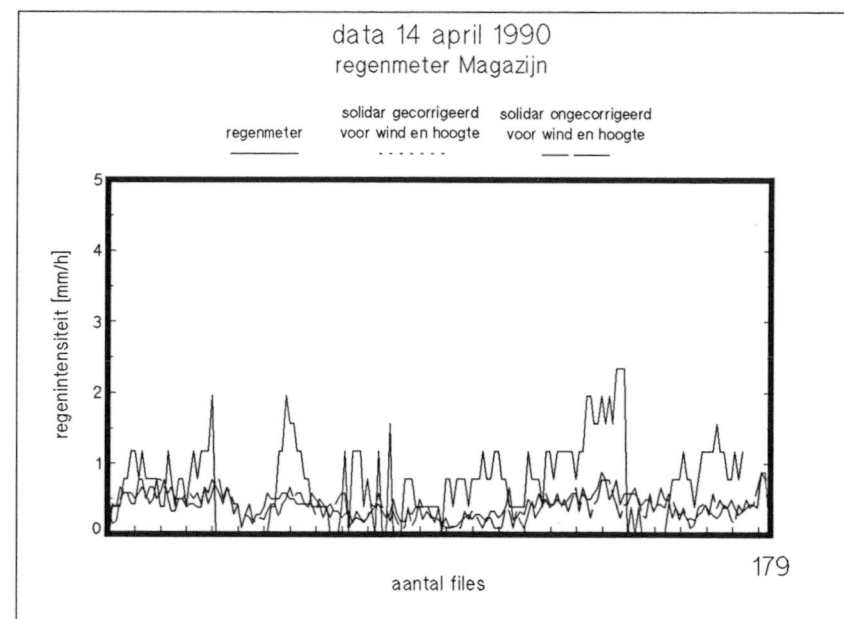
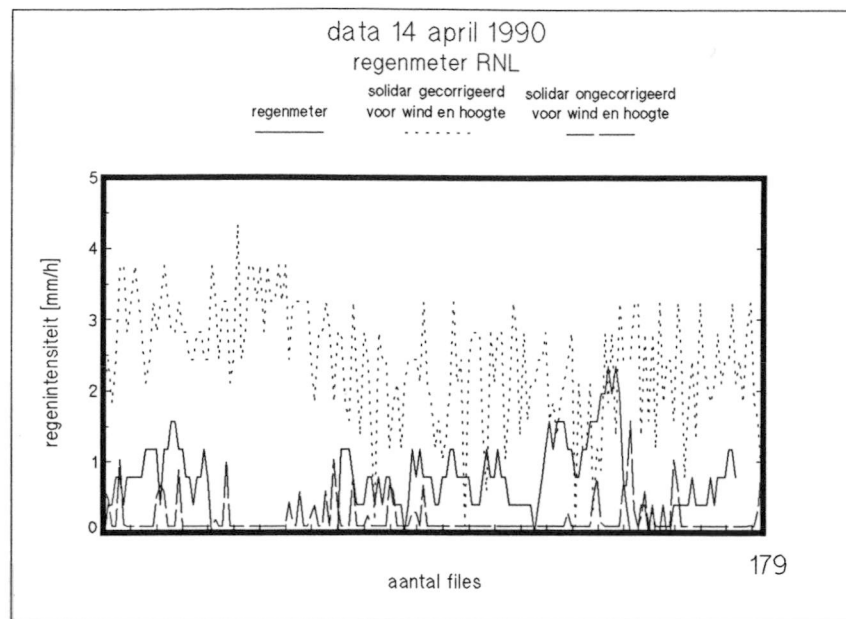
15 april 1990 : -windcorrectie uitgevoerd.

(figuur 4.3h)

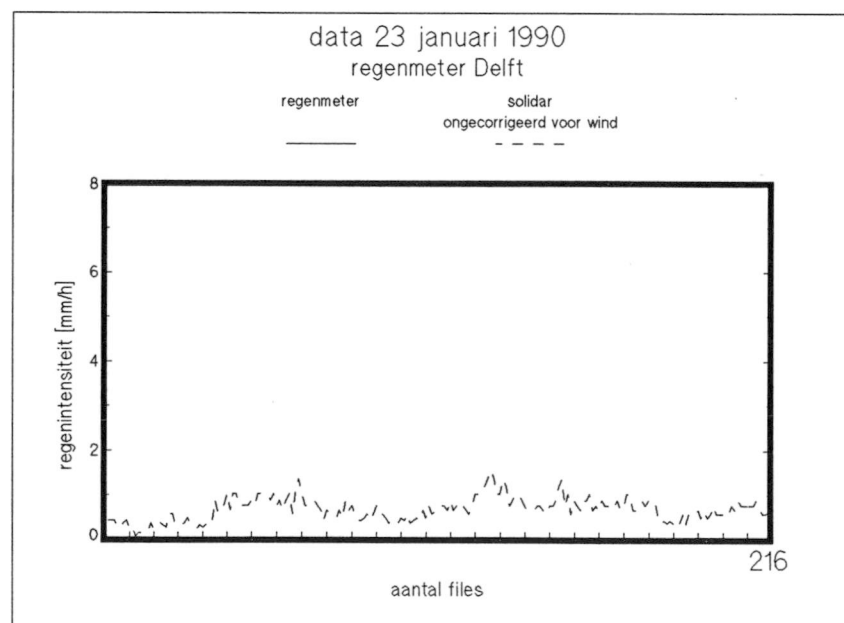
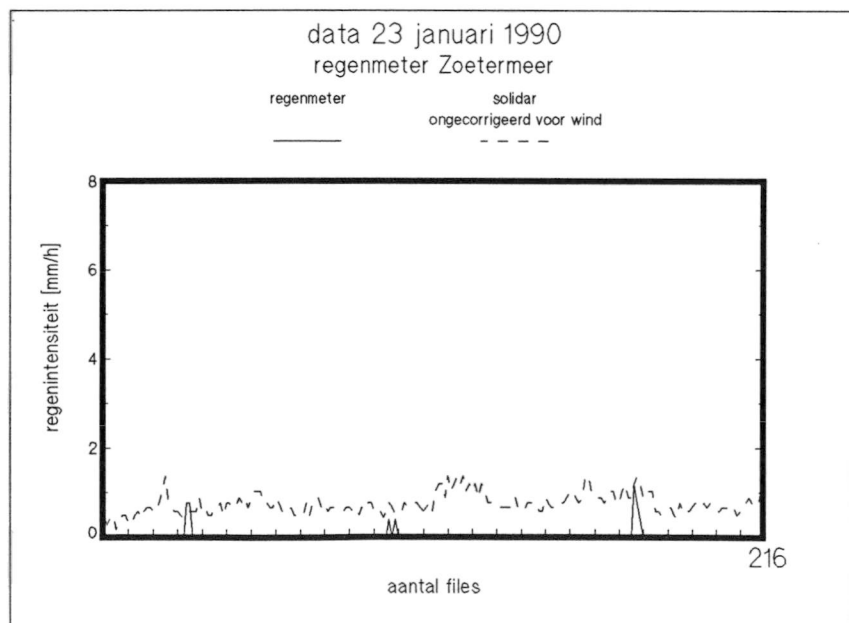
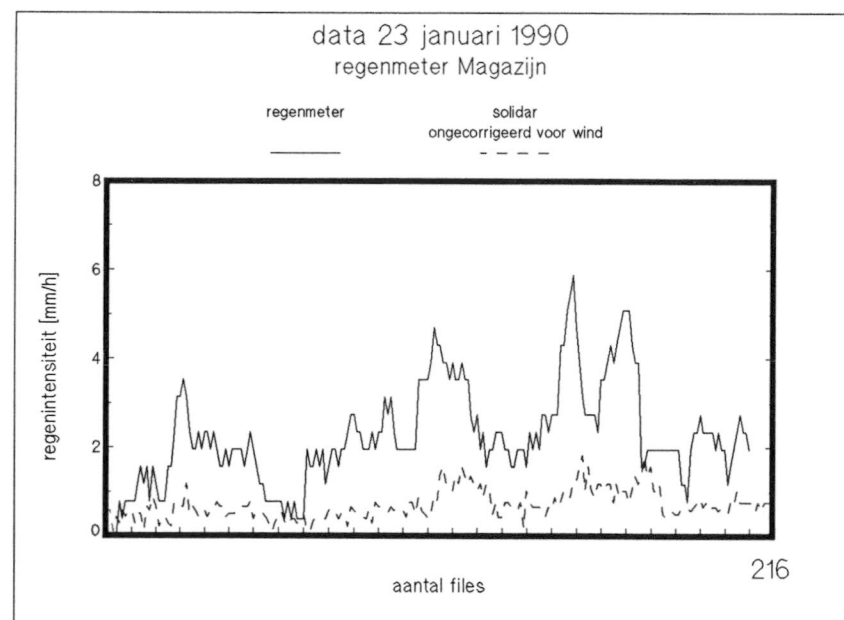
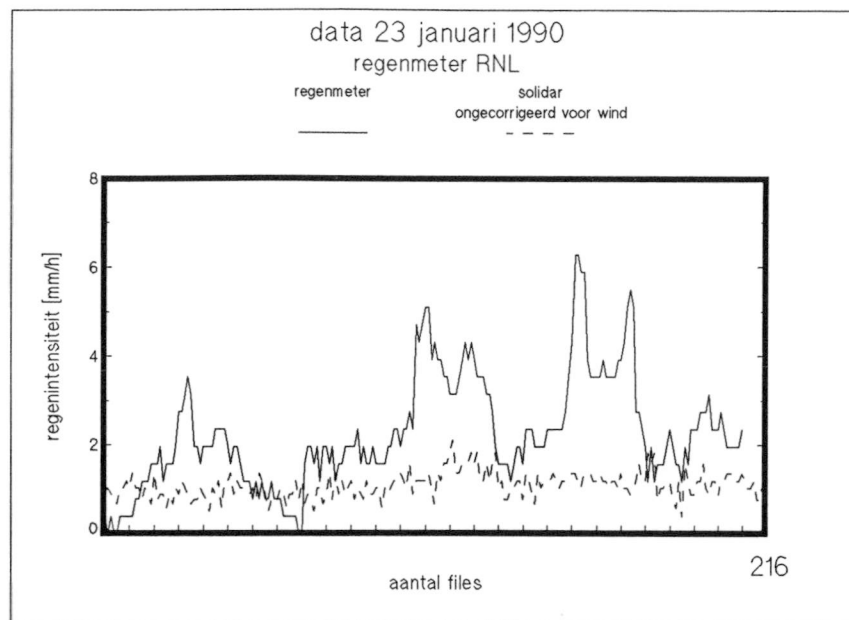
-en deze waarden gemiddeld over 25 punten.

-de discrepantie tussen de radarregistratie en de regenmeterregistratie is in Delft nu beduidend groter dan in Leidschendam. Zie bijvoorbeeld in Delft bij file 96 dat de regenmeter ongeveer 5 mm/h aangeeft en de radar ongeveer 1 mm/h. Voor dezelfde waarde van de regenmeter van 5 mm/h vinden we ter plaatse van het magazijn dat de radar 2 mm/h aangeeft (fileno. 24). Dit komt door de overcompensatie voor de dempingscorrectie die voor plaatsen ver van de radar groter is dan dichtbij. Hierdoor wordt ook de radarconstante waarmee de radarwaarden moeten worden vermenigvuldigd kleiner naarmate we verder van de radar zitten.

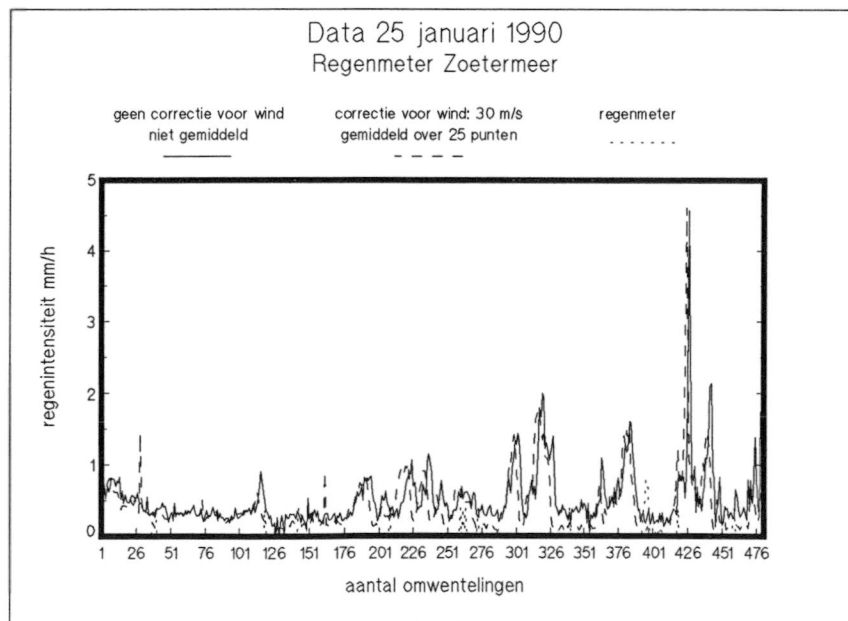
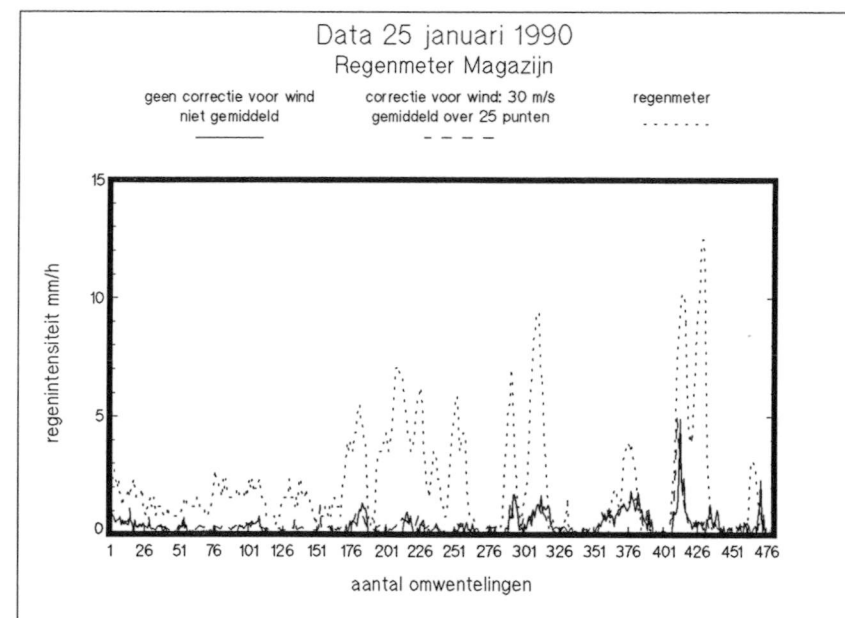
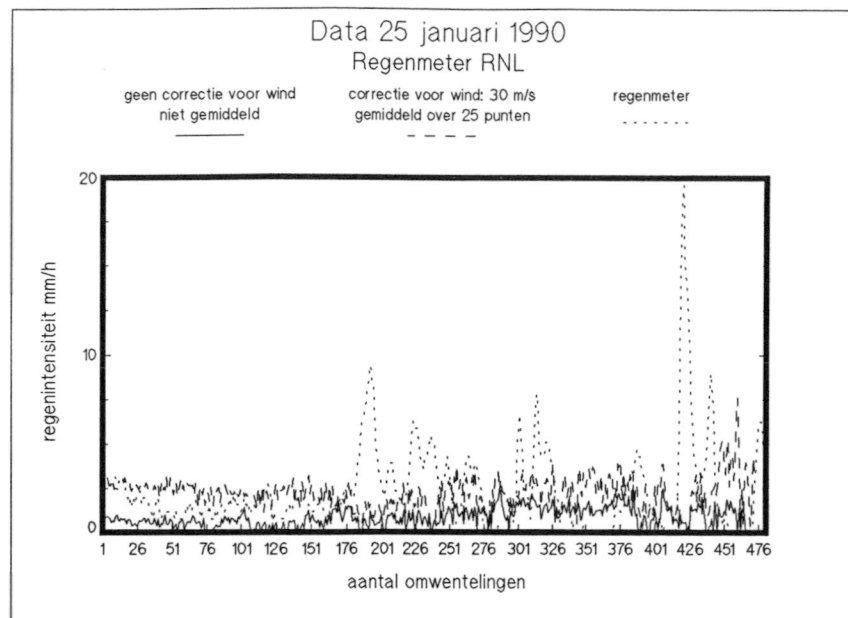
figuur 4.38 Regenmeterdata vs. Radardata 14 april 1990



Figuur 4.3a Regenmeterdata vs. Radardata 23 januari 1990



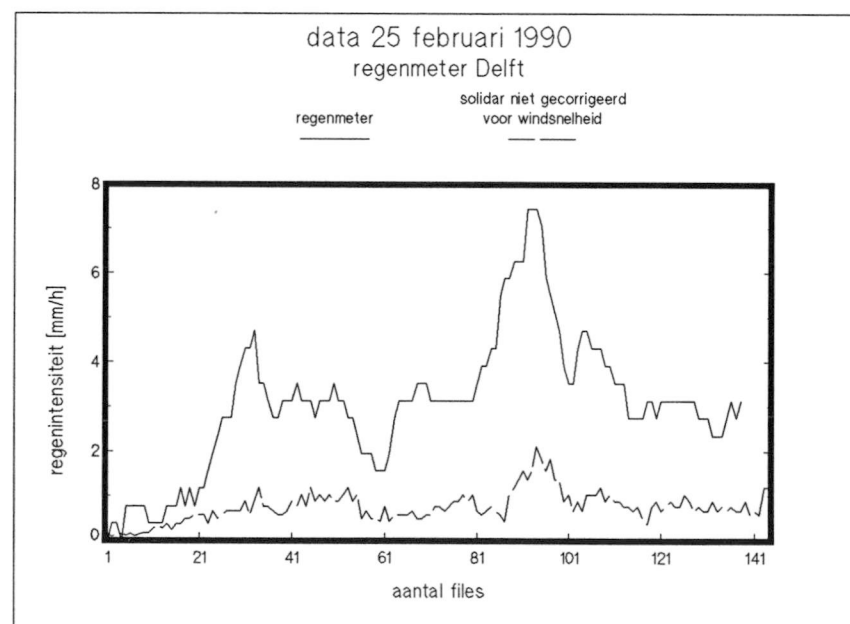
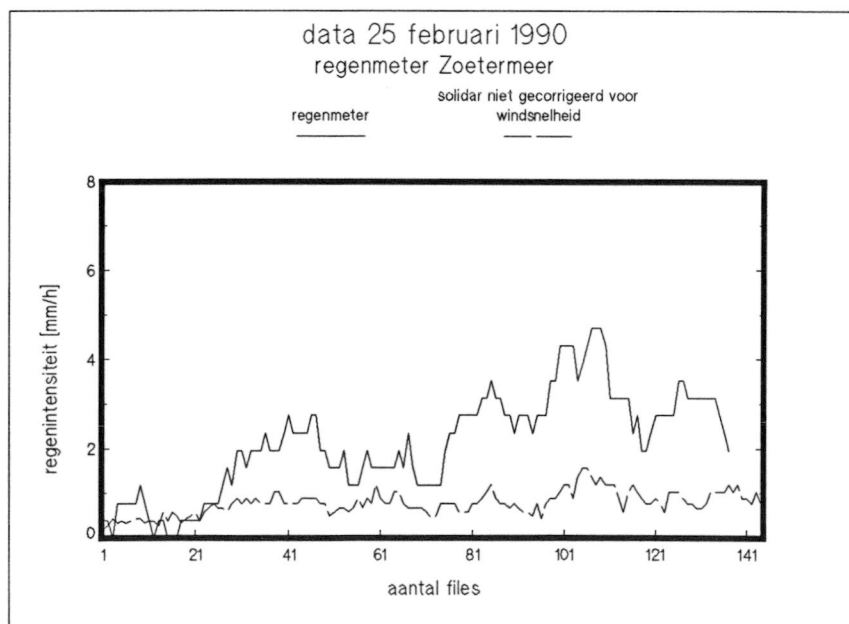
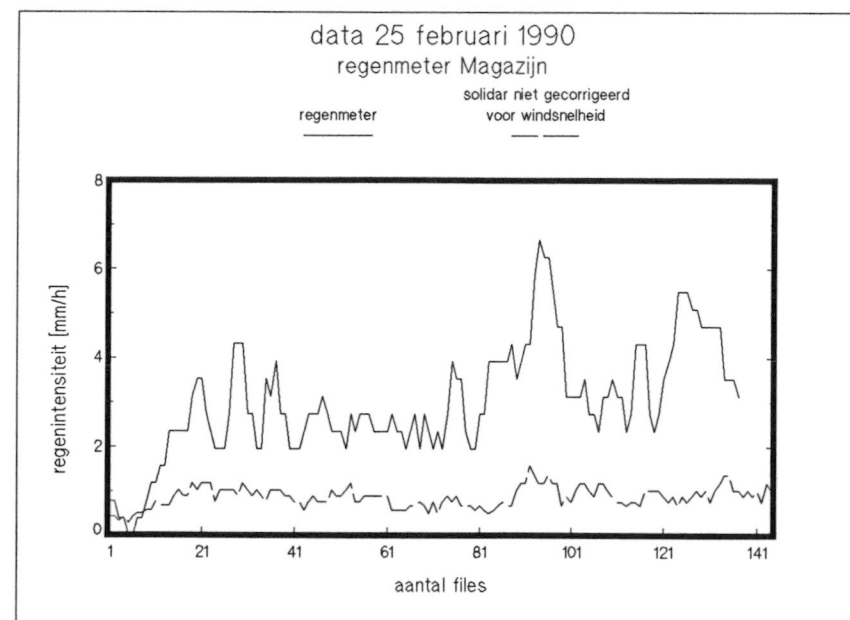
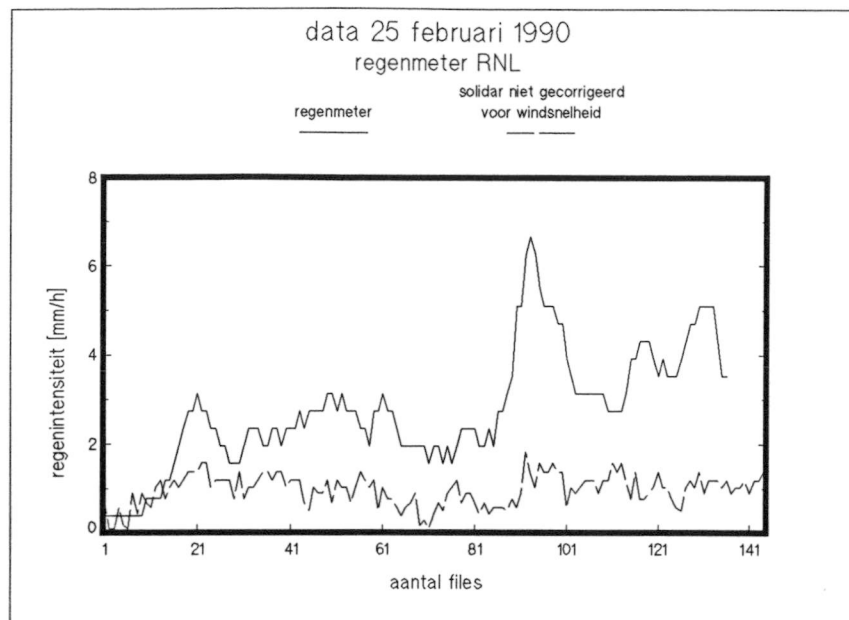
figuur 4.3b Regenmeterdata vs. Radarata 25 januari 1990



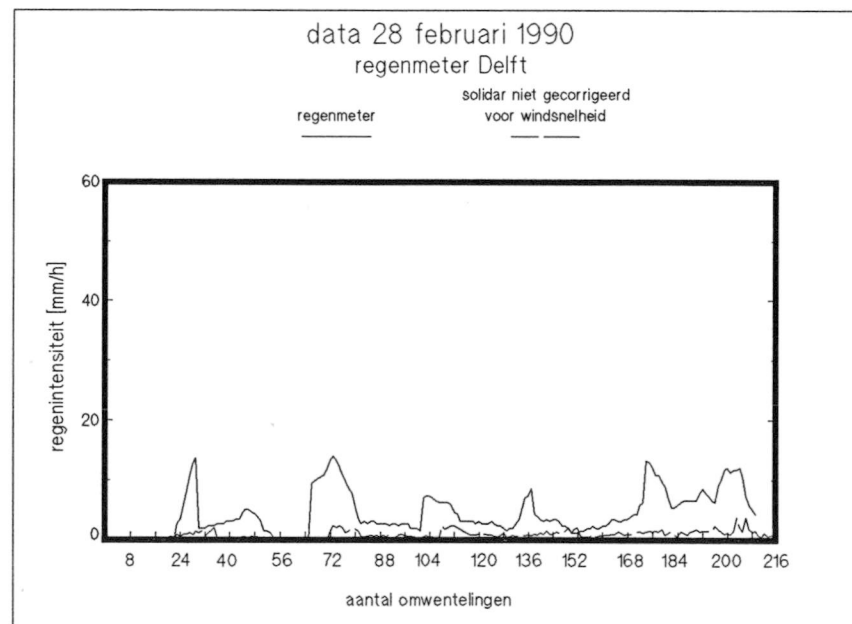
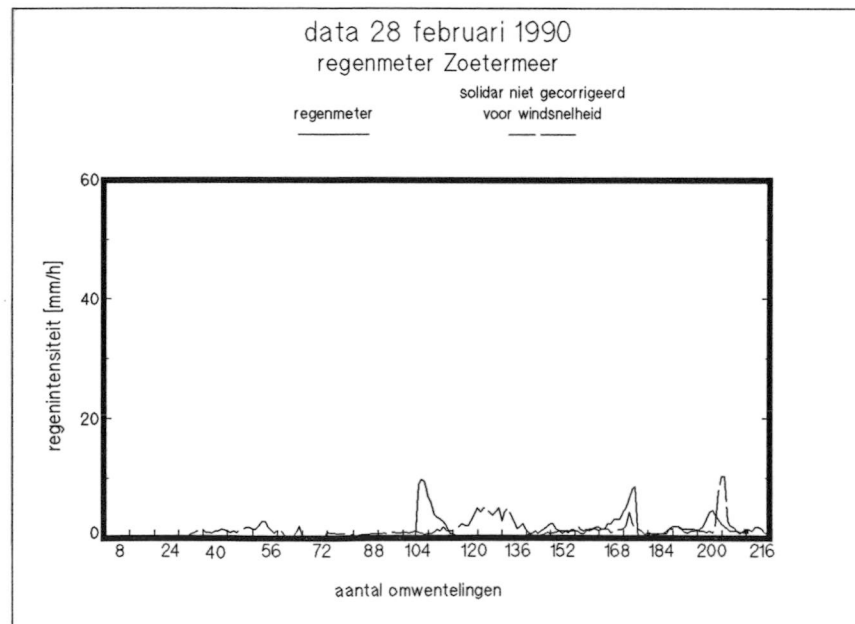
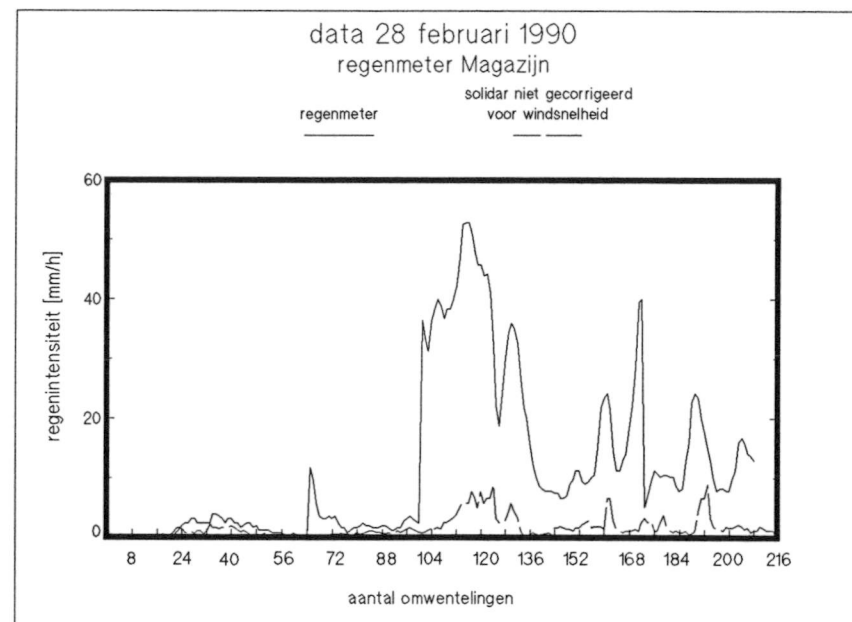
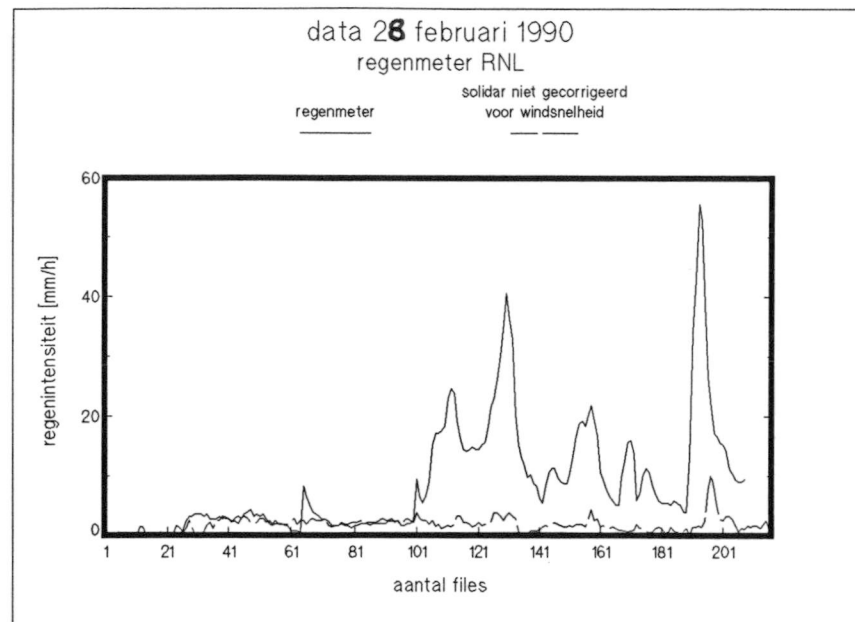
Voor regenmeter Delft

Geen regenmeterdata
beschikbaar

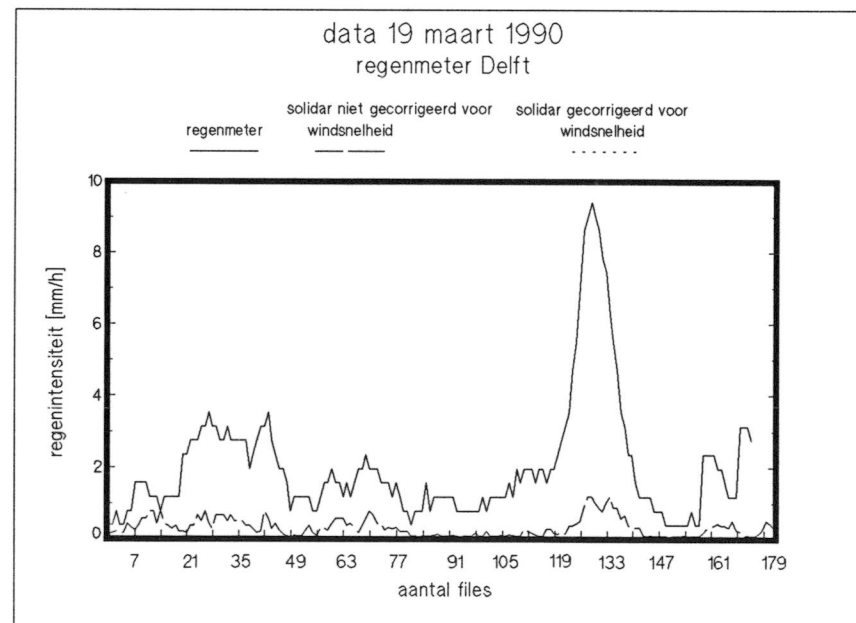
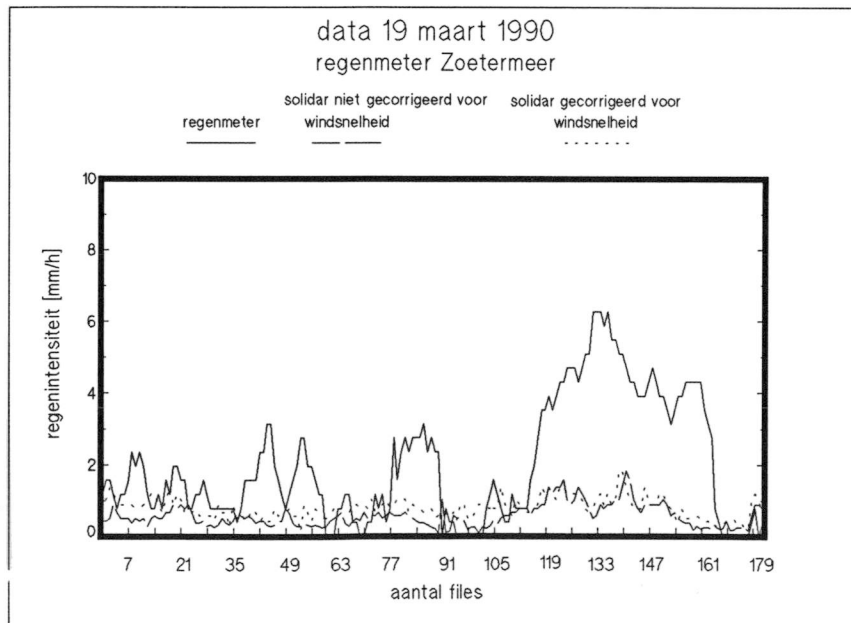
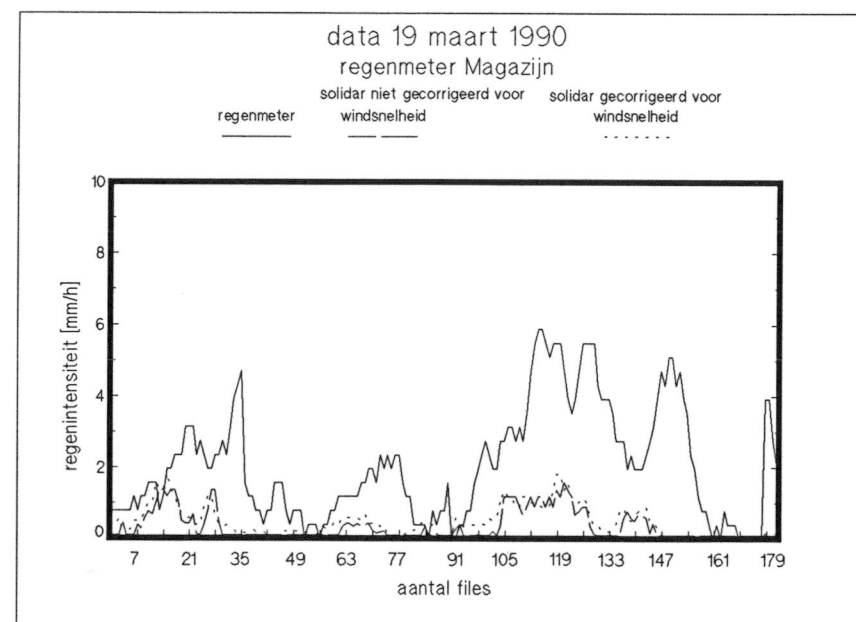
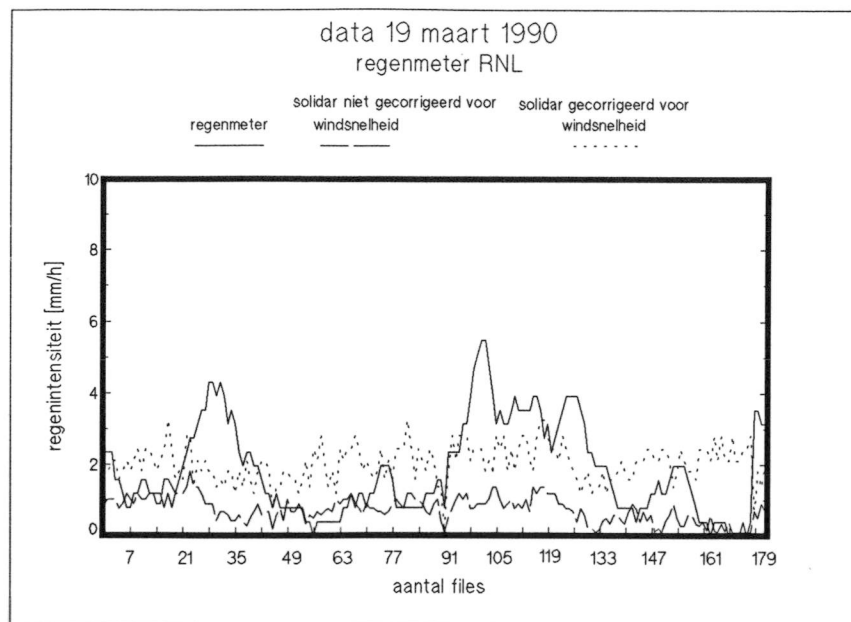
figuur 4.3c Regenmeterdata vs. Radardata 25 februari 1990



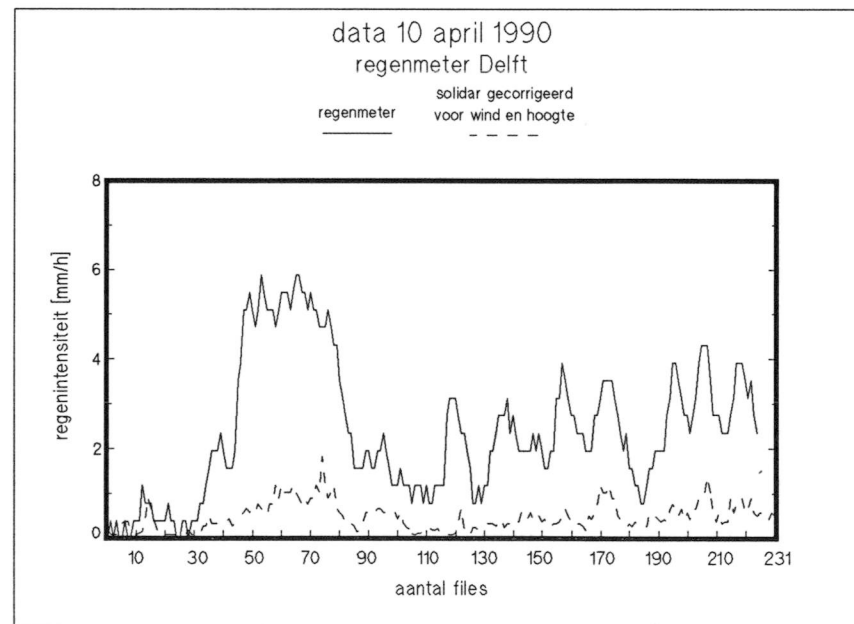
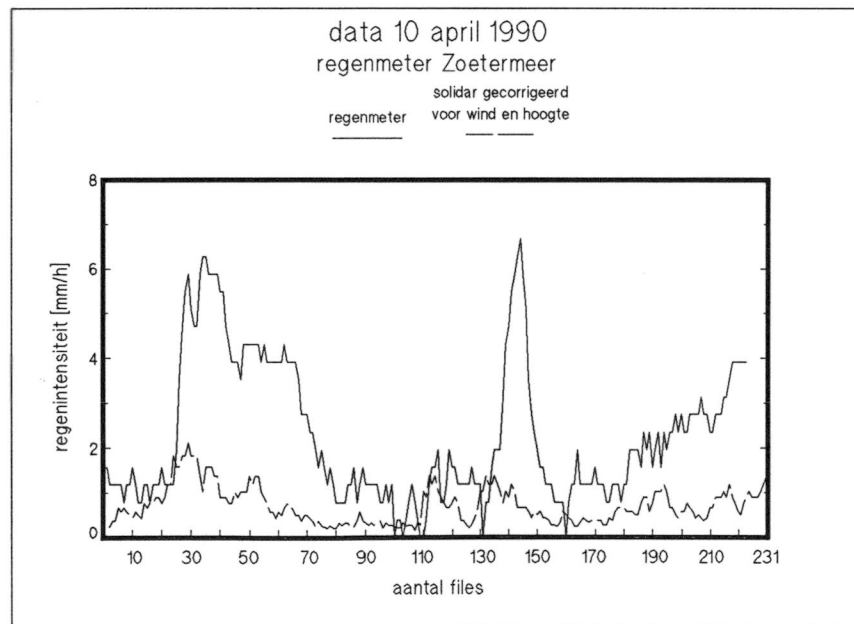
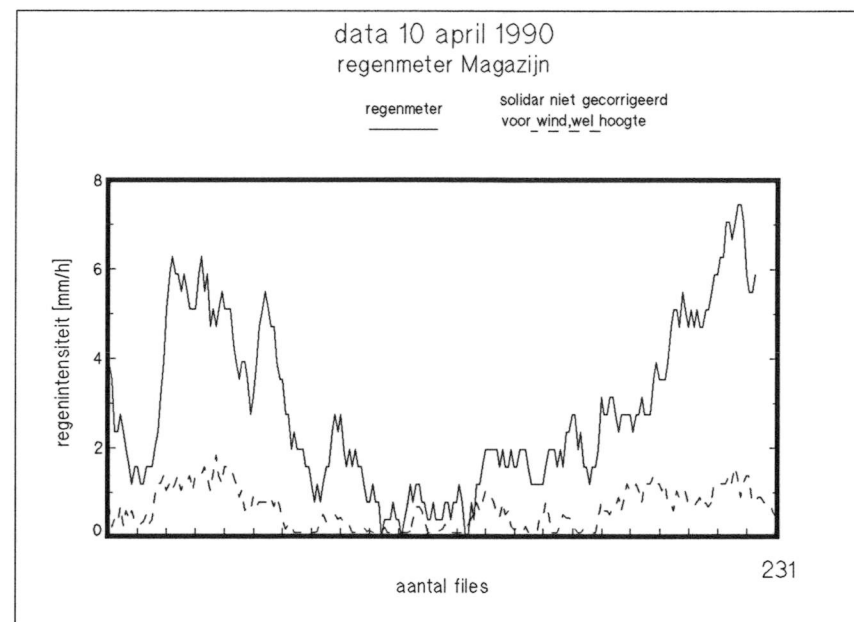
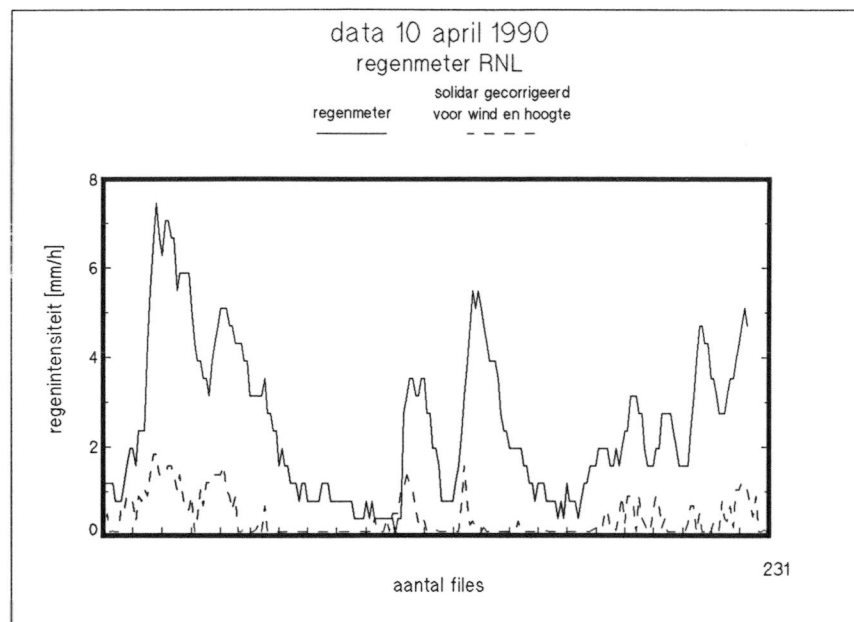
figuur 4.3d Regenmeterdata vs. Raderdata 28 februari 1990

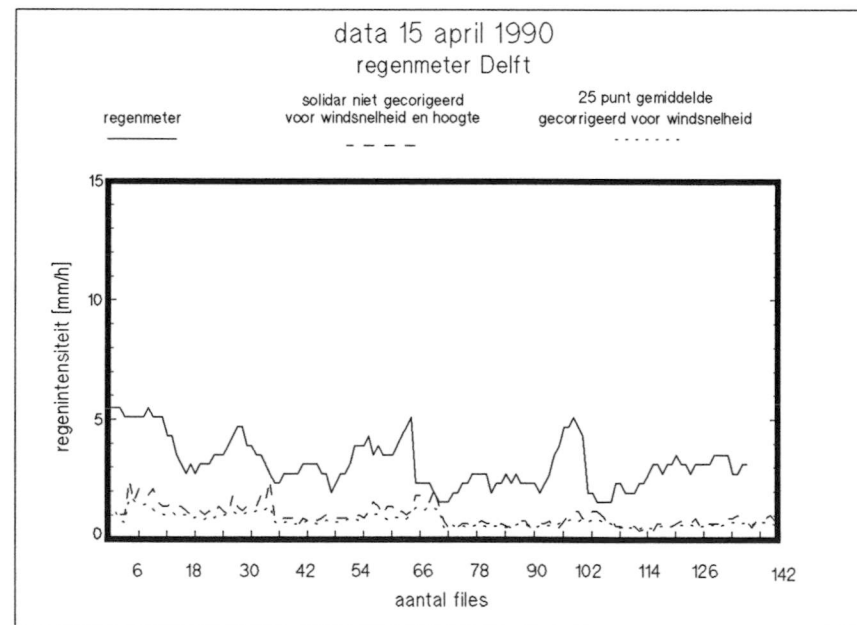
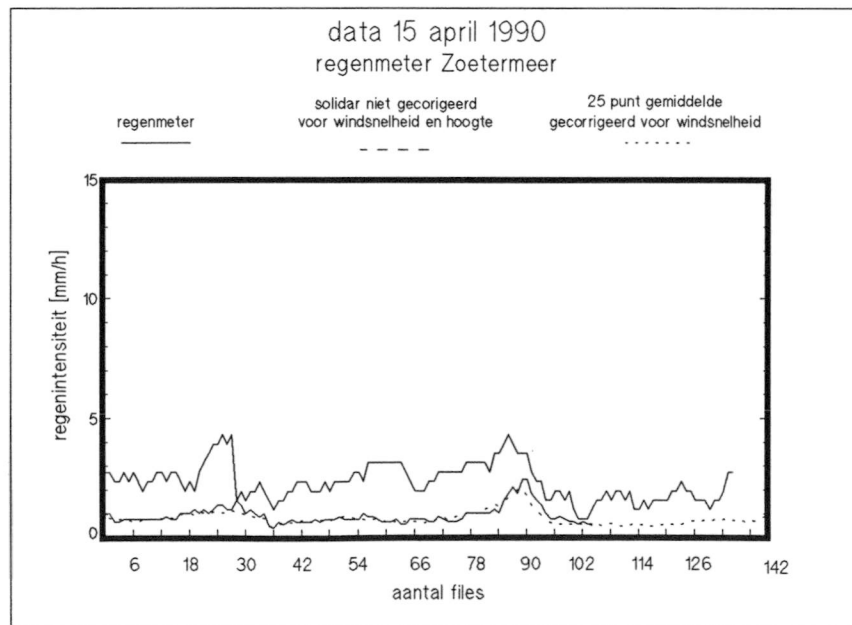
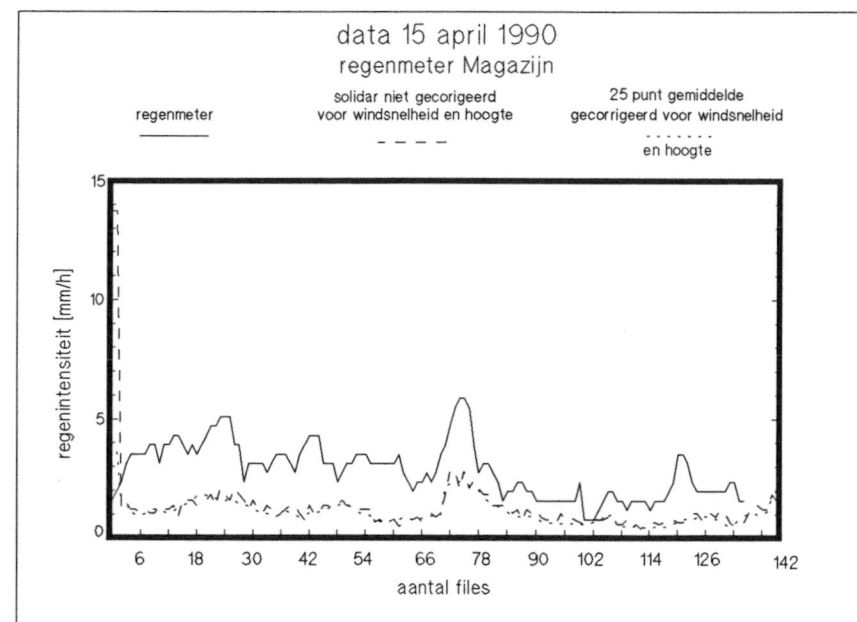
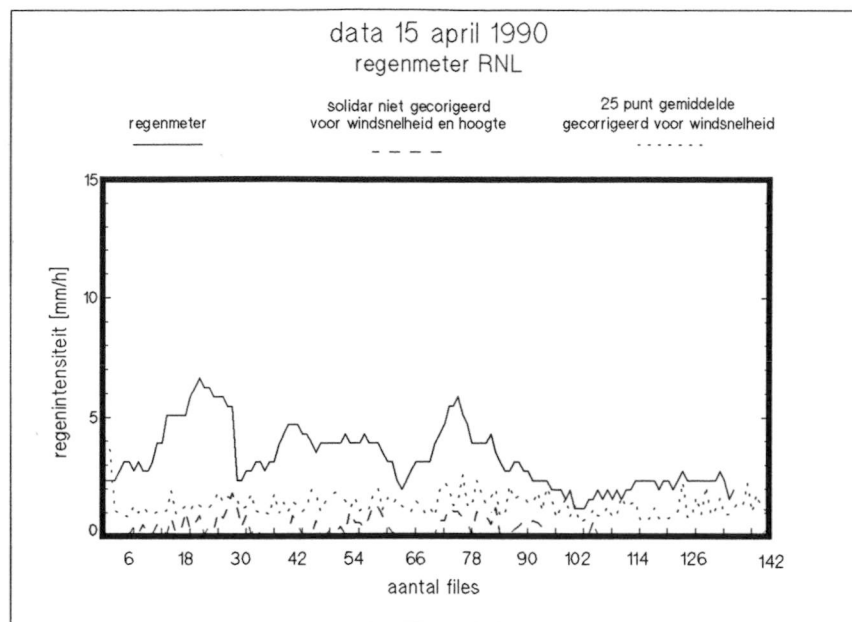


figuur 4.3e Regenmeterdata vs. Radardata 19 maart 1990



figuur 4.3f Regenmeterdata vs. Radardata 10 april 1990





4.1.2 Bepaling radarcalibratieconstante met behulp van de regenmeter gesitueerd bij TNO Delft.

Bij onderzoek naar de correlatie van de regenmeters met de naar regenintensiteit omgerekende reflectiviteitswaarden ($Z = 200 R^{1,6}$) van de radar, bleek dat de radar een onderschatting geeft van de werkelijke regenintensiteit (er van uitgaande dat de regenmeters de werkelijke regenintensiteit weergeven). Wel volgt de radar (na correctie voor wind, hoogte en integratietijd van de regenmeter) de regenmeterregistraties redelijk tot goed. Om nu de grootte van deze onderschatting te bepalen kunnen we voor regenmeter bij TNO Delft (deze staat het dichtst bij de radar en geeft de grootste correlatie) voor een groot aantal events de gemiddelde assessmentfactor (d.i. radarreflectiviteitswaarde/regenmeterreflectiviteitswaarde) berekenen. We moeten nu de reflectiviteitswaarden die de radar meet fitten op de naar reflectiviteit omgerekende regenmeterwaarden. Dit betekent dat de reflectiviteitswaarden van de radar moeten worden vermenigvuldigd met een zogenaamde radarcalibratieconstante $K = Z_{\text{regenm.}} / Z_{\text{radar}}$ om wel de werkelijke regenintensiteit te verkrijgen. Voor het omrekenen van de regenintensiteitswaarden van de regenmeter naar reflectiviteitswaarden is gebruik gemaakt van de empirische Marshall-Palmer verdeling $Z = c R^d$, met $c = 200$ en $d = 1,6$. De resultaten zijn in tabel IV-2 weergegeven voor de gehele onderzochte bui, en voor die waarden waarvoor de regenmeter ≤ 2 mm/h aangeeft. Naast de gemiddelde radarcalibratieconstante K is tevens de spreiding σ van K voor de desbetreffende bui aangegeven.

Tabel IV.2 De radarcalibratieconstante bepaald m.b.v. de regenmeter in Delft.

Regenmeter Delft

<i>datum</i>	<i>gehele bui</i>	<i>regenintensiteit ≤ 2 mm/h</i>
	$\mu \pm \sigma$	$\mu \pm \sigma$
25/2/90	7,9 $\pm$ 7,4	6,4 $\pm$ 5,5
28/2/90	7,9 $\pm$ 5,7	8,1 $\pm$ 5,7
19/3/90	24,0 $\pm$ 44,9	19,4 $\pm$ 24,1
2/4/90	12,2	10,2 $\pm$ 6,9
10/4/90	16,2 $\pm$ 25,2	11,9 $\pm$ 13,9
13/4/90	19,5 $\pm$ 31,7	15,7 $\pm$ 18,3
14/4/90	8,3 $\pm$ 6,5	7,9 $\pm$ 7,0
15/4/90	7,3 $\pm$ 4,2	6,4 $\pm$ 3,5
19/4/90	4,2 $\pm$ 4,7	4,5 $\pm$ 3,4
20/4/90	7,1 $\pm$ 10,1	5,4 $\pm$ 6,8
26/4/90	11,3 $\pm$ 12,1	10,3 $\pm$ 11,1

De gemiddelde waarde voor de radarcalibratieconstante K_{rad} is voor:

- gehele bui: $K_{\text{rad}} = 10,9 \approx 10,4 \text{ dB}$
- buiregistraties die $\leq 2 \text{ mm/h}$: $K_{\text{rad}} = 8,9 \approx 9,5 \text{ dB}$

Voeren we nu de radarcalibratieconstante $K_{\text{rad}} = 8,9$ in dan krijgen we de volgende relatie voor de regenintensiteit gemeten door de radar:

$$\begin{aligned} K_{\text{rad}} Z &= c R^d && ; c = 200, d = 1,6 \\ \text{dBZ} &= -10 \log 8,9 + 10 \log 200 + 16 \log R && (4-8) \end{aligned}$$

Met $\text{dBSol} = \text{dBZ} - 6,2$ (dBSol is reflectiviteitswaarde van Solidar op de optische disk) volgt dan:

$$R = \exp\left[\left(\frac{\text{dBSol} - 7,3}{16}\right) \ln 10\right] \quad (4-9)$$

Deze op deze wijze bepaalde radarcalibratieconstante is veel te groot. Mogelijke vier oorzaken zijn:

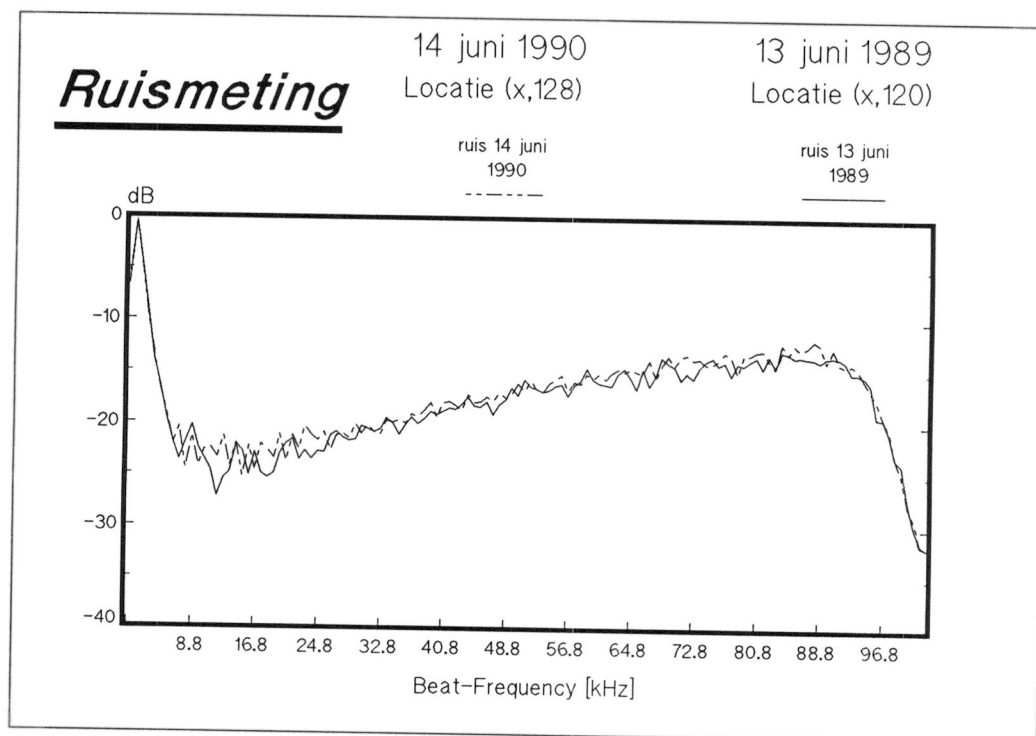
1. fout in de ontvangketen van Solidar.
2. Clutteronderdrukking vindt op verkeerde manier plaats.
3. De getallen aangenomen in de cluttermap zijn niet juist.
4. Antenneproblemen: Het zou kunnen dat de belichters in de radarantennes verschoven zijn door de zware stormen in januari en februari. Dit resulteert in een kleinere gain van de antenne. Hierdoor is de gemeten reflectiviteit ook kleiner. En na correctie op demping en clutter blijft

er niet veel meer over voor de regen. Dit zien we dan terug in een hogere radarconstante die dit moet compenseren.

***** FOUTENONDERZOEK *****

Ruisniveau Solidar-ontvangstketen

Er zijn ruismetingen gedaan om de Solidar-ontvanger te testen. Witte ruis wordt ontvangen door de verzwakker in de zendketen op 110 dB te zetten. De HP-versterker is op 40 dB gezet. Vergelijking met ruismetingen van voor de storm laten zien dat deze vrijwel overeenkomen (figuur 4.4).



figuur 4.4 Vergelijkende ruismeting van 13 juni 1989 en 14 juni 1990.

Gemiddeld ruisvermogen (indien gemeten met een spectrum analyzer):

13 juni 1989: -104,0 dBm

14 juni 1990: -103,6 dBm

Vershil: 0,4 dB.

Vanwege het feit dat het vermogen van regenecho's afneemt met r^2 betekent dat het vermogensspectrum van de beatsignalen afneemt met 6 dB/oct. De versterker compenseert deze afname met een gainfunctie die toeneemt met 6 dB/oct. Dit zien we terug bij de ruismeting in figuur 4.4 voor de frequentierange van 8 tot ongeveer 80 kHz.

Sterke laagfrequente componenten in het beatsignaal ontstaan door AM-modulatie van het VCO-signaal. Deze componenten ontstaan door hoogfrequent-afhankelijkheid van het radarsysteem. De invloed van deze laagfrequente componenten zien we terug in het ruissignaal van figuur 4.4 voor frequenties kleiner dan 4 kHz. Een anti-aliasing filter met kantelpunten op 400 Hz en 95 kHz zorgt ervoor dat deze sterke, laagfrequente coherente beatsignalen onderdrukt worden. Tevens zorgt het 3 dB-kantelpunt op 400 Hz dat de invloed van directe koppeling tussen de antennes onderdrukt wordt en tevens de echo's van radardoelen dichtbij de radar. Regenanalyse begint dan ook pas bij een beatfrequentie van 4 kHz (d.w.z. op 600 meter van de radar, oftewel vanaf radiale cel 5)

Het gemeten ruisniveau op de plaats van de regenmeter in Delft (overeenkomend met een beatfrequentie van 5,6 kHz oftewel radiale cel 7) is ongeveer -19,5 dB (verzwakker 110 dB, HP-versterker 40 dB, antennegain 38 dB, zie figuur 4.4). We hebben daar ter plaatse een S/N-verhouding (bij 1 mm/h regen) van 42,1 dB. Er geldt namelijk als radarvergelijking voor hydrometeoren:

$$P_{\text{ontv}} = C Z/r^2 \quad (4-10)$$

Dit geeft met $Z = 200 R^{1,6}$ (mm^6/m^3) en r in kilometers de volgende uitdrukking:

$$P_{\text{ontv}} = -86,0 - 20 \log(7 \cdot 0,120) + 23 + 16 \log(R) \text{ dBm} \quad (4-11)$$

Met $R = 1 \text{ mm/h}$ geeft dit dan:

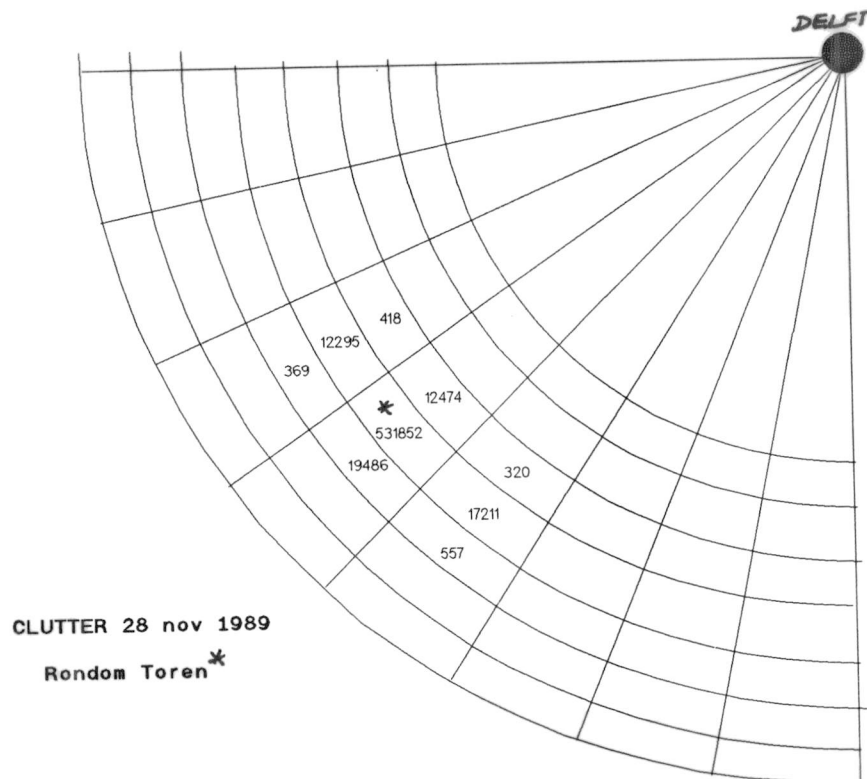
$$P_{\text{ontv}} = -61,5 \text{ dBm}, P_{\text{noise}} = -103,6 \text{ dBm} \Rightarrow S/N = 103,6 - 61,5 = 42,1 \text{ dB}$$

De regenmeter in Delft ligt hiermee niet op een kritische plaats wat betreft de betrouwbaarheid van de metingen.

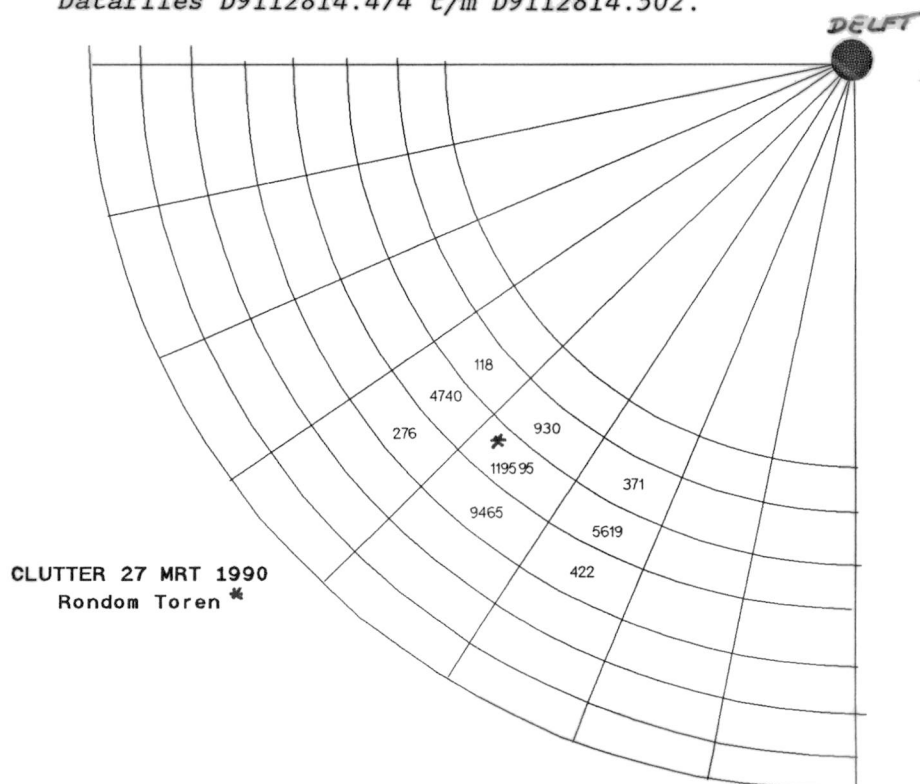
Antennebelichters

Om na te gaan of de belichters van de antenne niet verschoven zijn ten gevolge van de zware storm op 25 januari 1990, zijn de clutterwaarden rondom de toren van de elektriciteitscentrale in Delft-Zuid bekeken. Deze toren ligt op de locatie $r=1,2 \text{ km}$ en $\phi=15^\circ$.

De clutterwaarde (d.w.z. de lineaire Z-waarde) op de plek van de toren op 28 november 1989 (voor de storm van 25 januari 1990) is 531852. Daarentegen is de clutter na de storm (data van 27 maart 1990) op de plek van de toren ongeveer 4,5 maal kleiner dan voor de storm, namelijk 119595 (figuren 4.5 en 4.6). Voor de cluttermeting op 7 maart 1990 geldt echter dat de clutter op de plaats van de toren 224954 is; 2 maal zo klein als voor de storm. Hieruit zou een voorzichtige conclusie kunnen zijn dat de gain van de antenne kleiner is geworden en dus ook het uitgezonden vermogen. Maar de toren ligt op de rand van het stralingsdiagram van de antenne, welke zeer stijl afvalt. Een kleine afwijking in de elevatiehoek van de radarantennes zou al een grote afwijking in de gemeten reflectiviteit teweegbrengen (zie verschil tussen clutterwaarde van na de storm). Deze benadering geeft hiermee geen betrouwbare uitkomst voor wat betreft de juistheid van het verschoven zijn van de belichters.



figuur 4.5 Gemiddelde clutterwaarden rondom toren op 28 november 1989.
Datafiles D9112814.474 t/m D9112814.502.

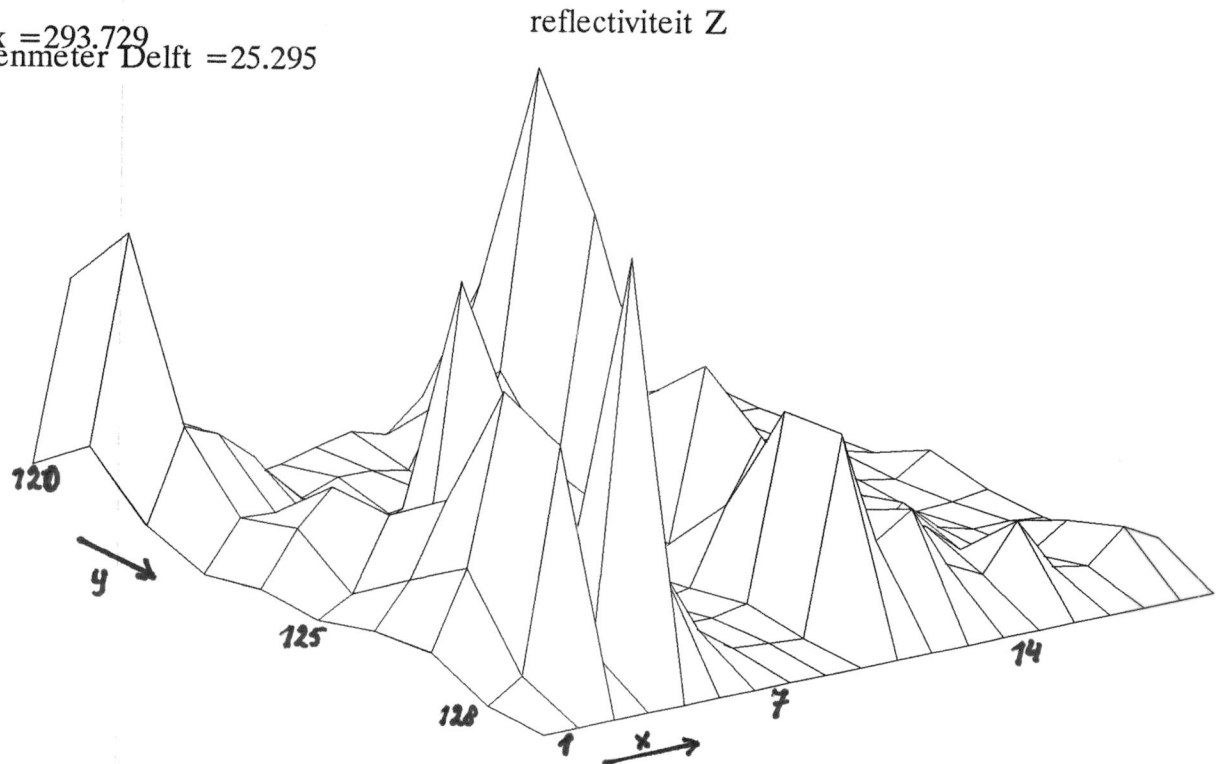


figuur 4.6 Gemiddelde clutterwaarden rondom toren op 27 maart 1990.
Datafiles van 27 maart 1990 op clutter1-disk.

Werking clutteronderdrukking

Om te bepalen of de clutteronderdrukking goed werkt hebben we de clutter bekeken ter plekke van de regenmeter bij TNO Delft. In figuur 4.7 is een cluttermeting weergegeven, rondom Delft. De x-as geeft de radiale afstand weer in het lineaire vlak en de y-as geeft de azimuth weer. Om te bepalen of de clutteronderdrukking werkt is er een file gezocht waarbij rondom Delft volgens het radarbeeld geen bui hangt (figuur 4.8). We zien dat na de clutteronderdrukking de clutter nu geen tot bijna geen invloed heeft in het op clutter gecorrigeerde signaal. Ook zijn voor verschillende cluttermetingen de cluttervariatiaties rondom de regenmeter bij TNO weergegeven in figuur 4.9.

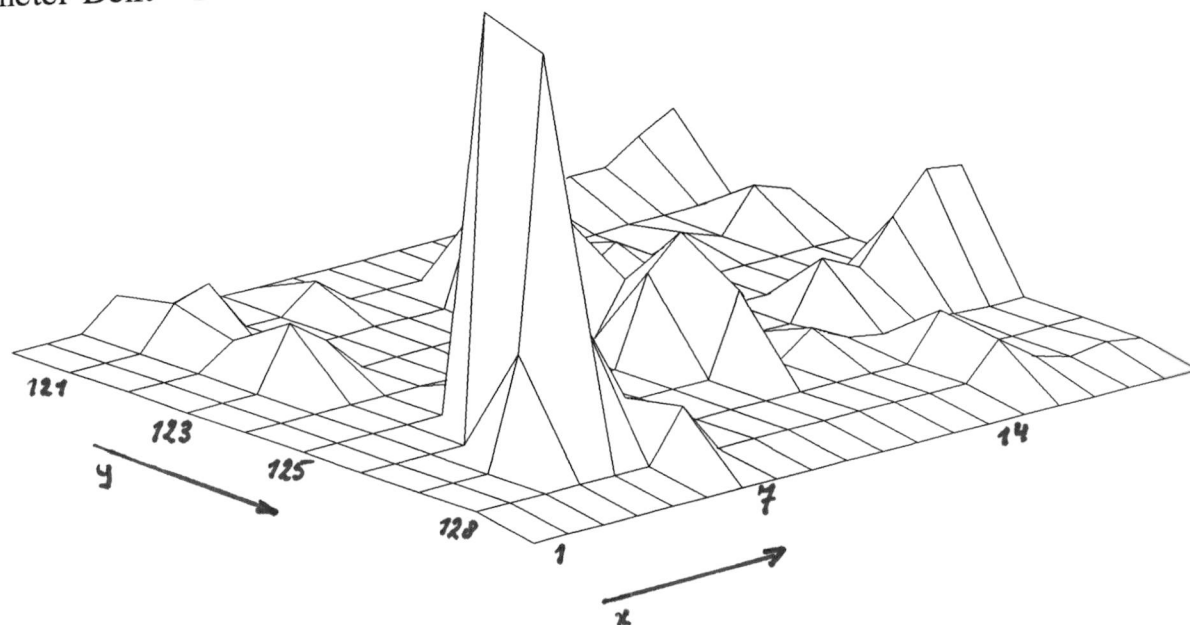
$Z_{\text{max}} = 293.729$
 $Z_{\text{regenmeter Delft}} = 25.295$



figuur 4.7 Cluttermeting rondom Delft. Datafile d0032709.143

reflectivity Z

maximale
reflectiviteit Z = 167.985
Z regenmeter Delft = 24.004



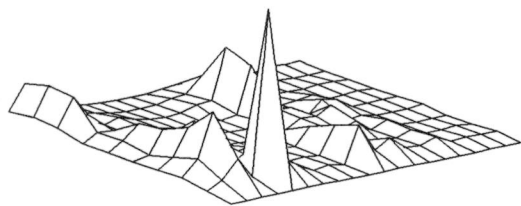
file D0063014.021

figuur 4.8 Meting rondom Delft zonder regen, maar met
clutteronderdrukking. Datafile d0041321.431

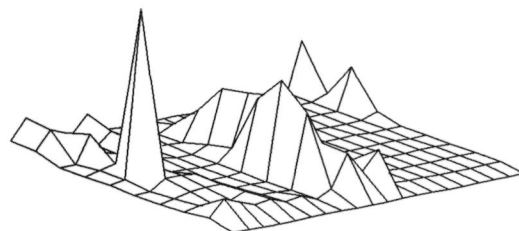
reflectiviteit Zmax =606.047
Z regenmeter Delft =32.134

-71-

reflectiviteit Zmax =283.927
Z regenmeter Delft =14.776



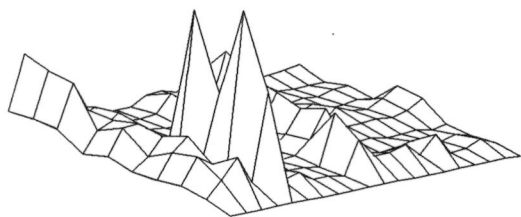
clutterfile D0042509.262



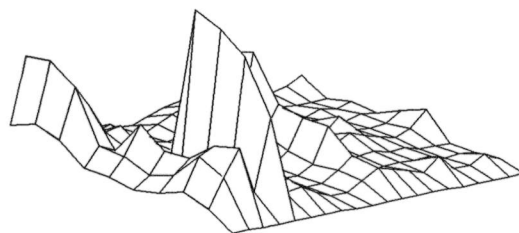
clutterfile D0052214.331

reflectiviteit Zmax =345.835
Z regenmeter Delft =30.742

reflectiviteit Zmax =269.966
Z regenmeter Delft =28.29



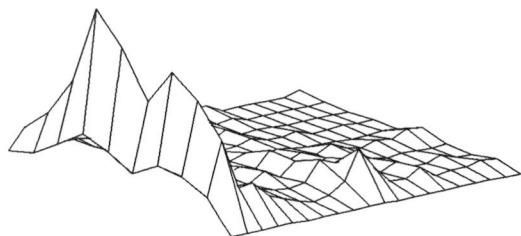
clutterfile D0071714.501



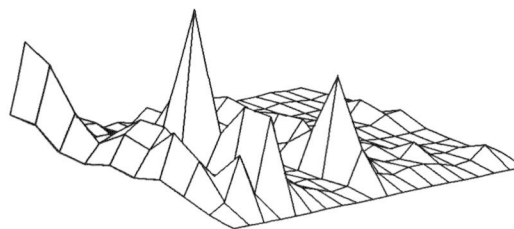
clutterfile D0071807.533.000

reflectiviteit Zmax =256.314
Z regenmeter Delft =9.665

reflectiviteit Zmax =340.853
Z regenmeter Delft =25.861



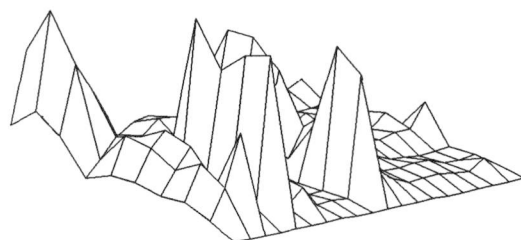
clutterfile D0060507.420



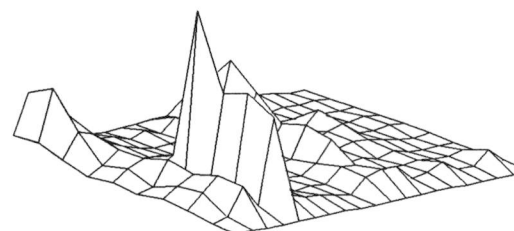
clutterfile D0091009.210

reflectiviteit Zmax =258.53
Z regenmeter Delft =38.605

reflectiviteit Zmax =661.176
Z regenmeter Delft =29.665



clutterfile D0091308.410



clutterfile D0033008.000

figuur 4.9 Cluttervariatiës rondom Delft.

4.1.3 Bepaling radarcalibratieconstante met behulp van de regenmeter gesitueerd in Zoetermeer.

Nadat de regenmeter in Delft niet bruikbaar bleek voor absolute calibratie van de radar is nagegaan of de resultaten voor de regenmeter in Zoetermeer wel bruikbaar zijn. Deze regenmeter staat weliswaar op 10 kilometer van de radar, maar staat wel in het open veld. Hierdoor hebben we op deze plek weinig tot geen hinder van clutter. Tevens wordt, ten gevolge van de overcompensatie voor de dempingscorrectie, de radarcalibratieconstante die we zullen vinden kleiner naarmate we verder van de radar afzitten (zie ook bladzijde 43 en 53).

De reflectivity die door de radar wordt gemeten, wordt over 9 punten gemiddeld. Het bleek dat de verschillen tussen de radar en deze regenmeter significant lager waren dan die tussen de radar en de regenmeter in Delft. Bij de bepaling van de radarcalibratieconstante is deze regenmeter beter te gebruiken voor radarcalibratie.

Voor de bepaling van de radarcalibratieconstante zijn niet alle onderzochte buien meegenomen. Alleen die buien waarvoor de correlatie tussen radar en regenmeter duidelijk aanwezig is. Dit is het geval voor de buien van: 25 en 28 februari 1990; 3, 13, 14 en 15 april 1990 (zie figuur 4.10a t/m figuur 4.10d. Hierin zijn de reflectiviteitswaarden zoals die gemeten zijn met de radar uitgezet tegen de naar reflectiviteit omgerekende regenintensiteiten zoals geregistreerd door de regenmeter van Zoetermeer).

De radarcalibratieconstante en de spreiding hierin voor de verschillende buien is weergegeven in tabel IV.3. De gemiddelde radarcalibratieconstante die uit deze buien volgt is:

voor de gehele bui: $4,4 = 6,4$ dB
regenintensiteiten in bui $\leq 3\text{mm/h}$: $4,1 = 6,1$ dB

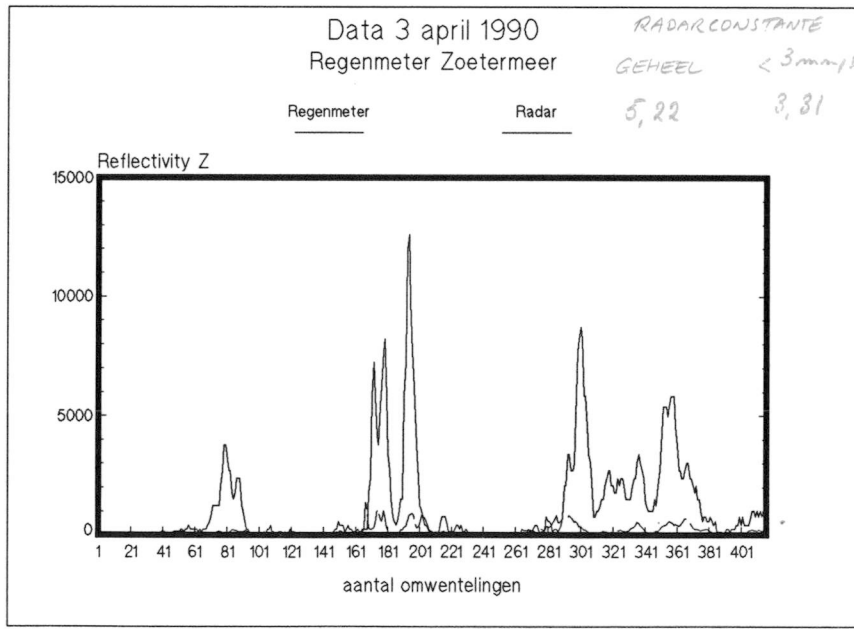
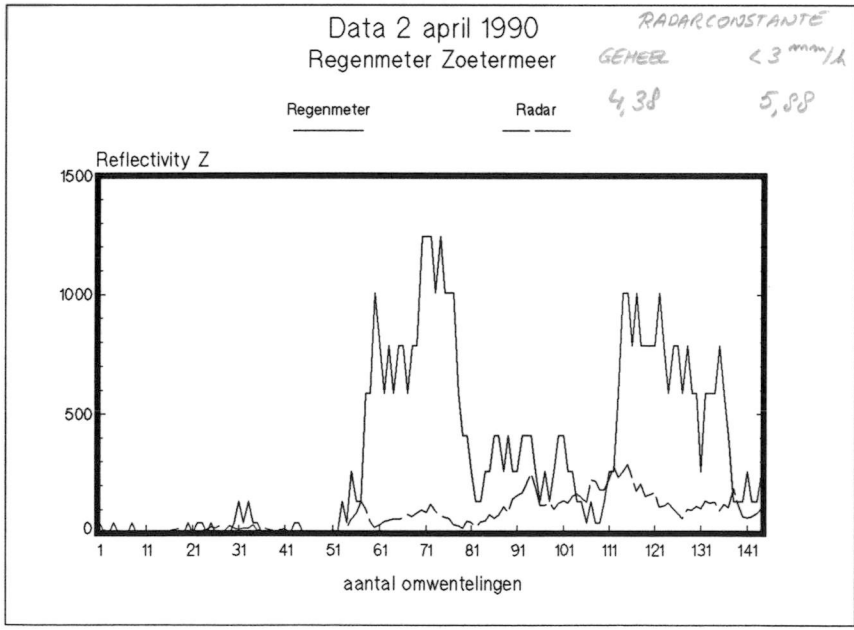
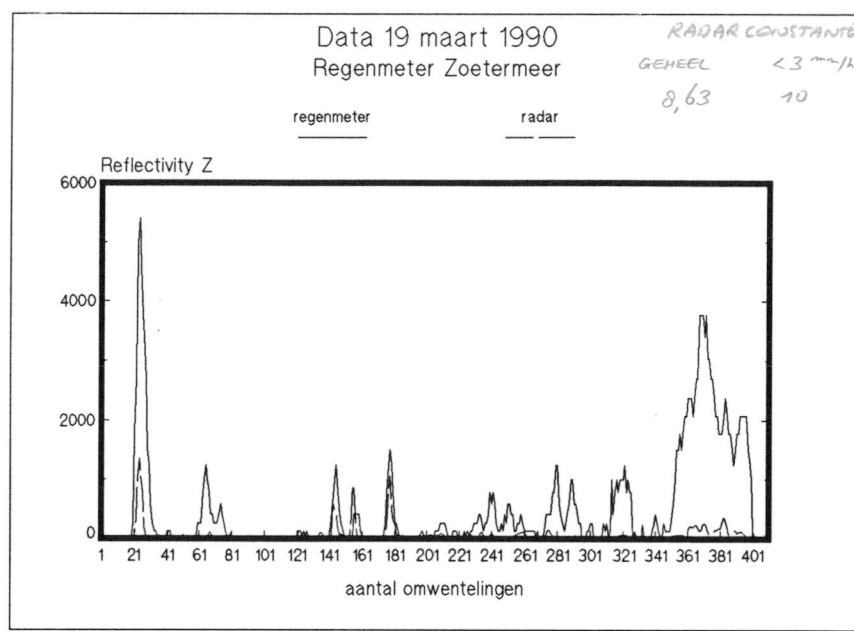
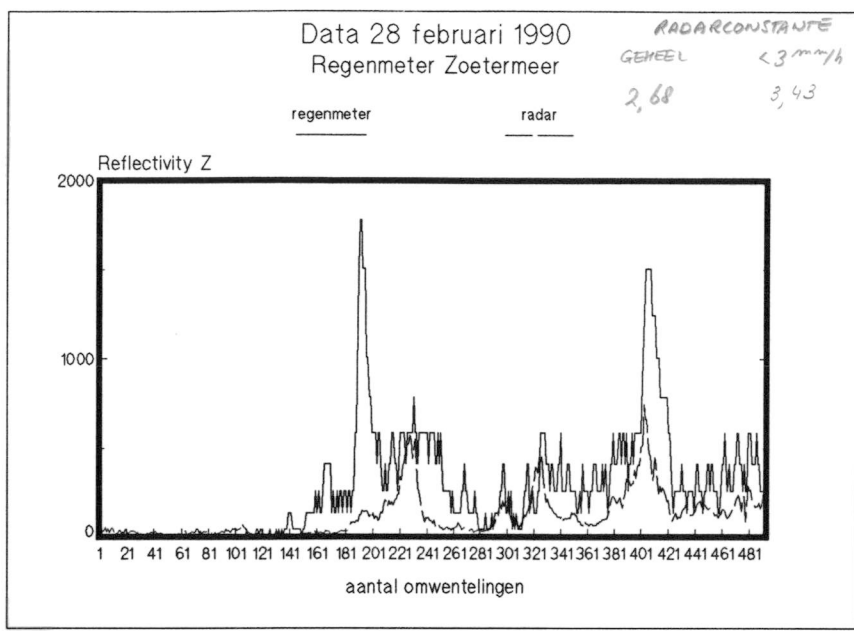
Hiervan is ≈ 3 dB te verklaren uit het feit dat het effectief zendvermogen van Solidar is teruggebracht tot 0,5 Watt in plaats van de mogelijke 1 Watt. Dit is gedaan om het effectief zendvermogen van Solidar te stabiliseren over de FM-sweeps en is veroorzaakt door een kabel in de zendketen te plaatsen tussen de versterker en de zendantenne. Tijdens regen kan zich een waterfilm op de radomes van beide antennes vormen, die nog eens ≈ 1 dB demping geeft.

Er is ook een observatie gedaan van het Solidar radarbeeld. Voor de regenmeter in Zoetermeer is nagegaan wat de radar-reflectivity volgens de kleuren in het radarbeeld is, en vergeleken met de overeenkomstige waarde van de regenmeter. Wel kan de maximale fout in de op deze wijze bepaalde radarreflectivity 2,2 dB zijn, omdat de conversie van reflectivity naar kleur in zestien discrete stappen van 2,2 dB plaatsvindt. De radarcalibratieconstante die uit deze analyse volgt is $\approx 4,0 = 6,0$ dB, en komt overeen met de berekende radarcalibratieconstante voor Zoetermeer.

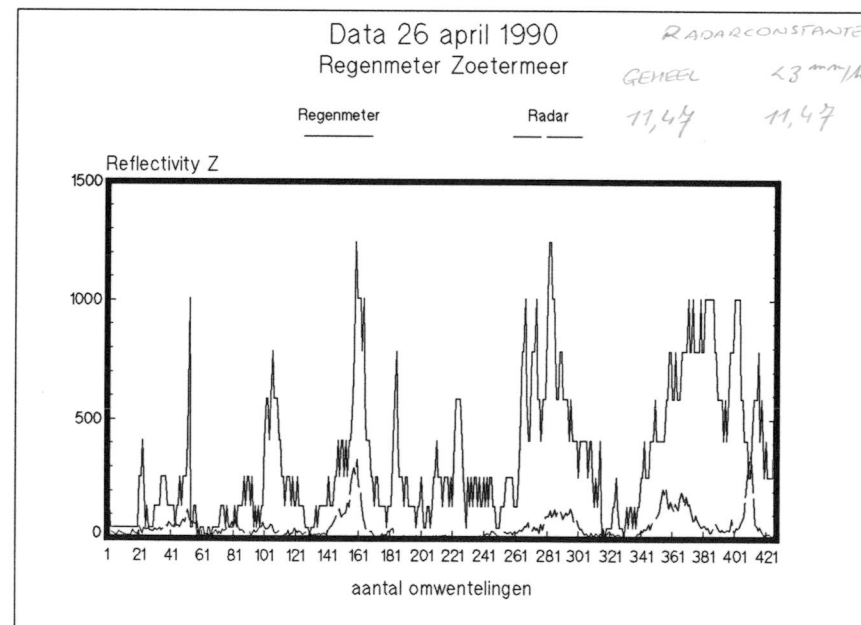
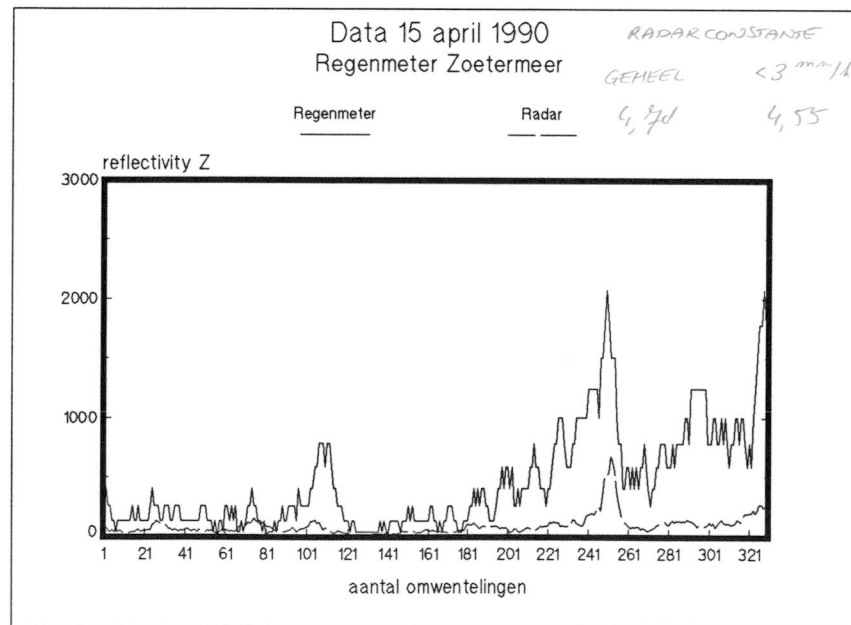
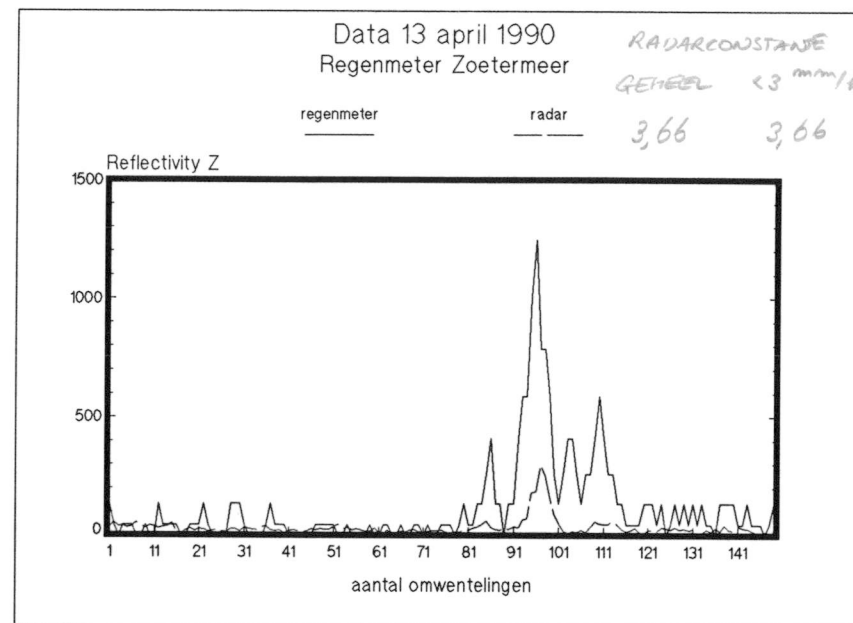
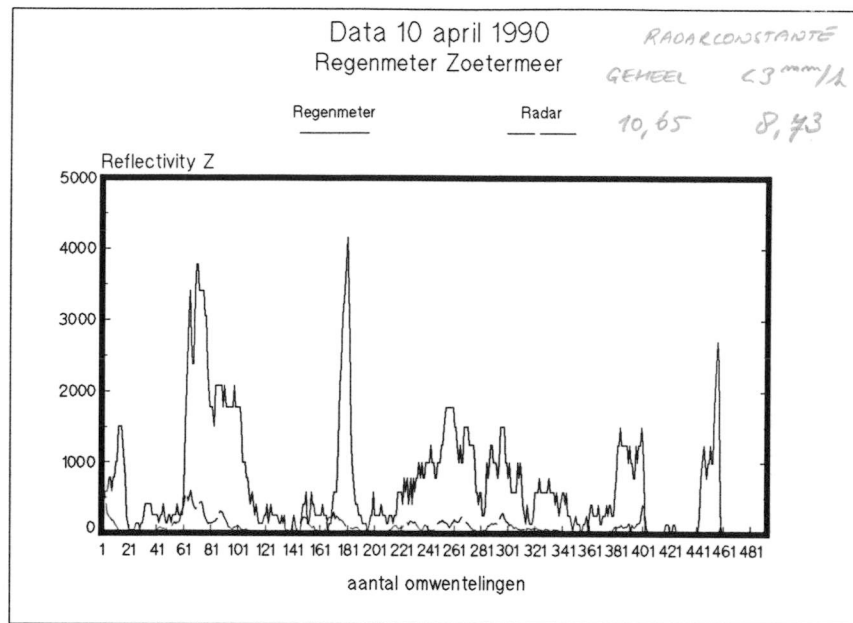
Tabel IV.3 Radarcalibratieconstante bepaald m.b.v. de regenmeter in Zoetermeer.

Regenmeter Zoetermeer		
<i>datum</i>	<i>gehele bui</i>	<i>regenintensiteit ≤ 3 mm/h</i>
	$\mu \pm \sigma$	$\mu \pm \sigma$
25/2/90	5,86 $\pm$ 3,39	4,77 $\pm$ 2,49
28/2/90	2,68 $\pm$ 5,57	3,43 $\pm$
1/3/90	6,70 $\pm$ 11,11	7,63 $\pm$ 11,38
19/3/90	8,63 $\pm$ 12,51	10 $\pm$ 12,24
2/4/90	4,38 $\pm$ 5,70	5,88 $\pm$ 6,37
3/4/90	5,22 $\pm$ 6,48	3,31 $\pm$ 3,61
10/4/90	10,65 $\pm$ 15,99	8,73 $\pm$ 8,11
13/4/90	3,66 $\pm$ 5,10	3,66 $\pm$ 5,10
14/4/90	4,21 $\pm$ 3,52	4,88 $\pm$ 3,46
15/4/90	4,78 $\pm$ 2,89	4,55 $\pm$ 2,68
26/4/90	11,47 $\pm$ 15,56	11,47 $\pm$ 15,56
11/5/90	11,47 $\pm$ 15,37	14,16 $\pm$ 16,32
12/5/90	19,18 $\pm$ 55,77	12,05 $\pm$ 13,02
30/6/90	7,39 $\pm$ 38,50	2,33 $\pm$
6/6/90	35,59 $\pm$ 41,50	10,87 $\pm$ 15,40

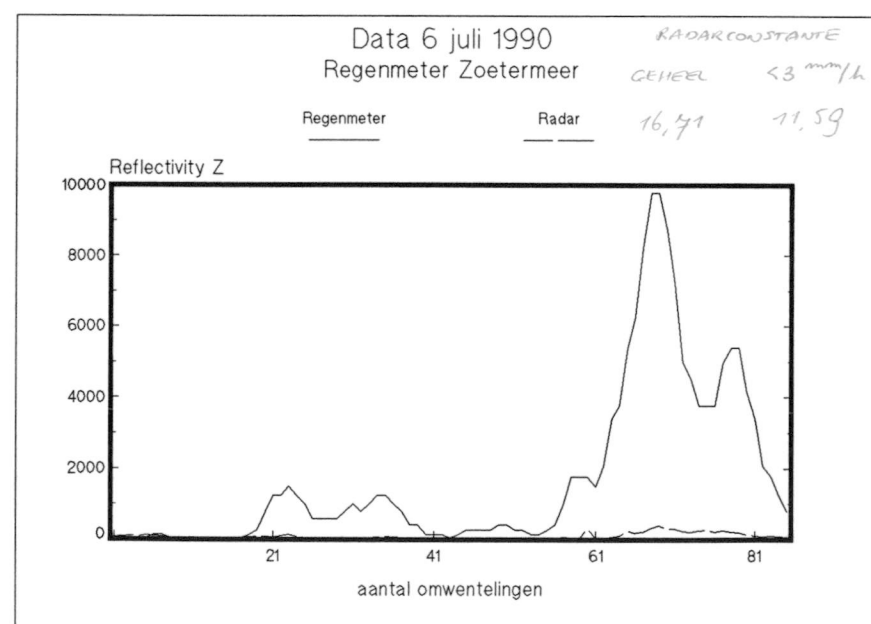
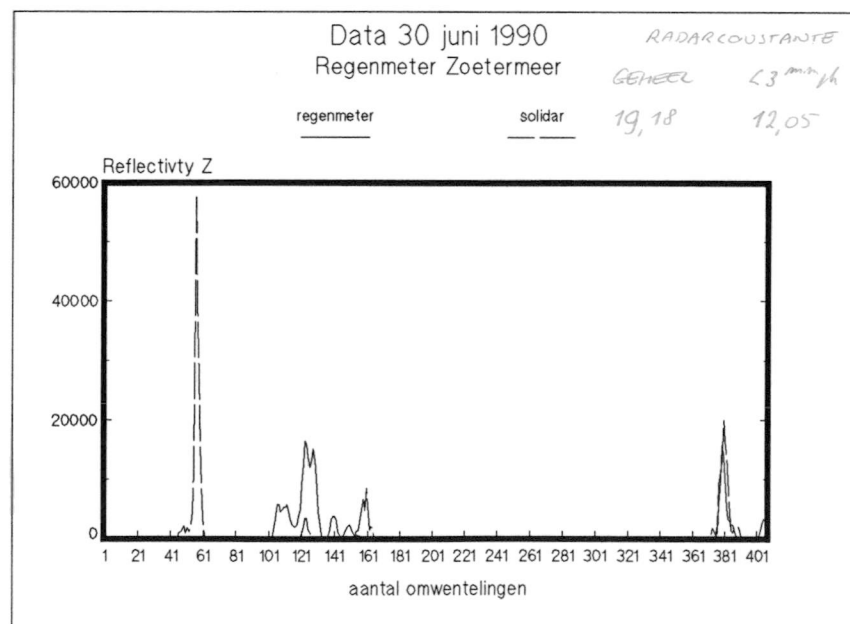
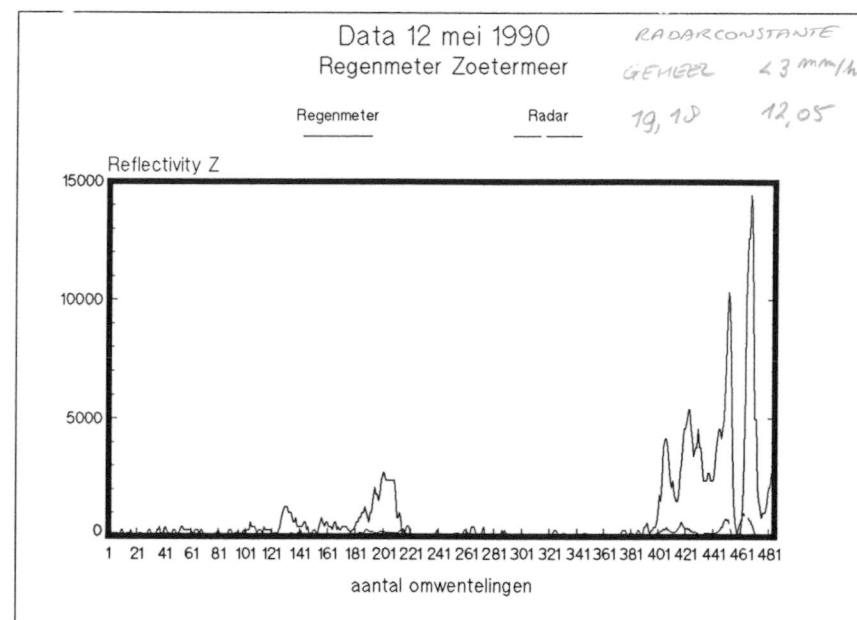
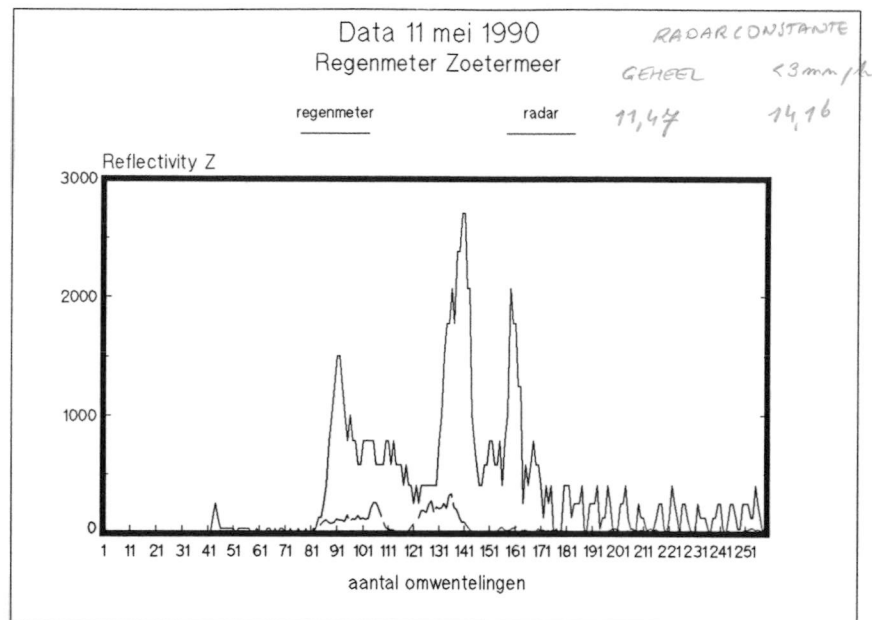
figuur 4.10a Regenmeterreflectivity vs. Radarreflectivity
 regenmeter Zoetermeer
 28 februari, 19 maart, 2 april en 3 april 1990



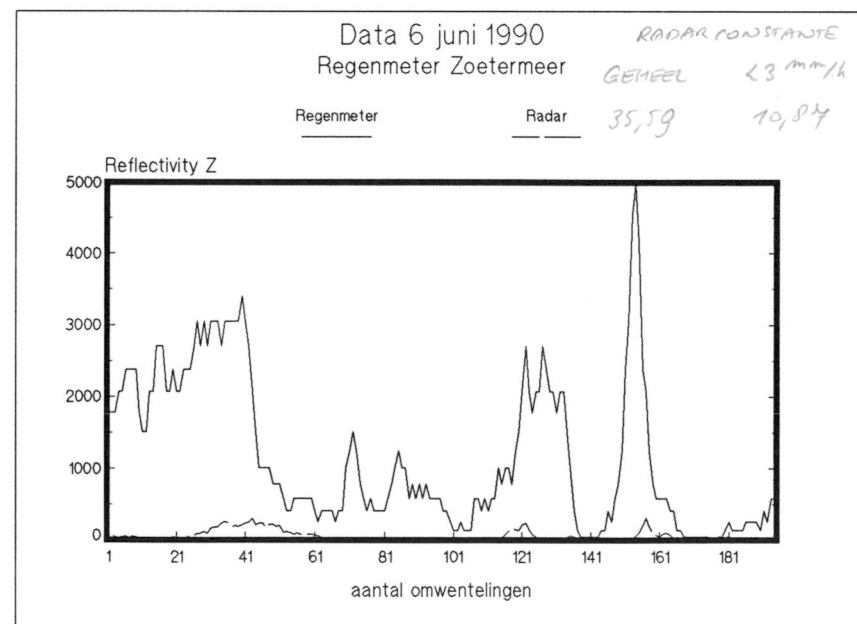
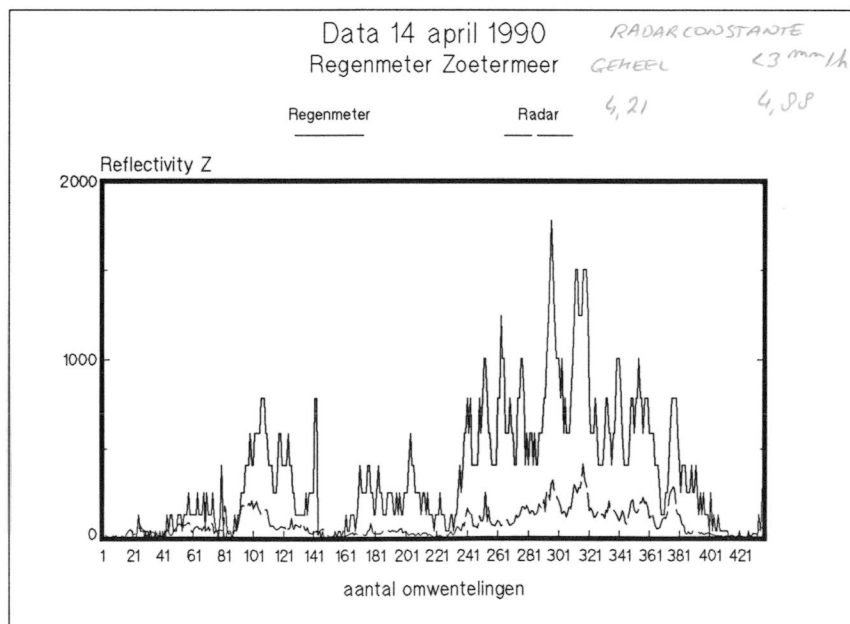
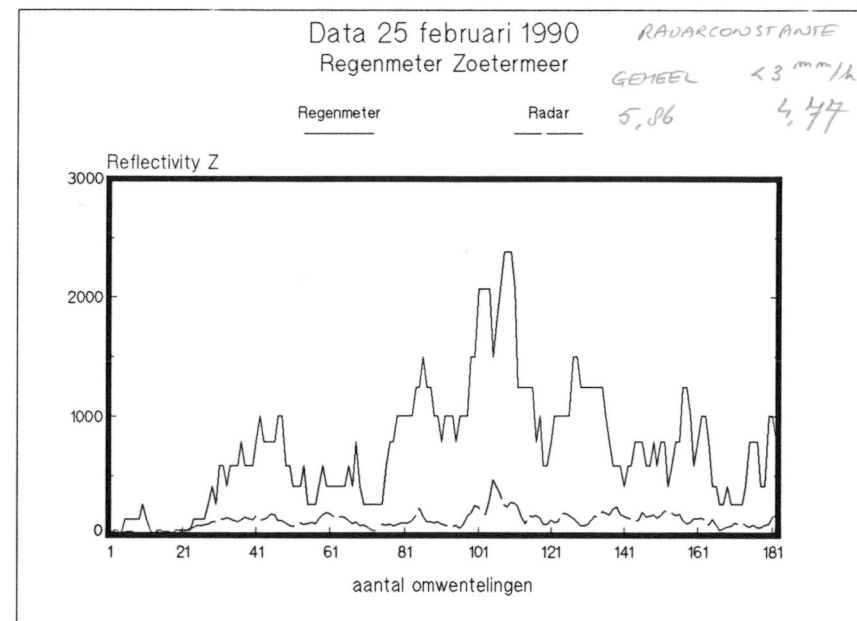
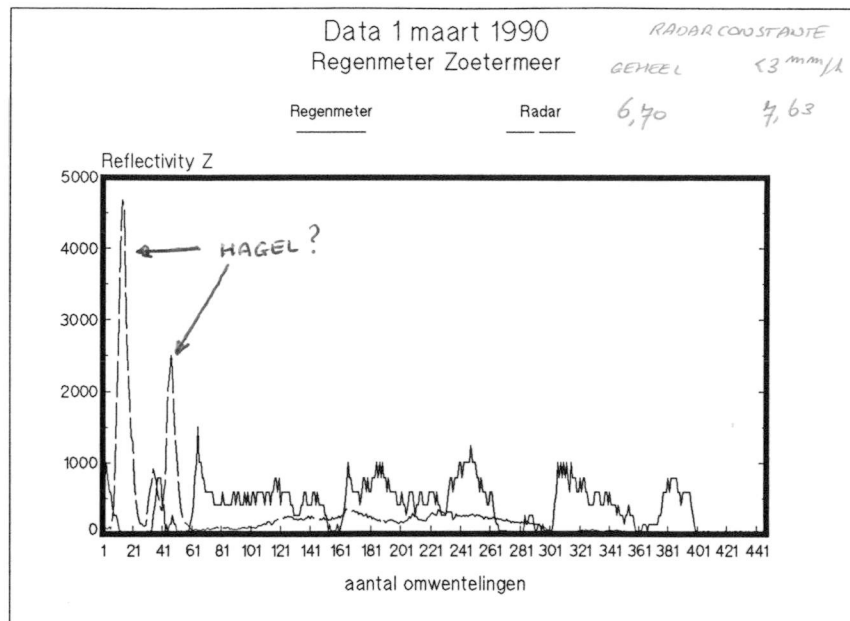
figuur 4.10b Regenmeterreflectivity vs. Radarreflectivity
 regenmeter Zoetermeer
 10 april, 13 april, 15 april en 26 april 1990



figuur 4.10c Regenmeterreflectiviteit vs. Radarreflectiviteit
 11 mei, 12 mei, 30 juni en 6 juli 1990



Figuur 4.10d Regenmeterreflectivity vs. Radarreflectivity
 regenmeter Zoetermeer
 1 maart, 25 februari, 14 april en 6 juni 1990

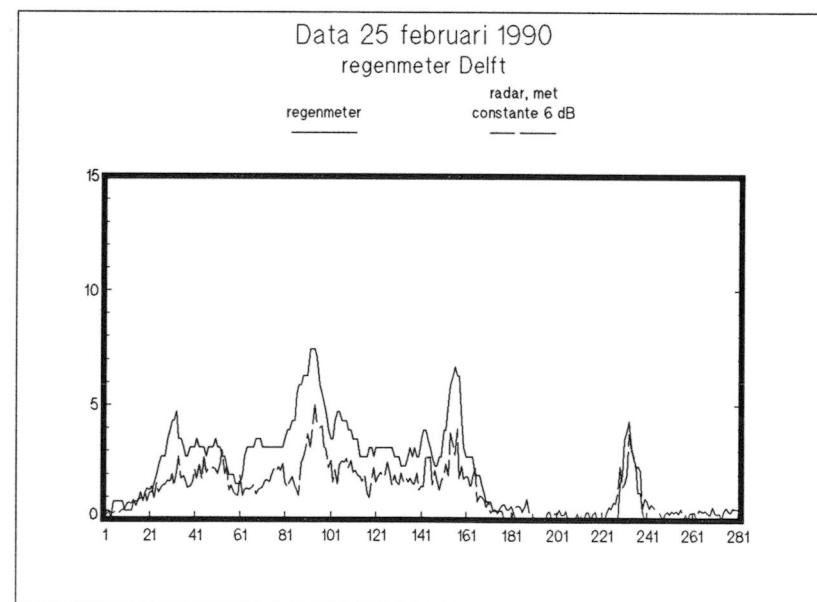
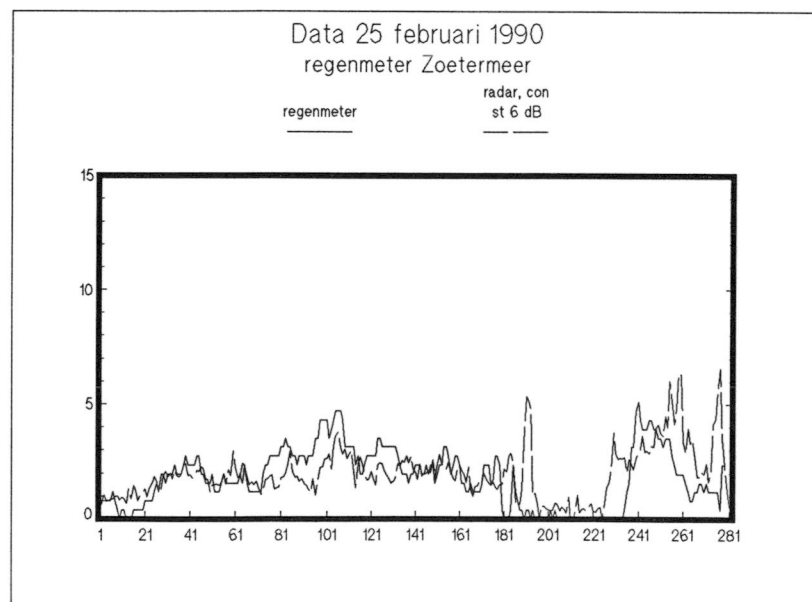
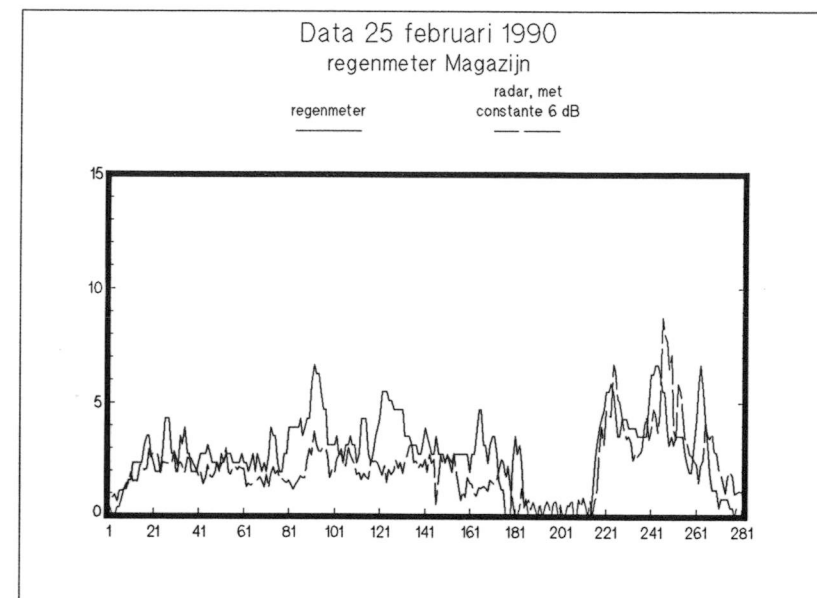
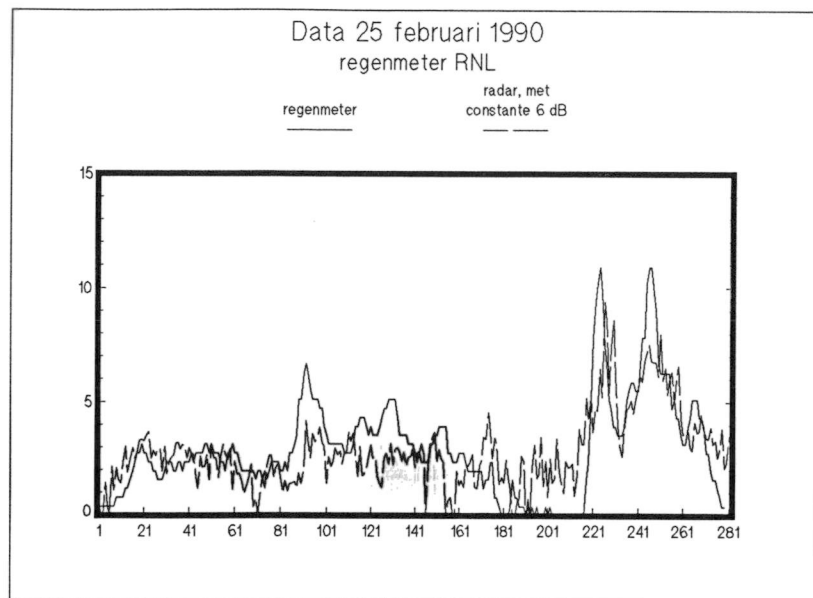


Voeren we de radarcalibratieconstante van 6 dB nu in in de post-signaalbewerking, dan kunnen we opnieuw de regenmeterregistraties en de radarregistraties met elkaar gaan vergelijken. Dit is gedaan voor de buien van 25 februari 1990 en 15 april 1990 en weergegeven in figuur 4.11a t/m 4.11b.

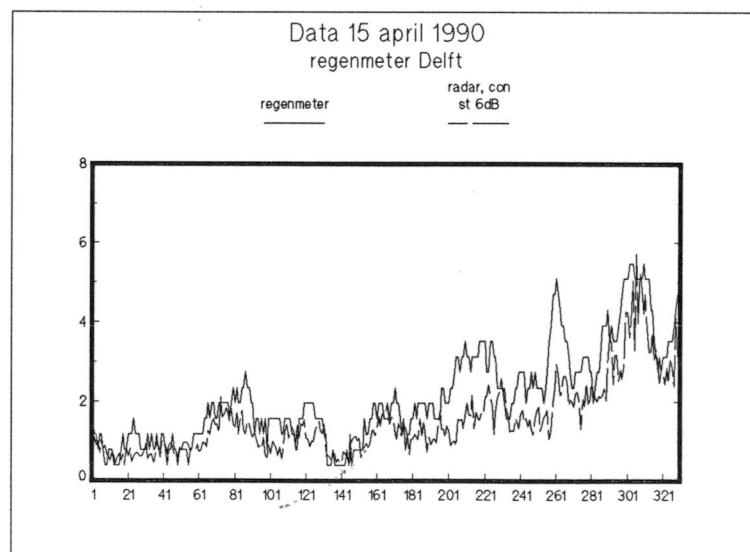
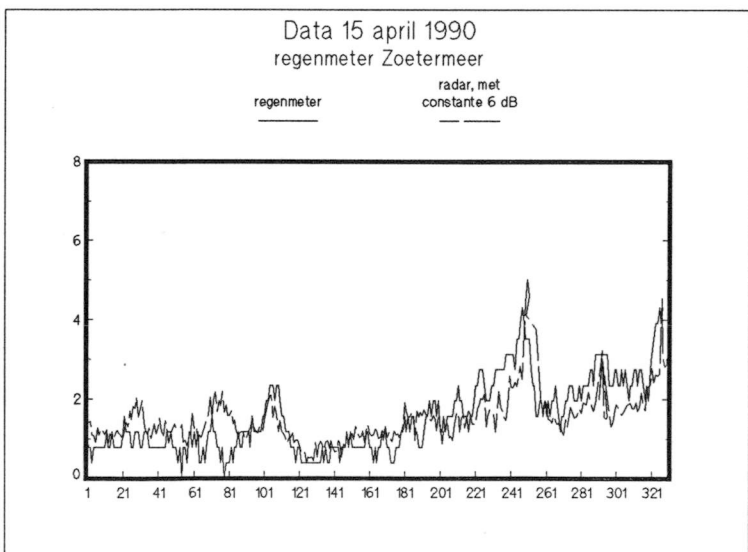
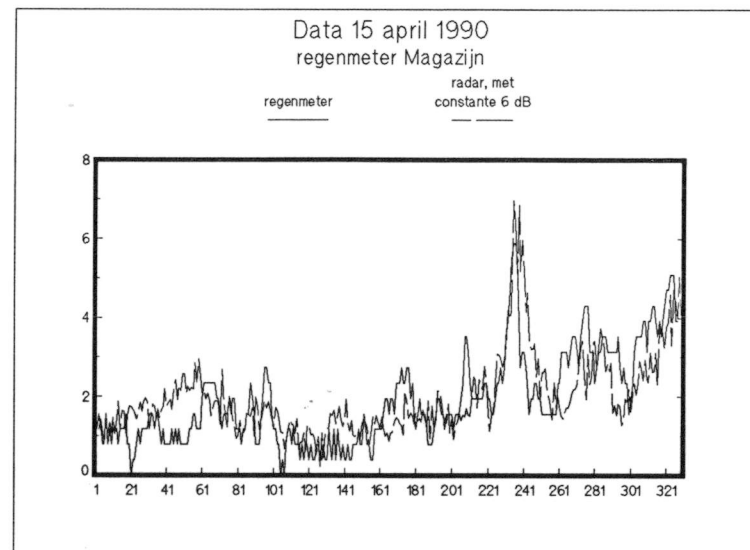
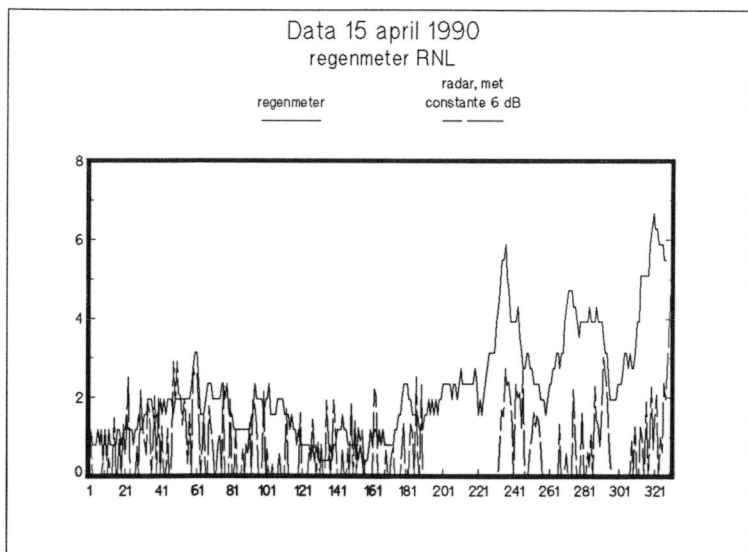
25 februari 1990: De feitelijke radarcalibratieconstante voor de regenmeter in Zoetermeer is 7,7 dB en voor de regenmeter in Delft 9 dB. We zien ook dat voor de regenmeter in Delft de discrepantie tussen radarmeting en regenmetermeting weliswaar kleiner is geworden, maar toch nog aanwezig is. Voor de overige regenmeters ligt de radarcurve voor het grootste gedeelte van de tijd op de karakteristiek van de regenmeter.

15 april 1990: Hier is voor alle regenmeters (met uitzondering van die bij het RNL Leidschendam) de radarkarakteristiek dezelfde (d.w.z. binnen aanvaardbare marges) als de regenmeterkarakteristiek. De berekende radarcalibratieconstante is voor de regenmeter in Zoetermeer 6,8 dB en voor de regenmeter in Delft 8,1 dB.

figuur 4.11a Regenmeterdata vs. radardata met ingevoerde radarcalibratie-
constante van 6 dB. 25 februari 1990

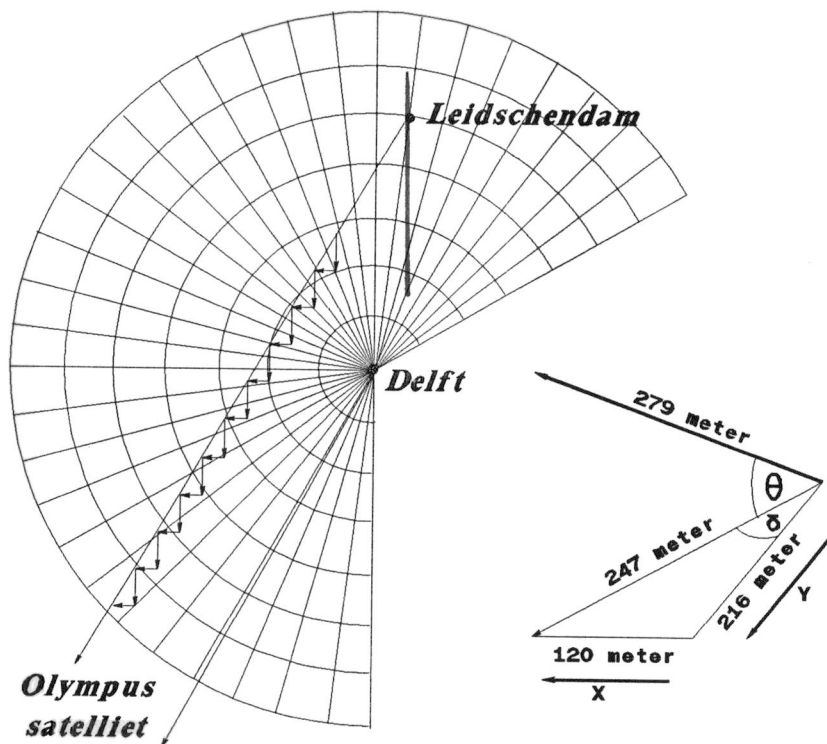


figuur 4.11b Regenmeterdata vs. radardata met ingevoerde radarcalibratie-
constante van 6 dB. 15 april 1990



4.2 Toetsen van de radargegevens aan de gegevens afkomstig uit de radiometers en satellietbakens.

Om de demping op het satellietpad nauwkeurig te kunnen berekenen met de radar, moeten we de regenintensiteitsfluctuaties langs het pad kennen. Als we voor elke cel de regenintensiteit weten kunnen we de horizontale effectieve celdemping met behulp van de formules (3-30), (3-33) en (3-34) berekenen voor de gewenste frequentie en polarisatie. We integreren dan voor elke cel de effectieve demping γ over de cellengte. We kunnen nu op een willekeurige plek in het radargebied een fictief grondstation denken. De eerstvolgende cel waarover het fictieve pad 'gaat' berekenen we rekening houdend met de azimuth-hoek waaronder het fictieve grondstation de satelliet ziet.



figuur 4.12 projectie van het satellietpad en radargebied op het aardoppervlak.

Gezien de afstand van de satelliet tot de aarde mogen we stellen dat deze azimuth-hoek constant blijft voor elke cel en gelijk is aan 29° . Uit de richtingscoëfficiënt van het satellietpad met de 'verticaal' (zie figuur 4.12) kunnen we nu berekenen dat als de lineaire x-coördinaat langs het aardoppervlak met de waarde -1 verandert, dat dan de y-coördinaat met -1.8 moet veranderen. Als we nu 1 laten corresponderen met 120 meter dan correspondeert y met 216 meter. De cellengte op het aardoppervlak waarover we integreren wordt dan $\sqrt{(120^2 + 216^2)} = 247$ meter. Deze waarden zijn voldoende klein zodat er geen cellen overgeslagen worden. We kunnen nu de nieuwe polaire waarde berekenen waar we de volgende cel moeten nemen door de nieuwe lineaire x- en y-waarden langs het aardoppervlak om te rekenen naar poolcoördinaten. Zo gaan we steeds in stapjes verder totdat de bij de aangenomen regenhoogte horende lengte van het bij benadering horizontale radarpad langs het aardoppervlak overschreden wordt (dit radarpad is ongeveer 5,7 kilometer bij een aanname van een regenhoogte van 3 kilometer en een elevatiehoek van $\theta = 27,6^\circ$ van het fictieve grondstation. Dit betekent dat we bij de aangenomen stapgrootte 30 radarcellen in de berekening meenemen). Uit figuur 4.12 kunnen we zien dat voor bijvoorbeeld het pad vanuit Leidschendam de radarcellen in feite niet allemaal even groot zijn. Dit betekent dat de weegcoëfficiënt van de cellen (d.i. de cellengte waarover het satellietpad gaat) door de verschillende lengtes van het pad dat door de cel gaat steeds anders is. Maar de gekozen constante padcellengte die in dit model gebruikt wordt zorgt ervoor dat in het geval van de paden voor Leidschendam en Delft de damping nauwkeurig genoeg bepaald kan worden.

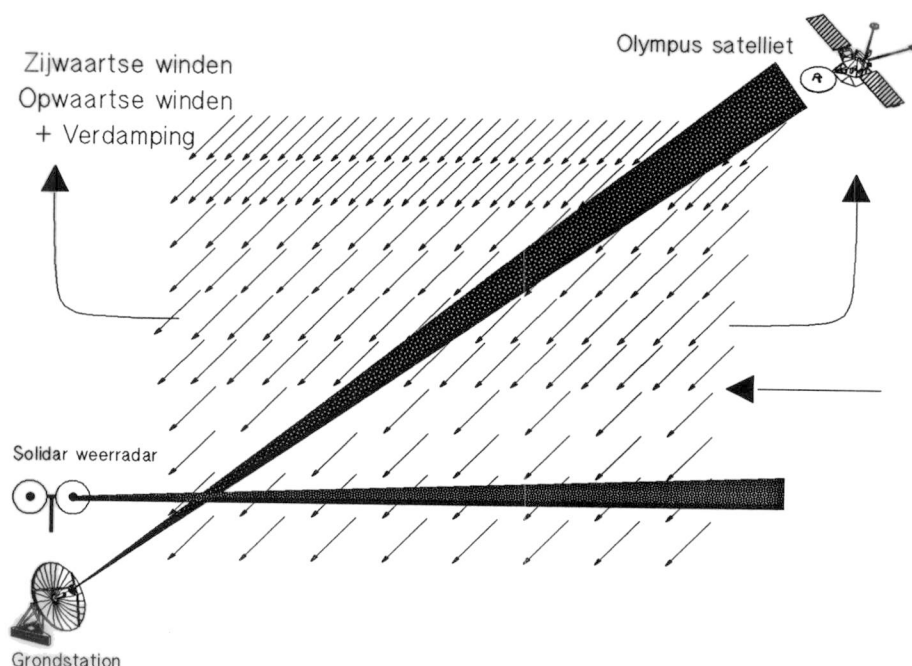
Omdat de radar bij benadering de hemel in het horizontale vlak scant, en de satelliet onder een hoek $\theta = 27,6^\circ$ ten opzichte van het horizontale vlak staat, moeten we het horizontale radarpad converteren naar dit schuine satellietpad. Een eenvoudige methode is om aan te nemen dat de specifieke damping constant blijft vanaf de grond tot een bepaalde hoogte: de 0°C isotherm. Boven deze hoogte nemen we aan dat het medium de signalen niet dempt. Als L_g dat deel van het schuine pad is dat onder de 0°C isotherm ligt en L de hiermee corresponderende horizontale padlengte (figuur 4.15, blz. 97), kunnen we de totale damping langs het schuine pad berekenen door de horizontale paddamping te vermenigvuldigen met de schuine padlengte die verkregen wordt met behulp van de formule:

$$L_s = L_g / \cos \theta \quad (4-12)$$

In ons geval doen we dit voor elke cel, en converteren dan elke horizontale cellengte naar de schuinpad-cellenlgte. De in het horizontale vlak geprojecteerde celpadlengte is 247 meter. De schuine padlengte waarover de specifieke demping per cel geïntegreerd moet worden is nu gelijk aan $247 / \cos(\text{elevatiehoek}) = 247 / \cos(27,6^\circ) = 279$ meter.

Voor een aantal buien is de op deze wijze voorspelde demping weergegeven in de figuren 4.14a t/m 4.14k. De demping ten gevolge van de melting layer is niet meegenomen, wel de demping voor gassen. De polarisatie is verticaal, de regenhoogte is 3 kilometer genomen, en de radarconstante is 6 dB.

De demping voorspeld door de radar ligt vooral bij hoge dempingen ver onder de demping geregistreerd door het satellietbaken. Dit kan liggen aan de veronderstelde regenhoogte van 3 kilometer en aan de verandering die in de druppelverdeling kan ontstaan gedurende de tocht van de druppels naar de aarde (wind, opwaartse winden en verdamping, figuur 4.13)). De radar detecteert de regen namelijk op een andere hoogte dan het satellietbaken of de radiometer (zie figuur 4.13).



figuur 4.13 Verschillen in detectiehoogte en invloeden van klimatologische omstandigheden.

25 februari 1990: De verschillen tussen radarmeting en bakenmeting zijn voor Delft en Leidschendam ongeveer gelijk. Deze bui is namelijk niet op demping gecorrigeerd. Dit geldt ook voor de bui van 28 februari 1990.

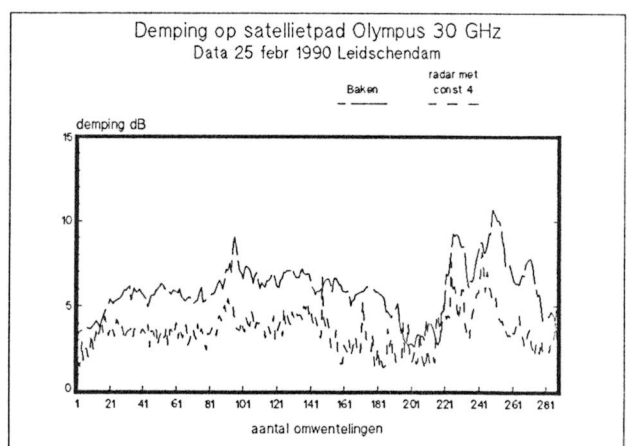
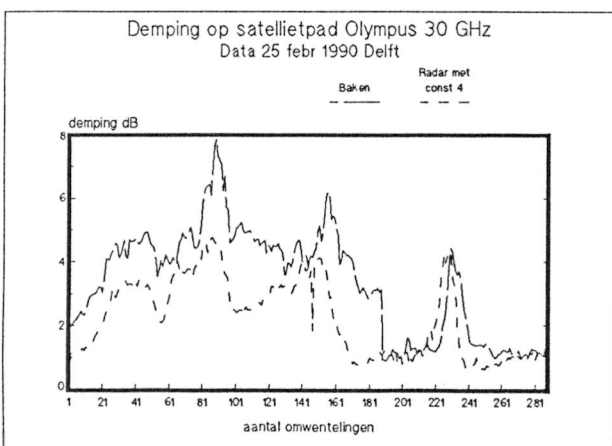
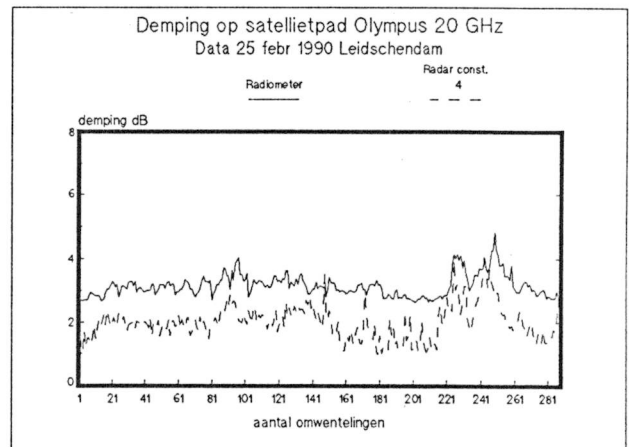
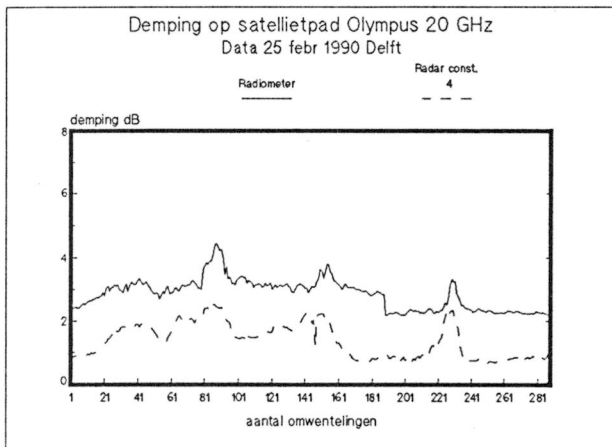
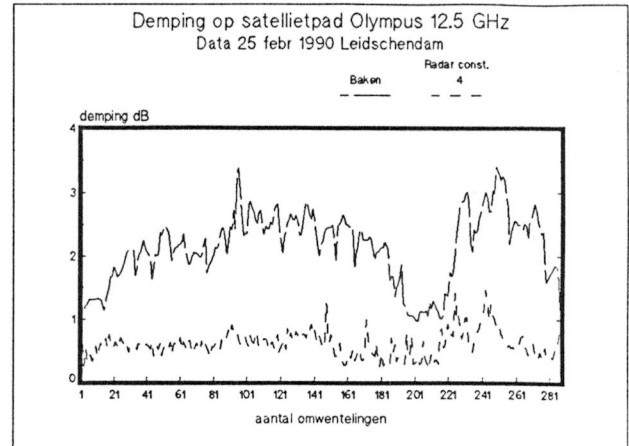
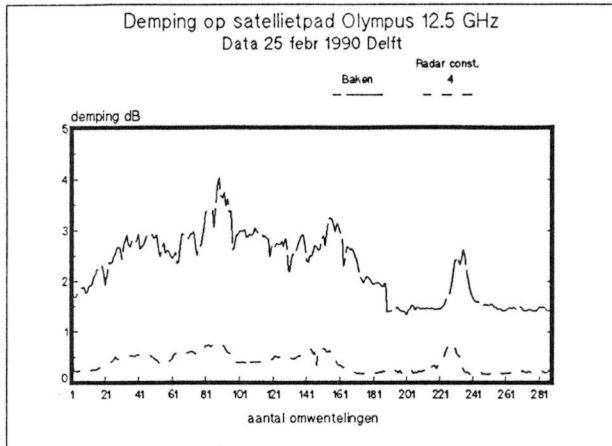
3 april 1990: De scatterdiagrammen geven evenals de tijddiagrammen duidelijk een onderschatting van de radardemping te zien ten opzichte van de bakendemping. Voor Delft is dit veel meer het geval dan voor Leidschendam door het eerder genoemde fenomeen van de overcompensatie voor de dempingscorrectie. Voor het 20 GHz scatterdiagram van Leidschendam zien we een ondergrens voor de radiometermeting ontstaan vanwege een defect aan de radiometer.

13 april 1990: De scatterdiagrammen en tijddiagrammen laten zien dat er bijvoorbeeld bij 30 GHz onderschattingen van de radardemping voorkomen van 65 % ten opzichte van de bakendemping.

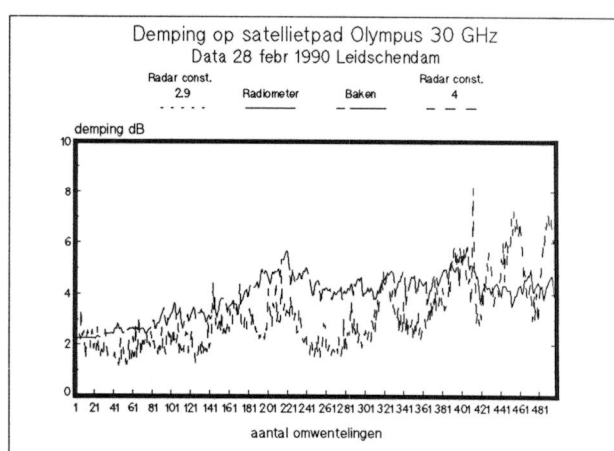
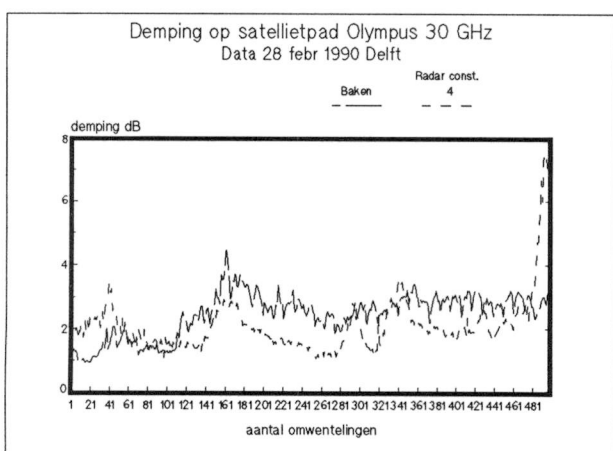
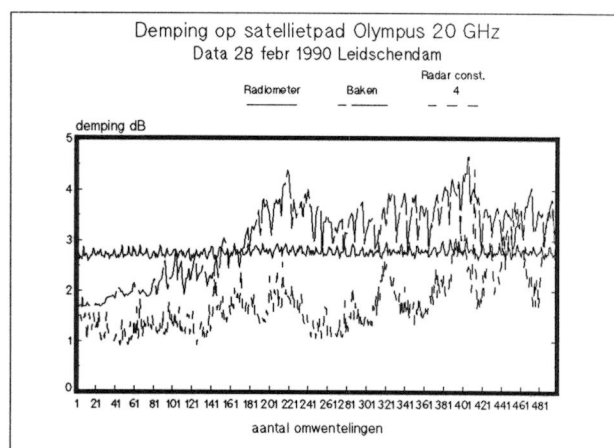
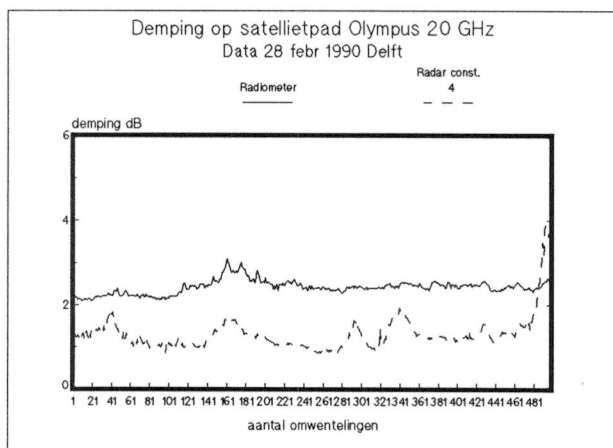
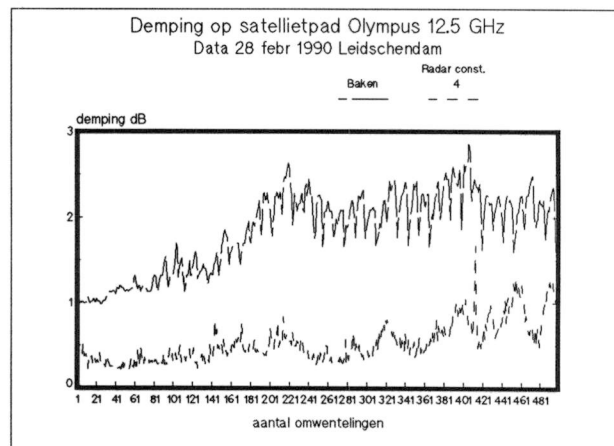
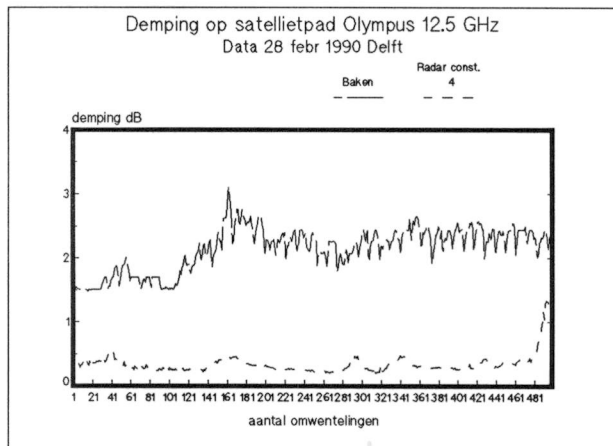
14 april 1990: Voor Leidschendam zien we hevige fluctuaties in de dempingscurves voor zowel de radar als het baken. Tevens zien we dat de radar gevoeliger voor fluctuaties in het signaal is dan het baken.

15 april 1990: Diezelfde fluctuaties in de meting zien we hier terug. Deze bui sluit naadloos aan op de bui van 14 april 1990.

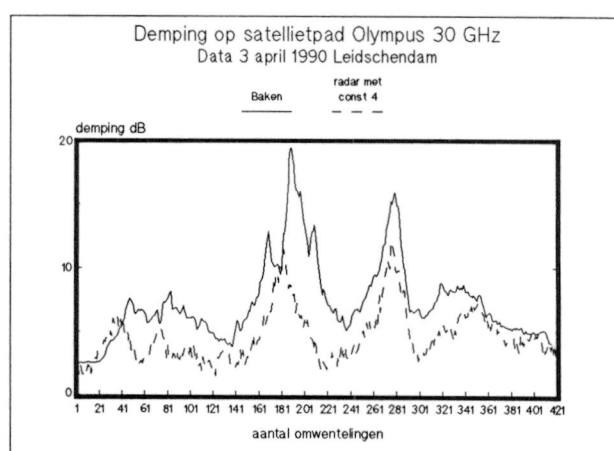
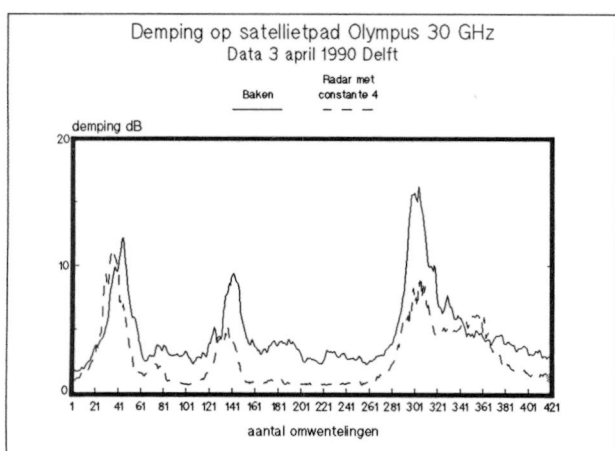
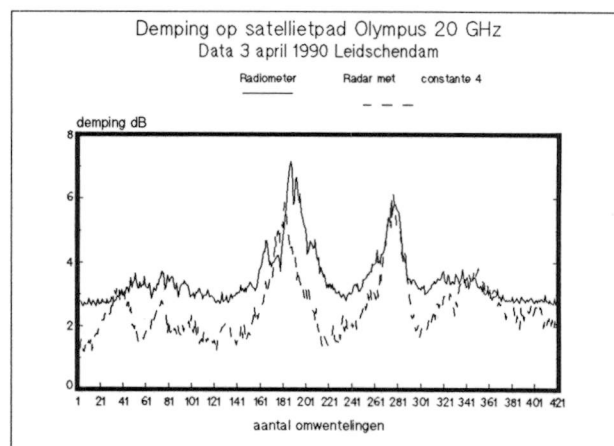
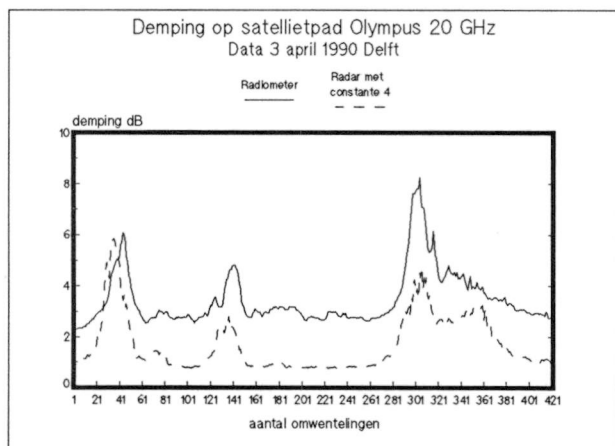
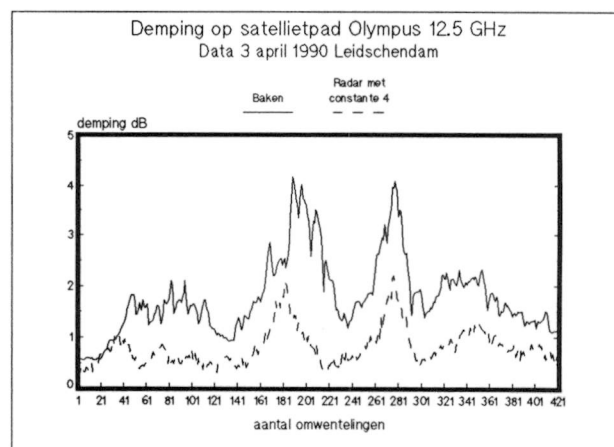
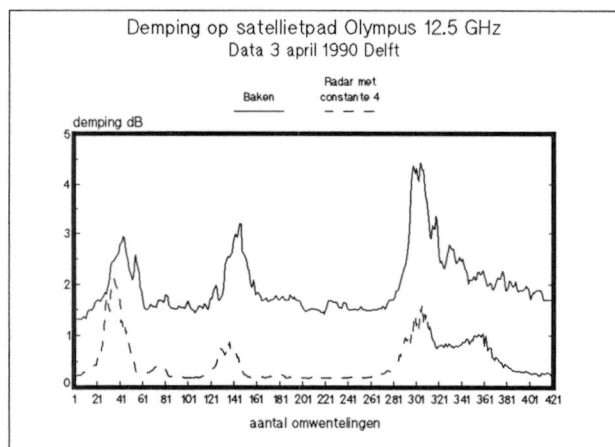
30 juni 1990: Het scatterdiagram van 30 juni 1990 in Delft geeft te zien dat de demping voor radar bij lage dempingen vrijwel constant blijft (0,6 dB) en het satellietbaken fluctueert. Voor Leidschendam treedt dit effect veel minder op. Dit zou kunnen duiden op een slechte signaal/clutter-verhouding bij Delft. En dit kan komen door het feit dat het volume van een cel dichtbij de radar veel kleiner is dan veraf, waardoor clutter die niet goed wordt onderdrukt een grote invloed heeft bij lichte regenval. Door nu meerdere cellen mee te nemen als we dichtbij de radar zitten en die te middelen kunnen we de clutterpieken uitmiddelen. Dit is gedaan voor de betreffende bui. Het resultaat is dat de radar nog minder spreiding om de constante waarde geeft en het fenomeen hiermee niet duidt op een grote clutterpiek in één cel. Echter: de minimale detecteerbare reflectiviteit door de radar is 0 dBSol, overeenkomend met 6,2 dBZ. Als nu alle cellen deze laagste waarde aangeven komen we bij 30 GHz op een demping uit van 0,449 dB. Tellen we hierbij de demping ten gevolge van gassen (0,6 dB bij 30 GHz) bij op, dan komen we aan een ondergrens voor de radardemping op 30 GHz van 1,05 dB. Maar in het computerprogramma DIVERSIT.PAS (Appendix C) wordt de regenintensiteit nul gesteld als de waarde dBSol gelijk aan nul is. Hierdoor krijgen we een ondergrens in de demping van alleen de demping ten gevolge van gassen: 0,6 dB.



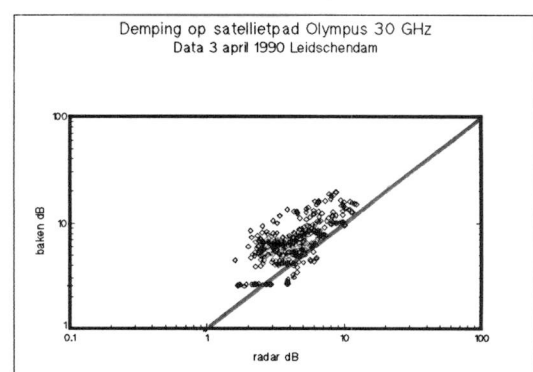
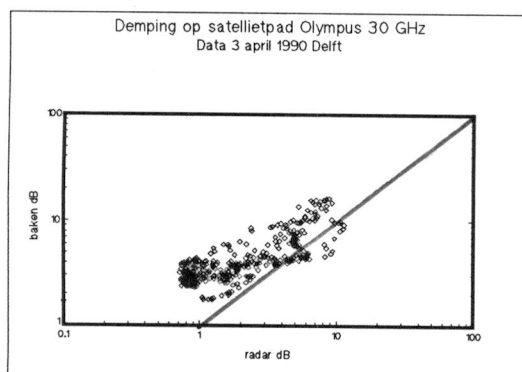
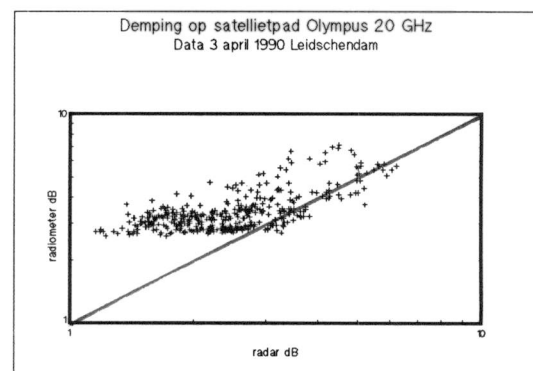
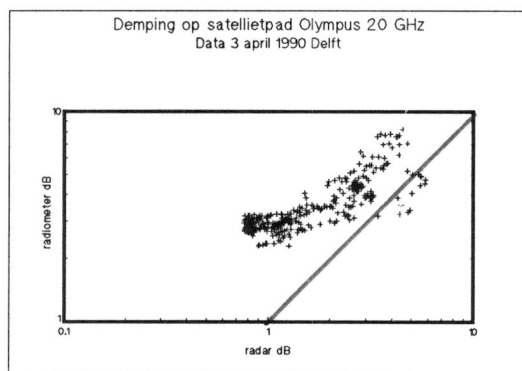
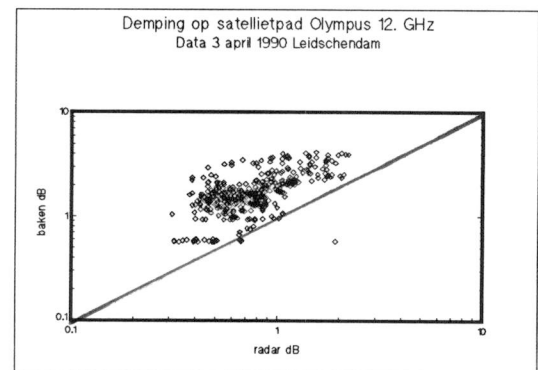
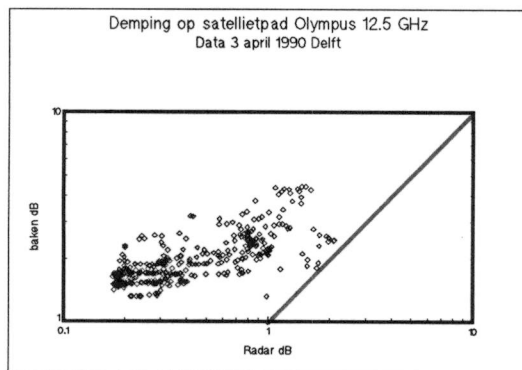
figuur 4.14a Demping ontvangers vs. demping voorspeld m.b.v. radar op 12,5
20 en 30 GHz. 25 februari 1990
20 en 30 GHz. 25 februari 1990



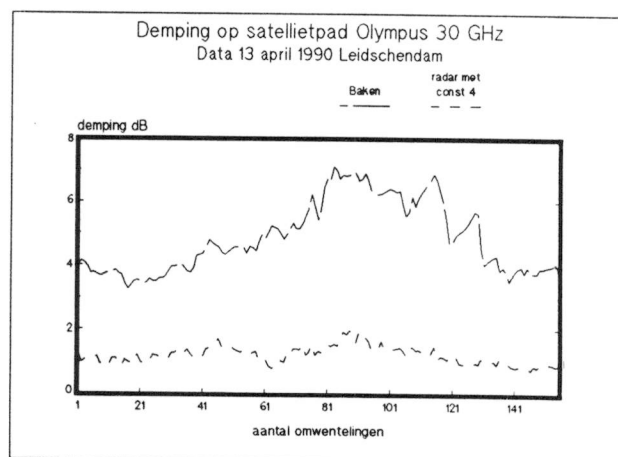
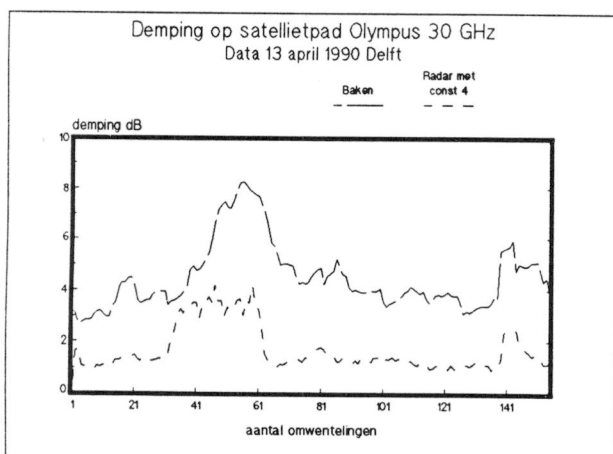
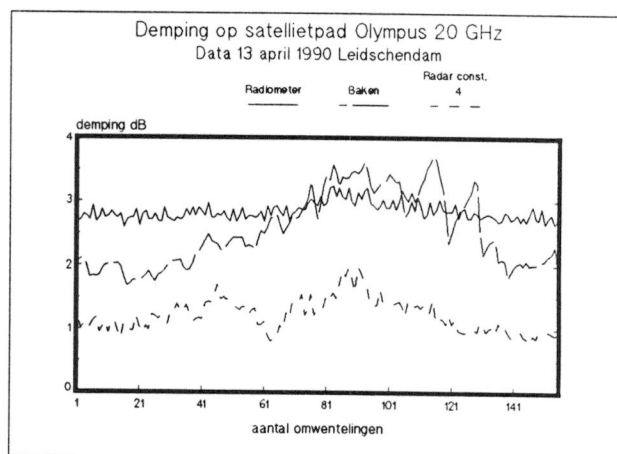
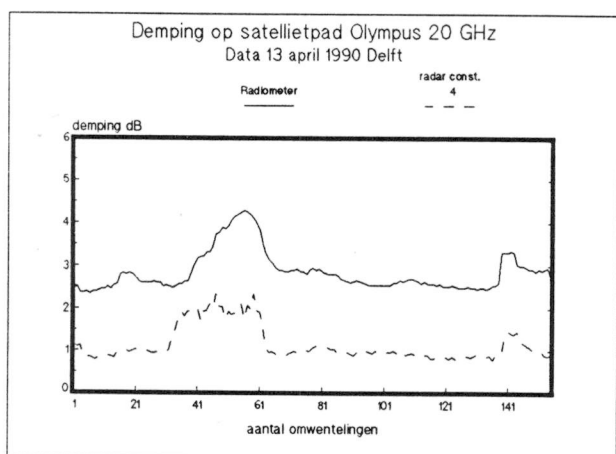
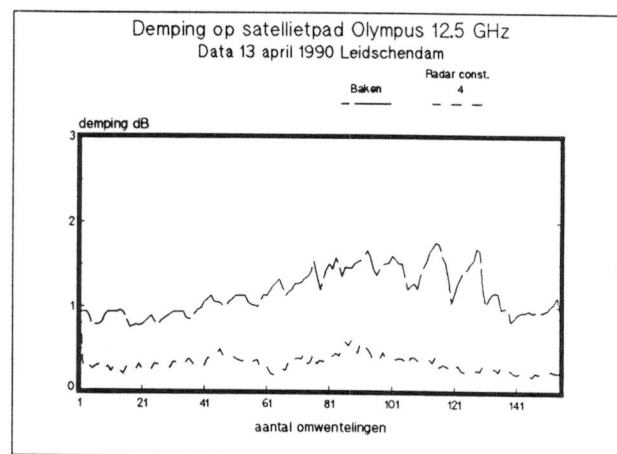
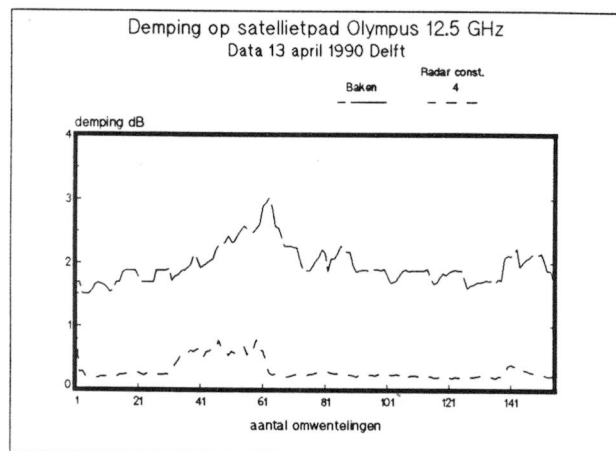
figuur 4.14b Demping ontvangers vs. demping voorspeld m.b.v. radar op 12,5
20 en 30 GHz. 28 februari 1990



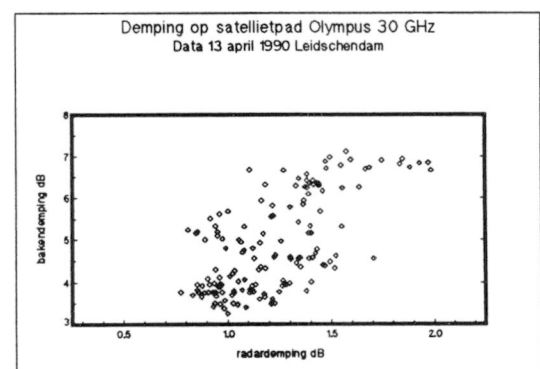
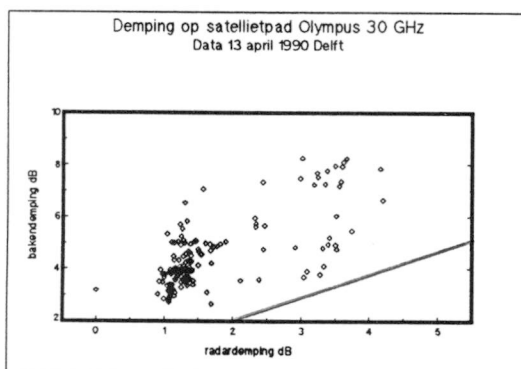
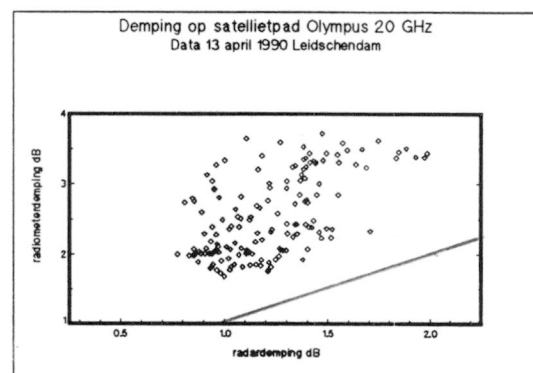
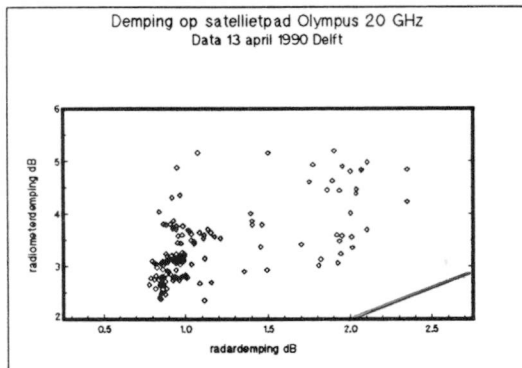
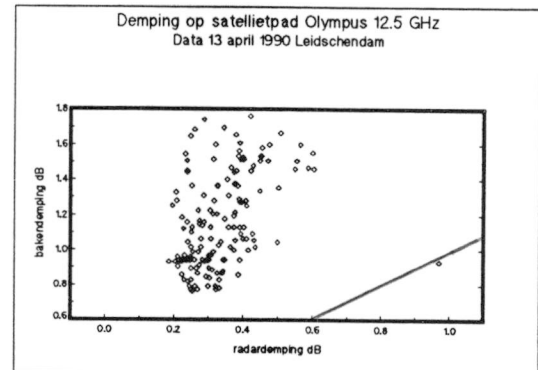
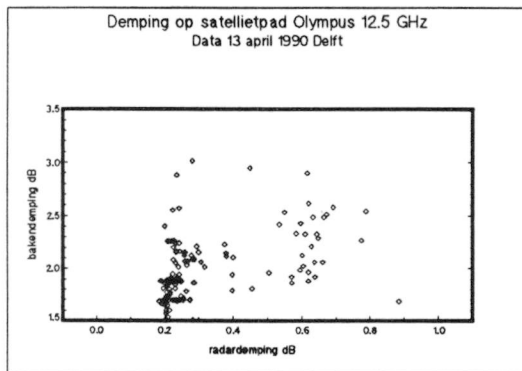
figuur 4.14c Demping ontvangers vs. demping voorspeld m.b.v. radar op 12,5
20 en 30 GHz. 3 april 1990



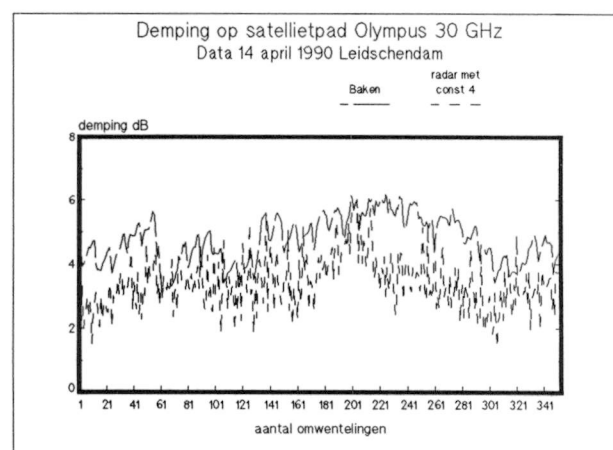
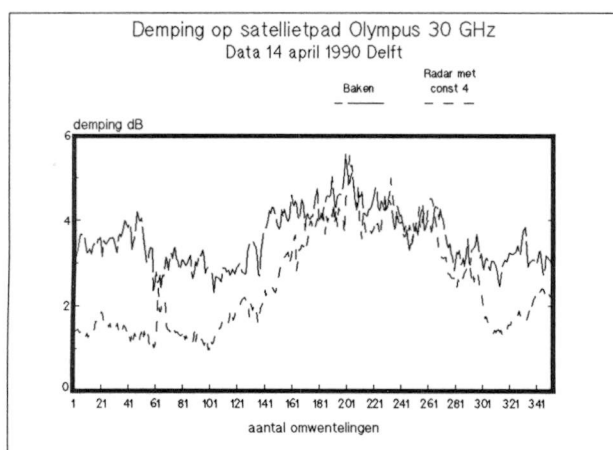
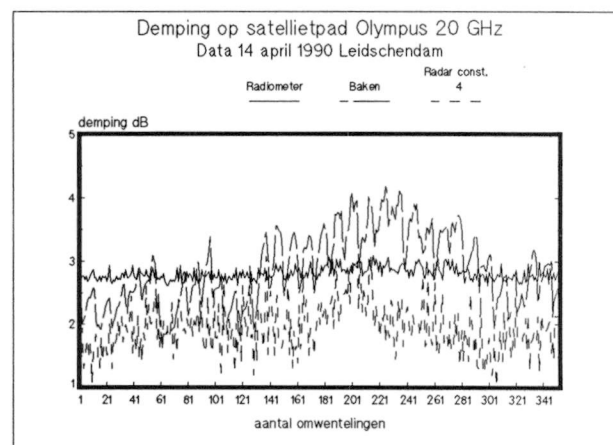
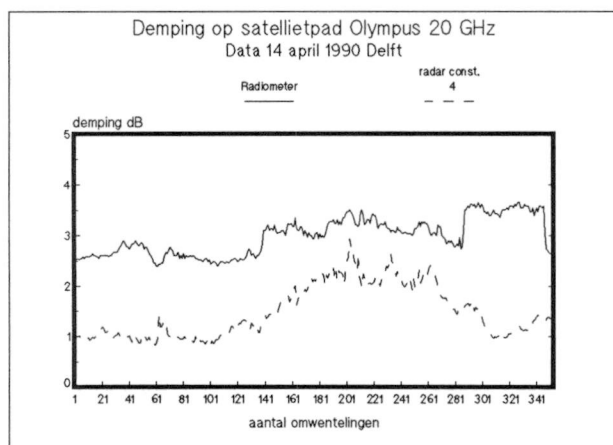
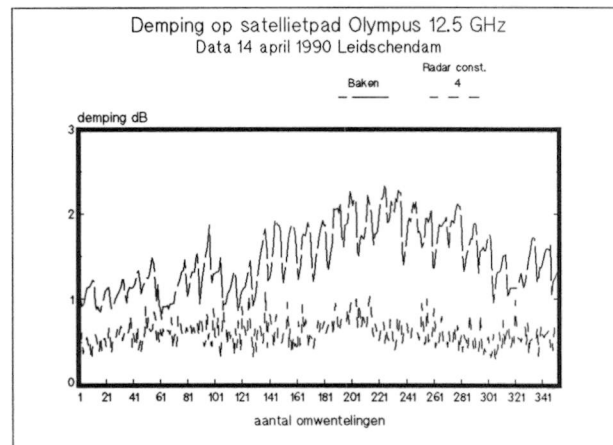
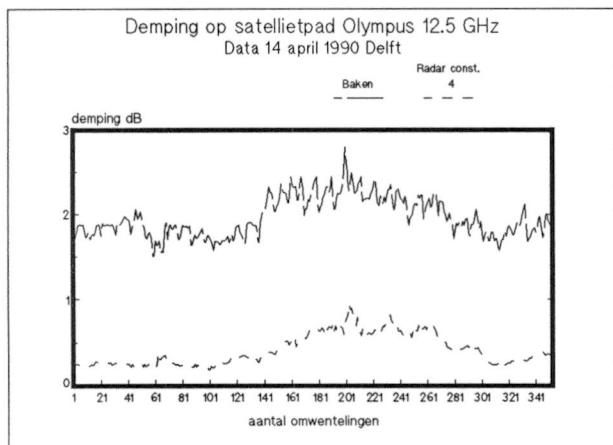
figuur 4.14d Demping ontvangers vs. demping voorspeld m.b.v. radar op 12,5
20 en 30 GHz. Scatterdiagram 3 april 1990



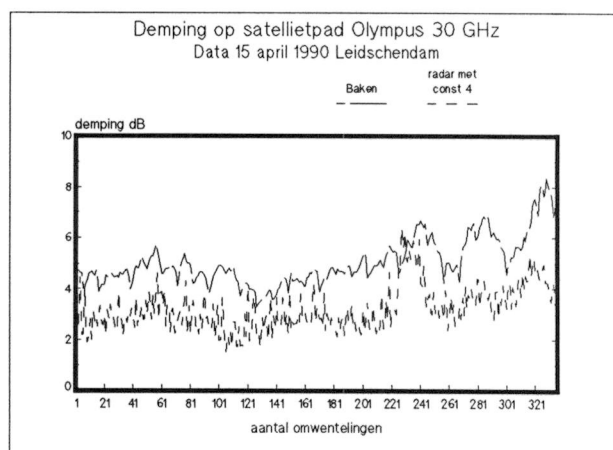
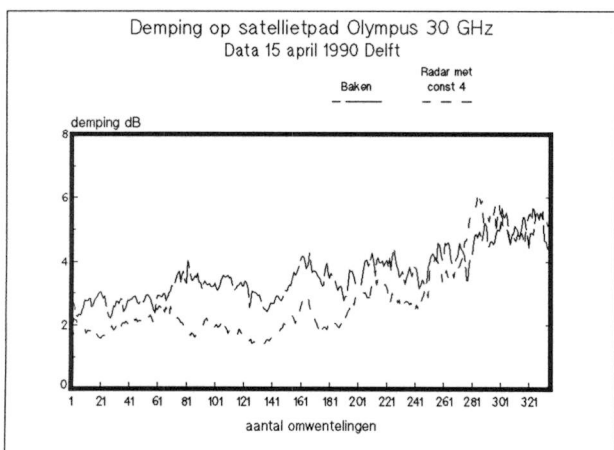
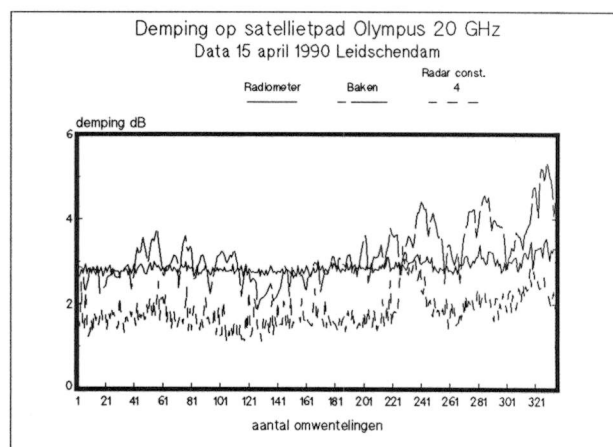
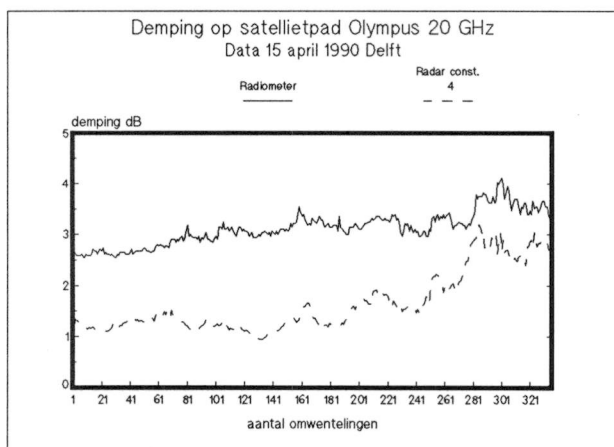
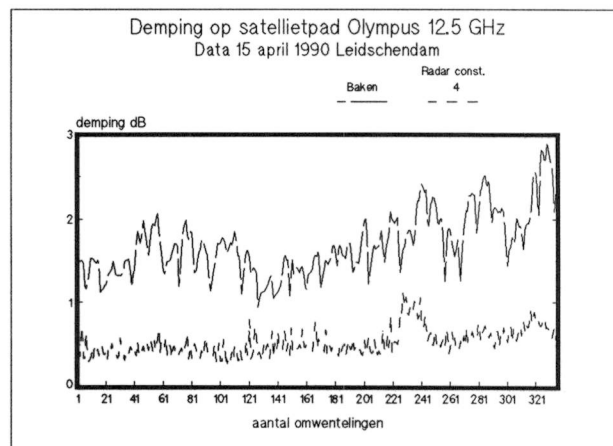
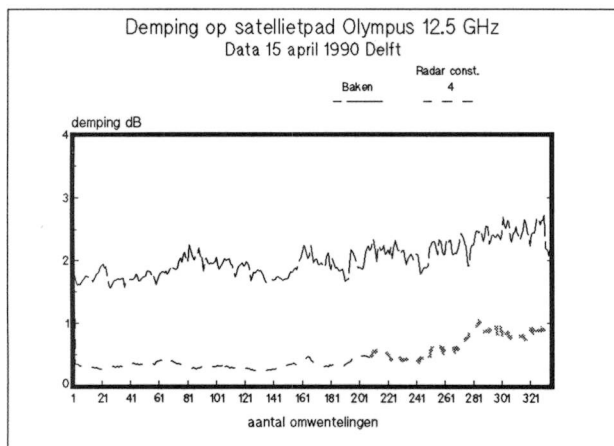
figuur 4.14e Demping ontvangers vs. demping voorspeld m.b.v. radar op 12,5
20 en 30 GHz. 13 april 1990
20 en 30 GHz. 13 april 1990



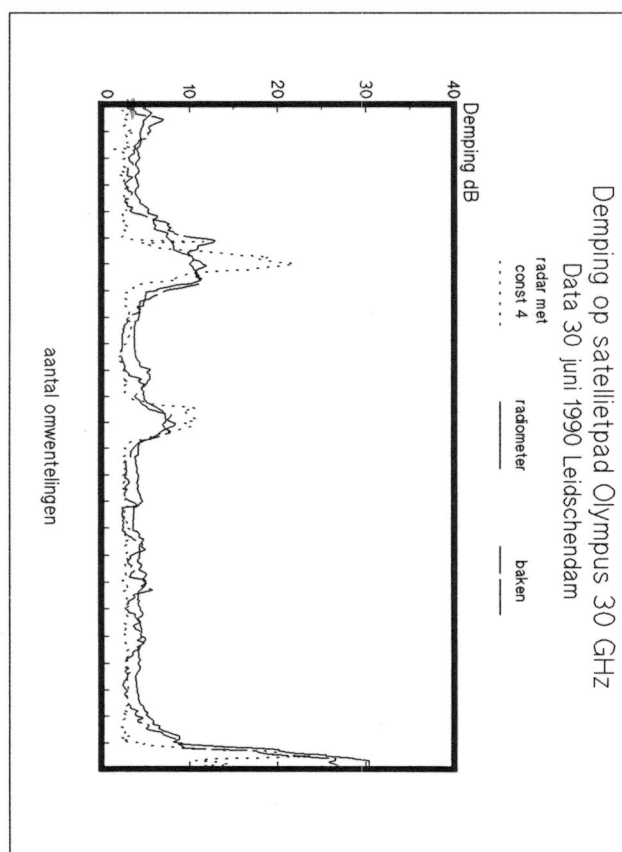
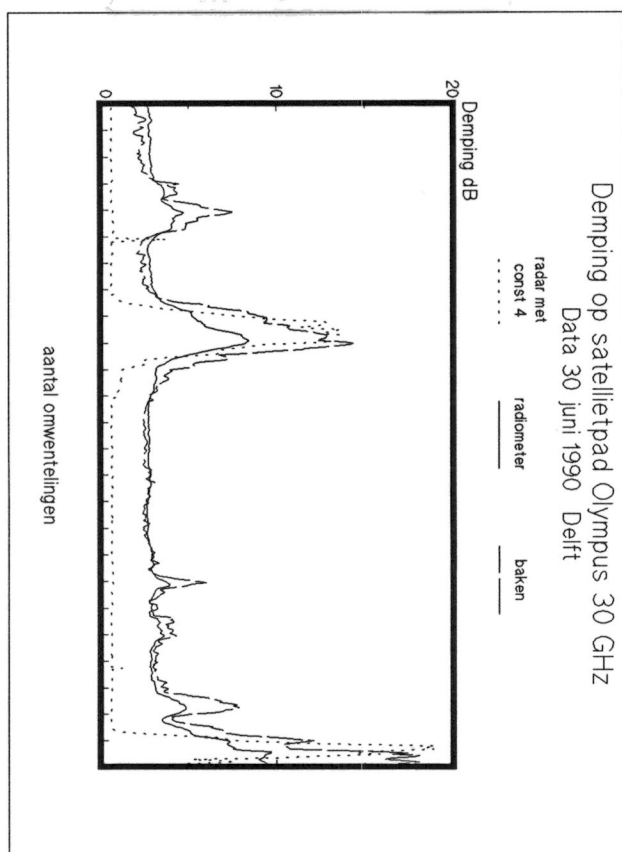
figuur 4.14f Demping ontvangers vs. demping voorspeld m.b.v. radar op 12,5
20 en 30 GHz. Scatterdiagram 13 april 1990
20 en 30 GHz. Scatterdiagram 13 april 1990



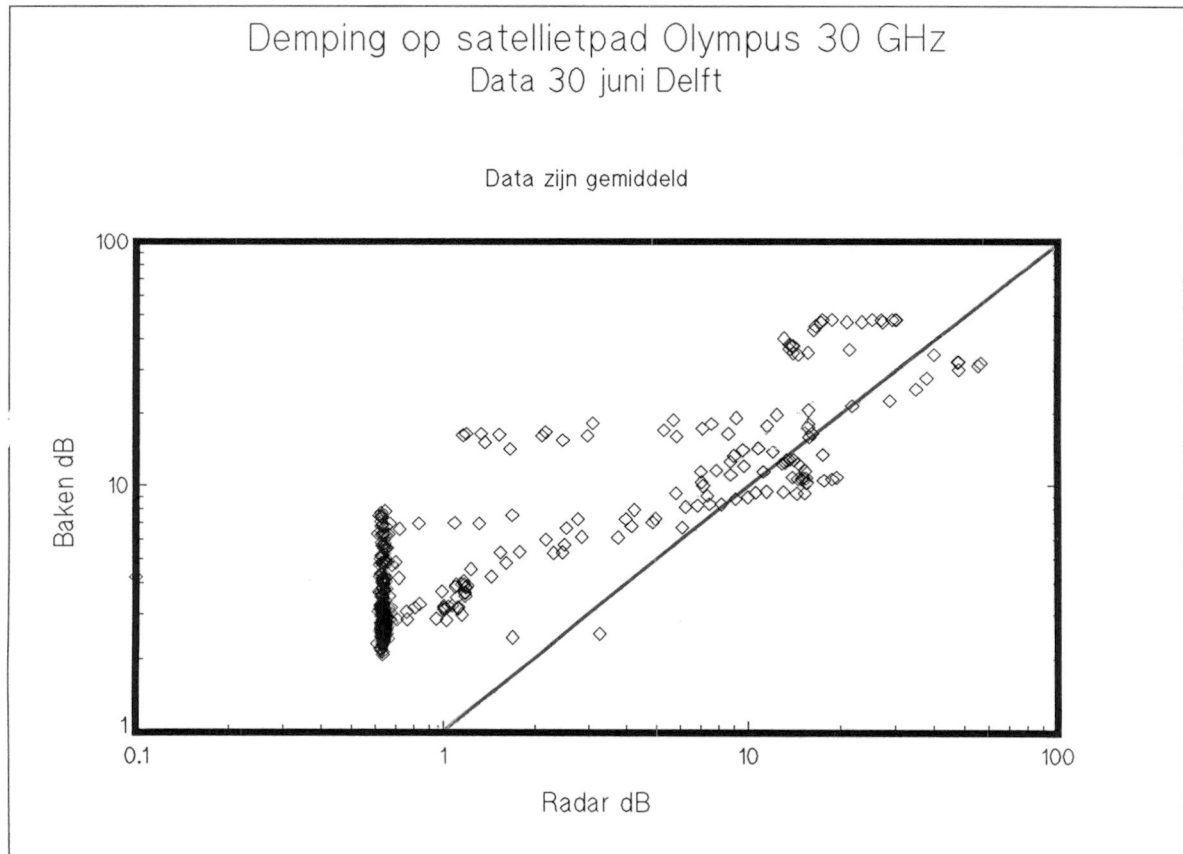
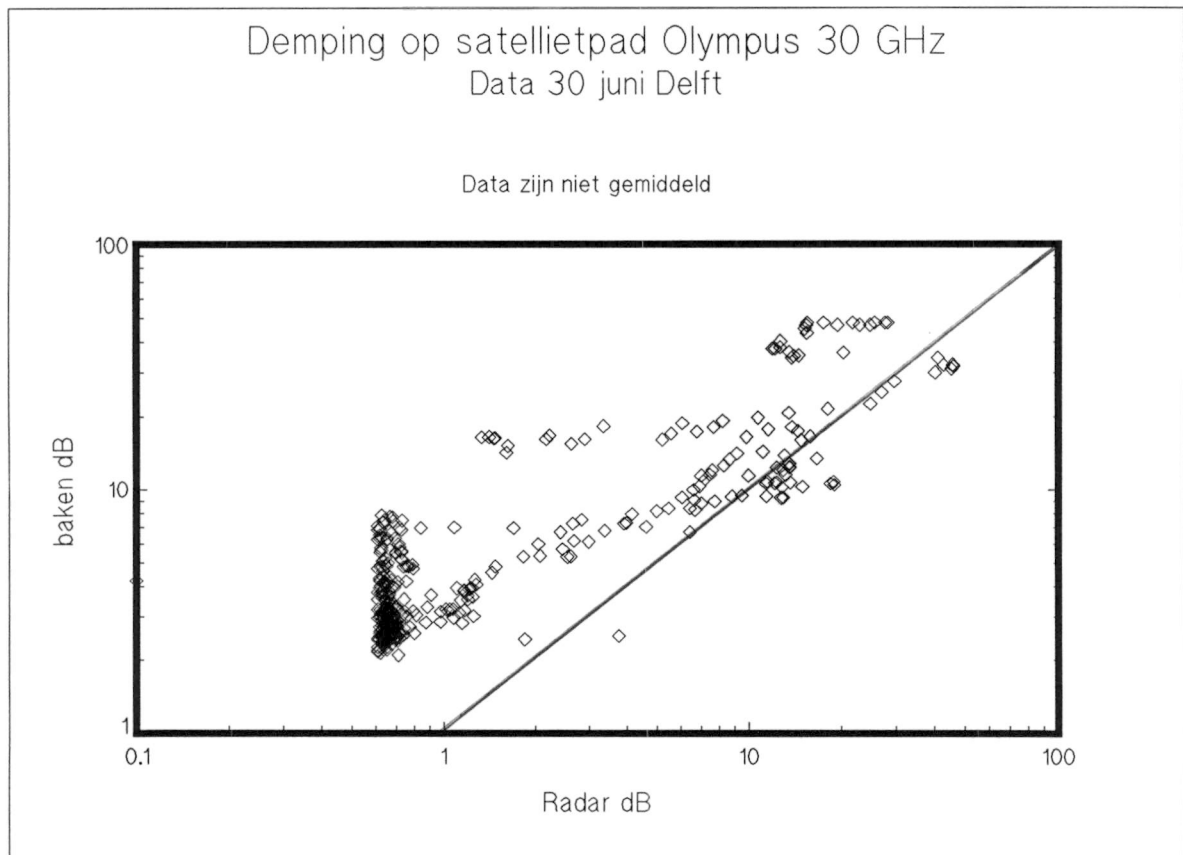
figuur 4.14g Demping ontvangers vs. demping voorspeld m.b.v. radar op 12,5 20 en 30 GHz. 14 april 1990



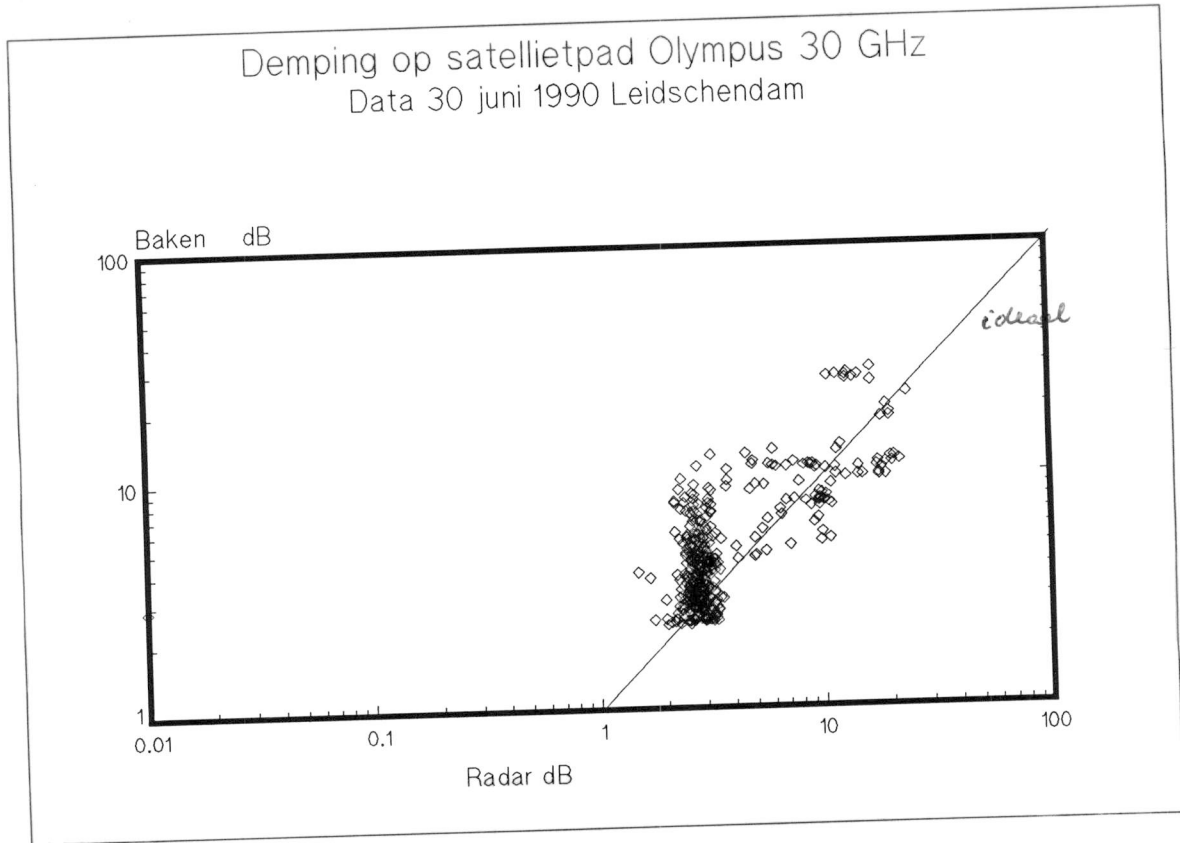
figuur 4.14h Demping ontvangers vs. demping voorspeld m.b.v. radar op 12,5
20 en 30 GHz. 15 april 1990



figuur 4.14i Demping ontvangers vs. demping voorspeld m.b.v. radar op 12,5
20 en 30 GHz. 30 juni 1990



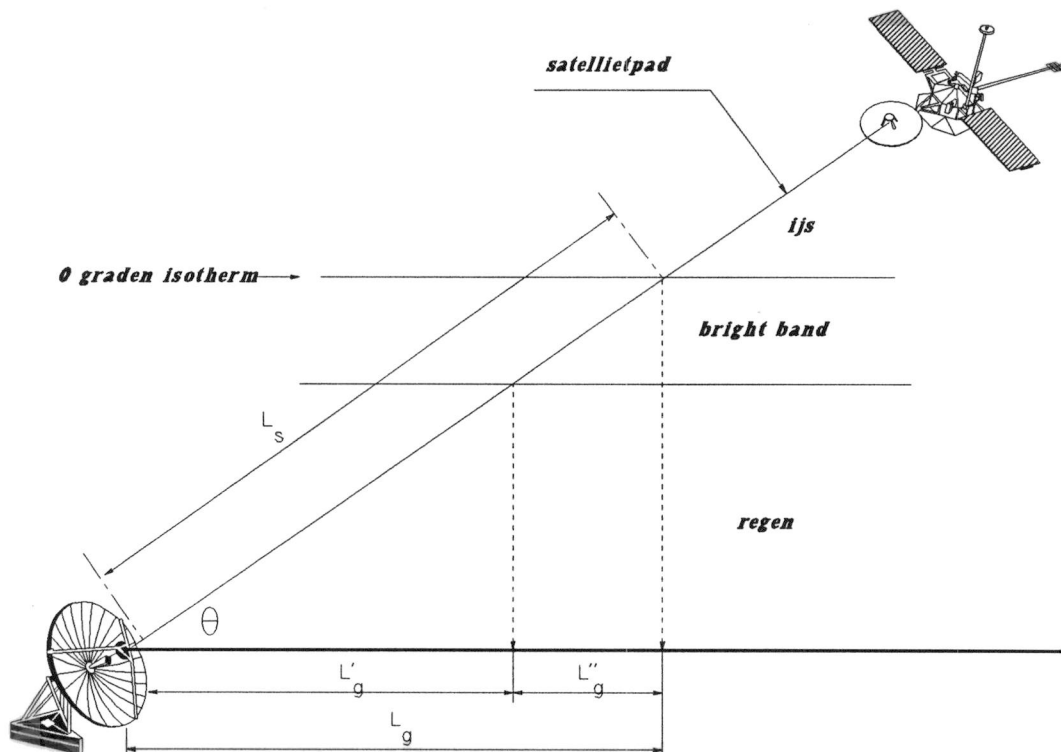
figuur 4.14j Demping ontvangers vs. demping voorspeld m.b.v. radar op 12,5
20 en 30 GHz. Scatterdiagram 30 juni 1990



figuur 4.14k Demping ontvangers vs. demping voorspeld m.b.v. radar op 12,5
20 en 30 GHz. Scatterdiagram 30 juni 1990

Er is de aangenomen dat de specifieke damping uniform is in verticale richting tot aan de 0°C isotherm. Deze aanname is een te eenvoudige weergave van de werkelijkheid. In stratiforme regen bijvoorbeeld ligt net onder de 0°C isotherm de 'melting layer', waardoor de aanname van een verticale uniformiteit van de specifieke damping niet meer gerechtvaardigd is (zie paragraaf 3.4). En in convectieve regen bestaan er ook dempende hydrometeoren boven de 0°C isotherm, waardoor het einde van het dempende medium boven de 0°C isotherm komt te liggen.

In ons model nemen we nu de extra damping van de melting layer mee. Omdat de melting layer onder de 0°C isotherm ligt is L_g niet alleen de projectie van de regen op L_s (L'_g), maar ook van dat deel van het pad dat door de melting layer gaat: L''_g (zie figuur 4.15).



figuur 4.15 Padgeometrie.

Als padlengte voor de regen nemen we $L'_g / \cos \theta$. Voor de hoogte van de 'melting layer' nemen we de constante waarde 500 meter (in feite hangt de hoogte van de melting layer samen met de regenintensiteit [12]). Toch bestaat

er ook een 'melting layer' als het niet regent). Omdat we naar radarcellen kijken kunnen we bij de damping voor een cel niet de gehele verticale damping van de melting layer optellen zoals die wordt gegeven door de formules (3-37.1) t/m (3-37.3). Voor een cel met een horizontale lengte van 247,5 meter en een elevatiehoek van het pad van $27,6^\circ$ krijgen we dan voor de corresponderende mee te nemen hoogte van de melting layer $247,5 * \tan 27,6^\circ = 129,4$ meter. De extra damping in de formules (3-37.1) t/m (3-37.3) is berekend voor een karakteristieke hoogte van de melting layer van 500 meter. Daarom nemen we voor de extra damping van een cel een fractie van de totale extra damping voor 500 meter. Deze fractie wordt dan $129,4/500 = 0,26$.

We berekenen nu de regendamping op het nieuwe gedimensioneerde pad volgens de hierboven beschreven methode, tellen hierbij de fractie van de damping van de melting layer op die we berekend hebben met formule (3-34.2) en de damping ten gevolge van atmosferische gassen. Hiermee hebben we dan de totale voorspelde damping op satellietpad verkregen.

In de figuren 4.16a t/m 4.16j is de op deze manier voorspelde damping weergegeven voor enkele buien reeds geanalyseerd in de figuren 4.14a t/m 4.14k. Voor elke bui is eerst tegen elkaar uitgezet:

- de bakenmeting en
- de radarmeting met
 1. radarconstante 4,0 dB, regenhoogte 3 km.
 2. radarconstante 5,6 dB, regenhoogte 4 km.
 3. radarconstante 4,0 dB, regenhoogte 3 km, melting layer.

Ook is er een regressie-analyse voor de parameters a en b in de dempingsrelatie uitgevoerd (hierbij zijn de damping ten gevolge van de 'melting layer' en de damping ten gevolge van de atmosferische gassen in de berekening meegenomen). We moeten dan de volgende relatie minimaliseren:

$$\sum_{j=1}^m (A_j - a L_i \sum_{i=1}^n R_{ij}^b) \quad (4-13)$$

Hierin is A_j de demping van het baken gedurende de j-de radaromwenteling, R_{ij} de regenintensiteit van cel i gedurende de j-de omwenteling, en L de cellengte.

We nemen voor de parameter b een vaste beginwaarde en zoeken dan naar de bijbehorende optimale parameter a via een lineaire regressie. D.w.z.:

$$d/da = \sum_{j=1}^m \{ 2(A_j - a \sum_{i=1}^n R_{ij}^b) \cdot - \sum_{i=1}^n L R_{ij}^b \} = 0 \quad (4-14)$$

$$\Rightarrow a_{opt} = \frac{\sum_{j=1}^m (A_j \sum_{i=1}^n R_{ij}^b)}{\sum_{j=1}^m (\sum_{i=1}^n R_{ij}^b)^2} \quad (4-15)$$

We substitueren a_{opt} terug in (4-13). We krijgen dan de kwadratische fout voor dit paar parameters. We verhogen vervolgens b met 0,05 en berekenen voor die b weer de optimale a. We doen dit voor 40 b-waarden tussen 0,05 en 2. We krijgen zo voor 40 paren a en b veertig kwadratische fouten. Dat paar dat de kleinste kwadratische fout oplevert is dan de optimale a en b. Omdat de waarde van b rond de 1 schommelt hebben we ons beperkt om b te laten variëren van 0 tot 2. Maar omdat voor de demping te Delft bij de regressie-analyse steeds de waarde b=2 werd gevonden hebben we voor de bui van 3 april 1990 (hier was b gelijk aan 2 voor zowel Delft als Leidschendam) b tot 3 laten variëren. Hieronder volgen de regressieconstanten a en b voor de verschillende buien en locaties:

Tabel IV.4 Regressieconstanten.

datum	12,5 GHz	20 GHz	30 GHz
<u>25 februari 1990</u>			
Leidschendam	a = 1,27 E-02	1,58 E-01	3,44 E-01
	b = 0,75	0,75	0,75
Delft	a = 4,20 E-02	4,24 E-02	6,19 E-02
	b = 2,00	2,00	2,00
<u>3 april 1990</u>			
Leidschendam			
Delft	a = 1,05 E-03	1,50 E-03	2,13 E-03
	b = 2,60	2,70	2,70
<u>13 april 1990</u>			
Leidschendam	a = 9,51 E-02	2,02 E-01	4,30 E-01
	b = 1,05	1,05	1,00
Delft			
<u>15 april 1990</u>			
Leidschendam	a = 1,18 E-02	1,70 E-02	3,35 E-02
	b = 2,00	2,00	2,00
Delft	a = 2,37 E-01	3,18 E-01	3,71 E-01
	b = 0,05	0,05	0,05
<u>26 april 1990</u>			
Leidschendam	a = 2,67 E-01	4,46 E-01	1,004
	b = 0,15	0,15	0,15
Delft	a = 1,46 E-01	1,60 E-01	3,15 E-01
	b = 2,00	2,00	2,00

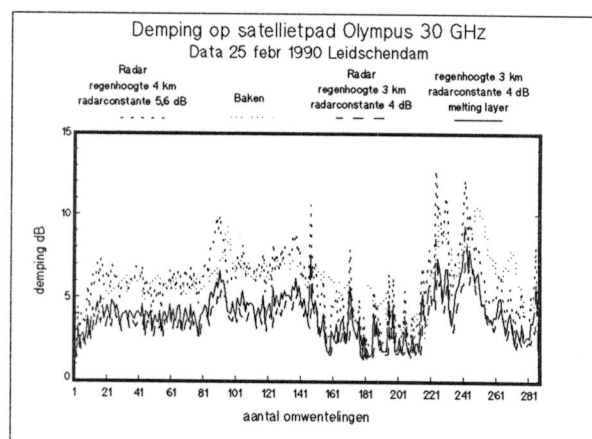
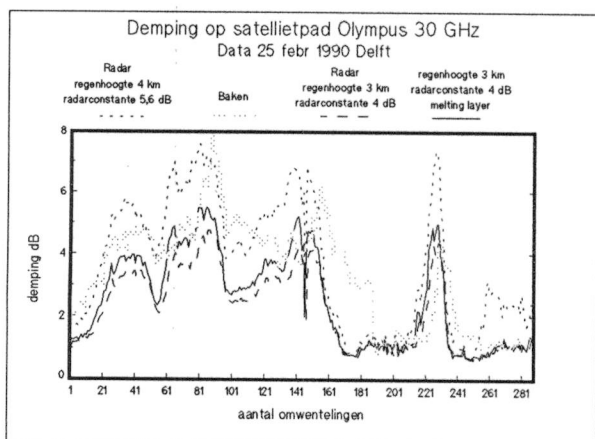
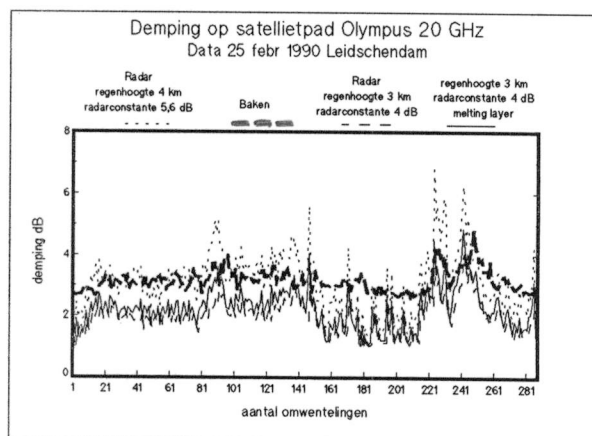
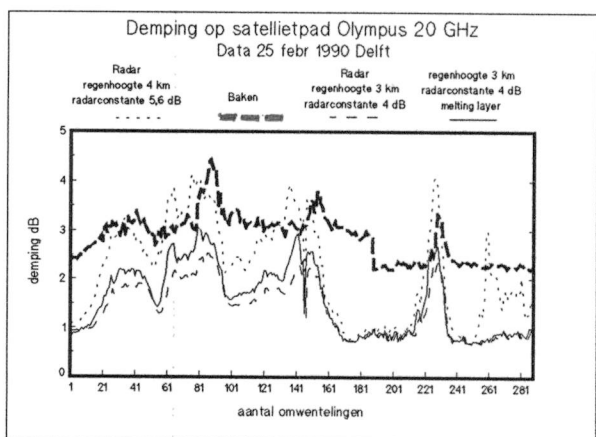
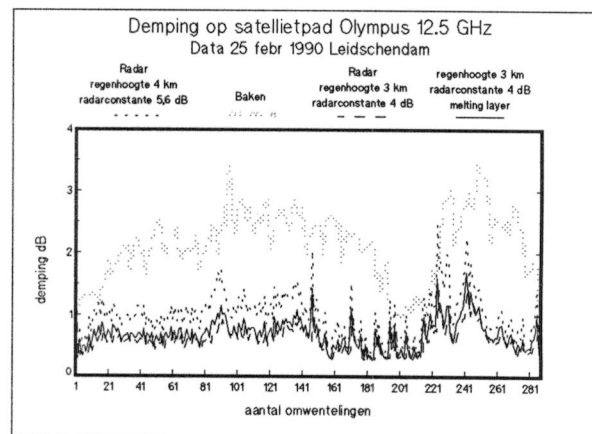
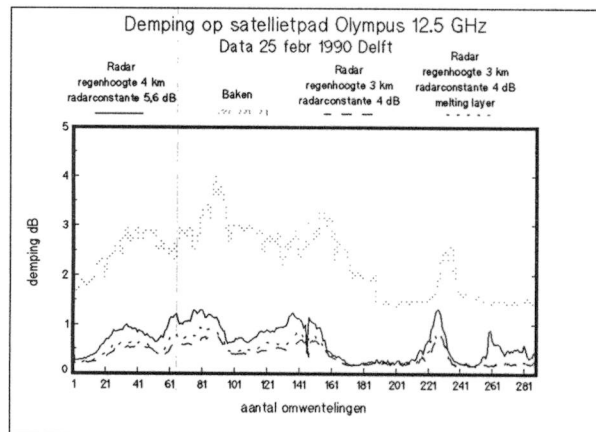
Voor deze waarden is weer de radardemping bepaald en weergegeven in de figuren 4.16 evenals de scatterdiagrammen hiervan.

25 februari 1990: Vergelijken we de regressiekromme met de 'melting layer'-kromme, dan zien we een duidelijke verbetering optreden. De waarden in het scatterdiagram liggen rondom de ideale lijn. Ook de waarden voor a en b liggen in een reële orde van grootte.

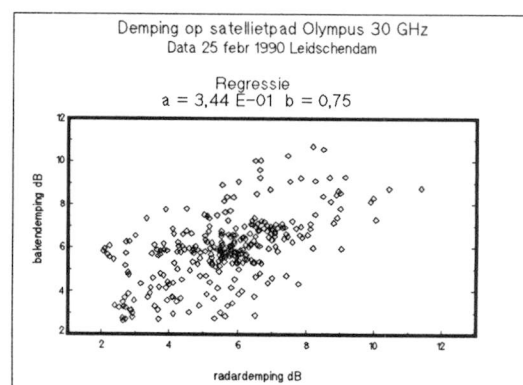
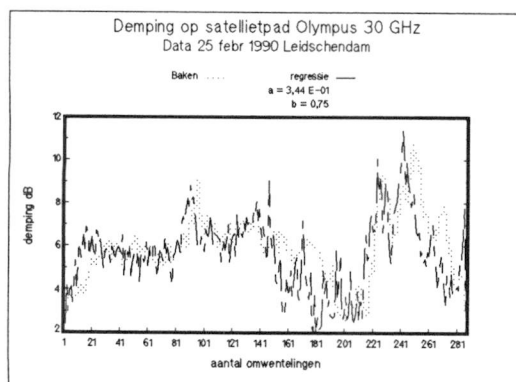
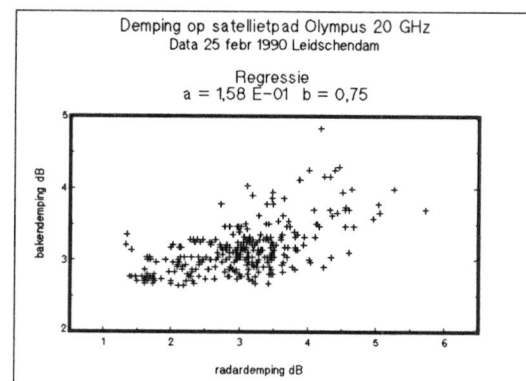
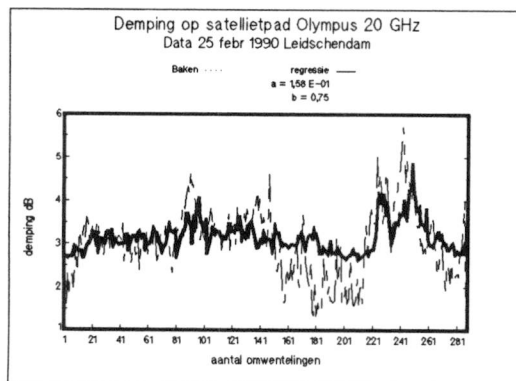
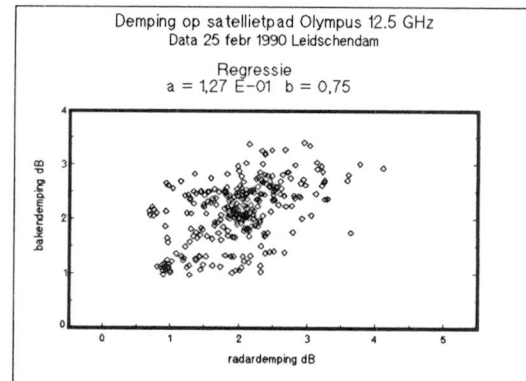
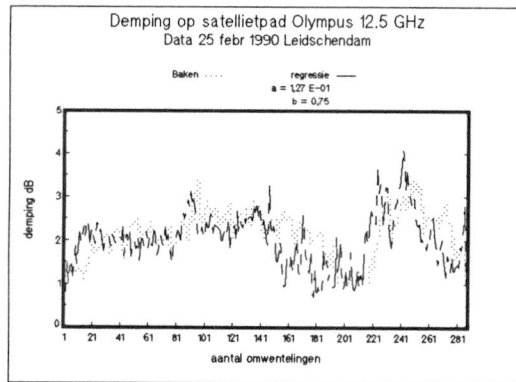
3 april 1990: Ook d.m.v. regressie is het niet mogelijk om de bakenkromme te benaderen. Deze methode geeft zelfs slechtere resultaten dan de scatterdiagrammen uit figuur 4.14d. De scatterdiagrammen voor de meting waarbij de 'melting layer' op 30 Ghz is meegenomen geven wel een lichte verbetering te zien in vergelijking met figuur 4.14d.

13 april 1990: Regressie geeft een betere benadering van de bakenkromme door de radar. Tevens vinden we redelijke waarden voor a en b, en liggen de punten in het scatterdiagram rondom de ideale lijn. Dit is niet het geval voor de scatterdiagrammen waarbij de 'melting layer' in de berekening (geen regressieberekening) is meegenomen.

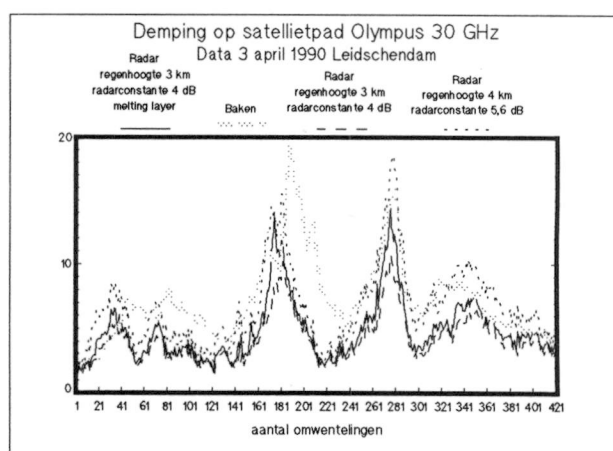
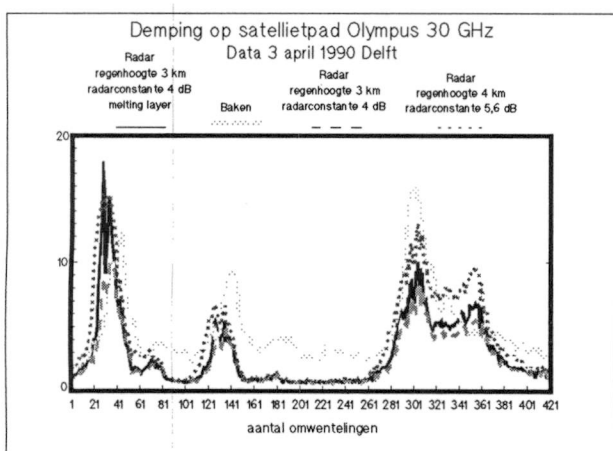
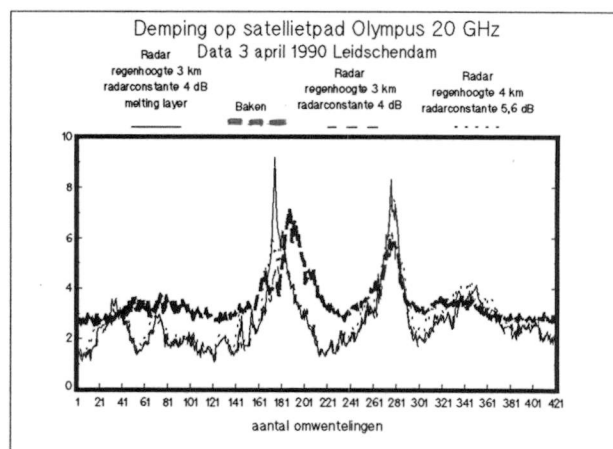
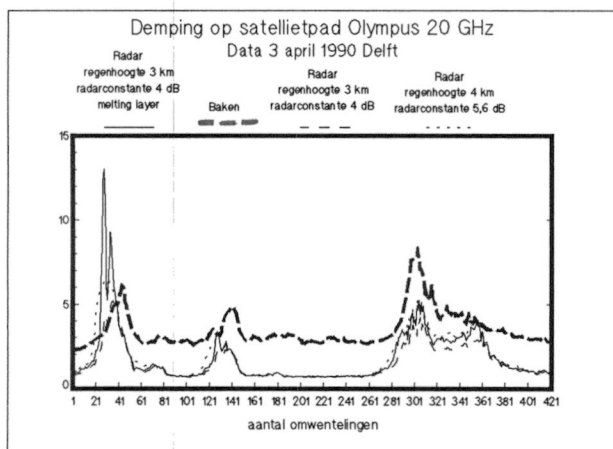
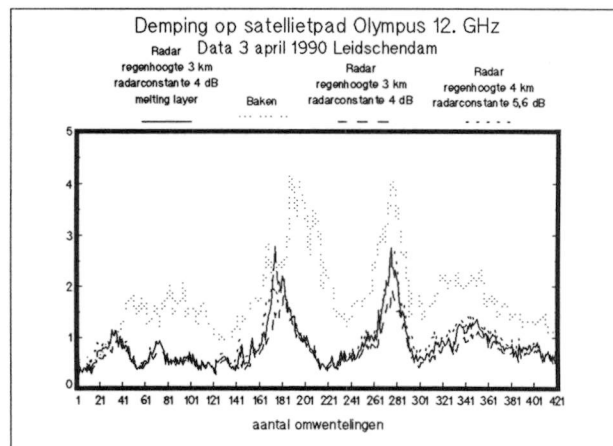
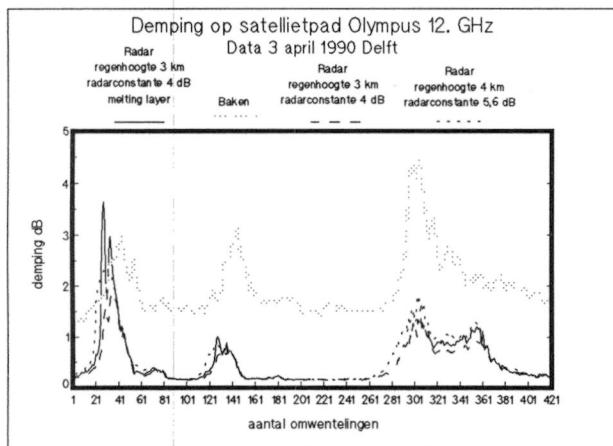
26 april 1990: Ook hier komt door regressie de radarkromme op de bakenkromme te liggen. De waarden voor a en b zijn echter veel afwijkend van de normale waarden op de betreffende frequenties.



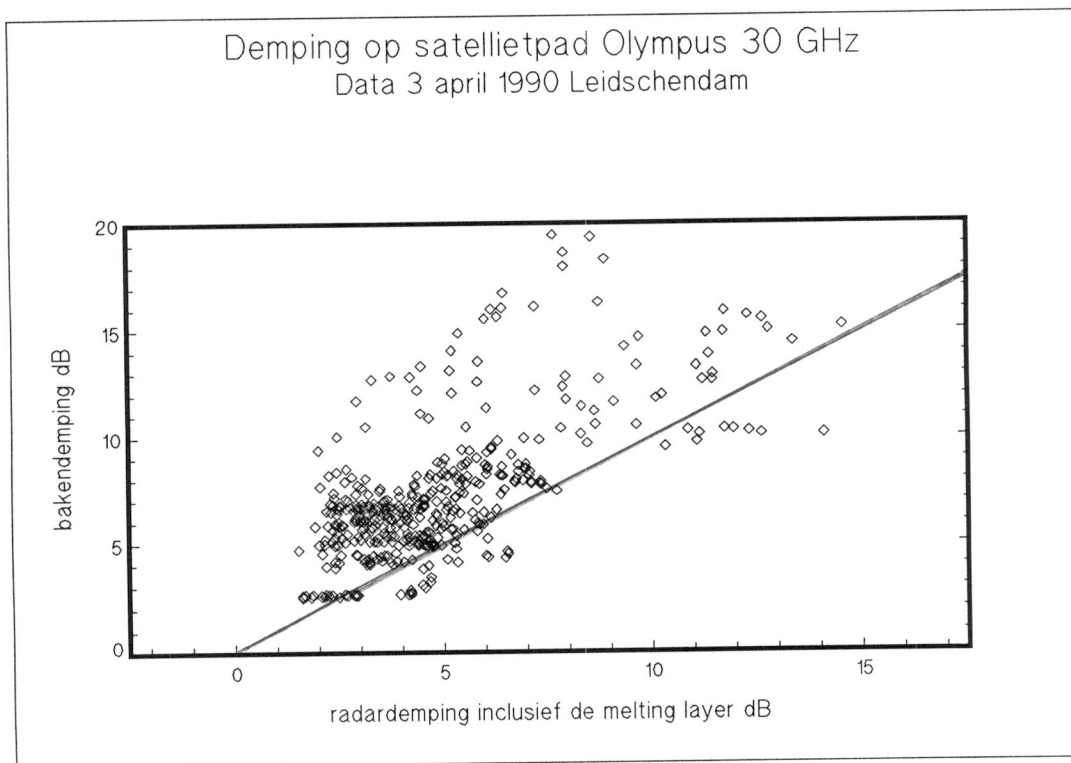
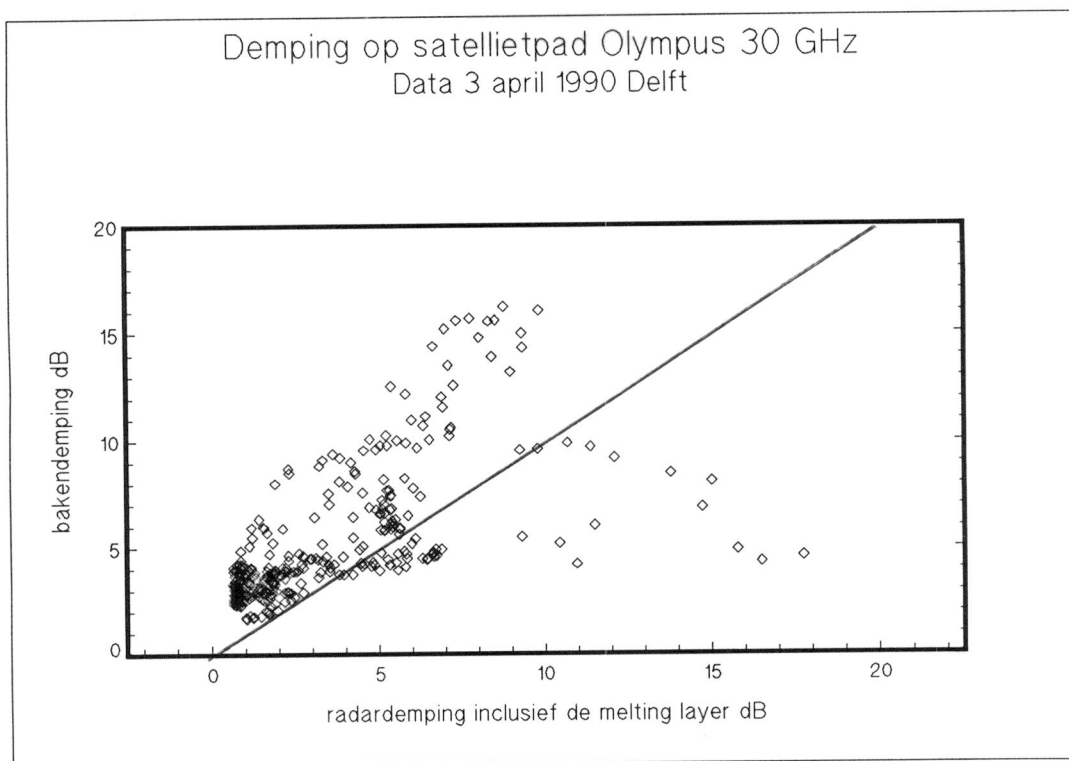
figuur 4.16a Demping satellietbaken vs. Radardemping voor verschillende omstandigheden op 12,5, 20 en 30 GHz. 25 februari 1990



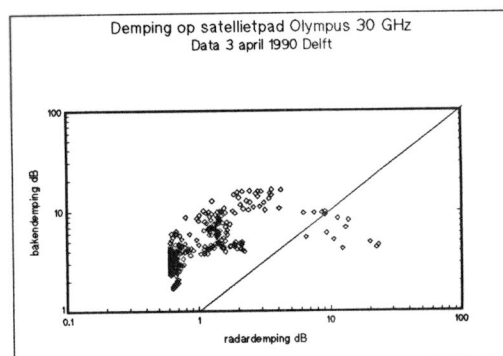
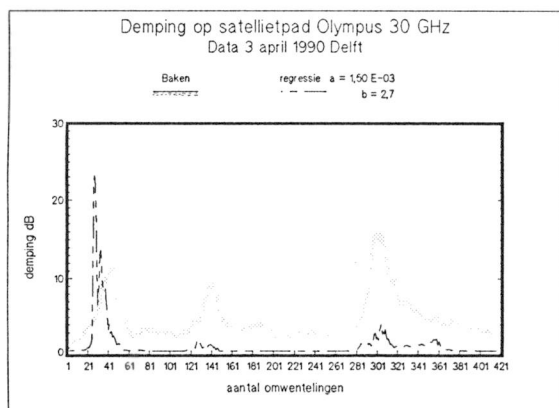
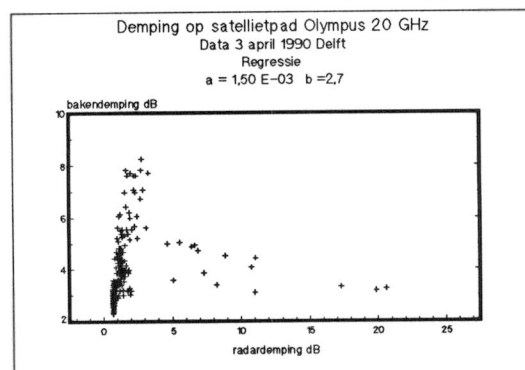
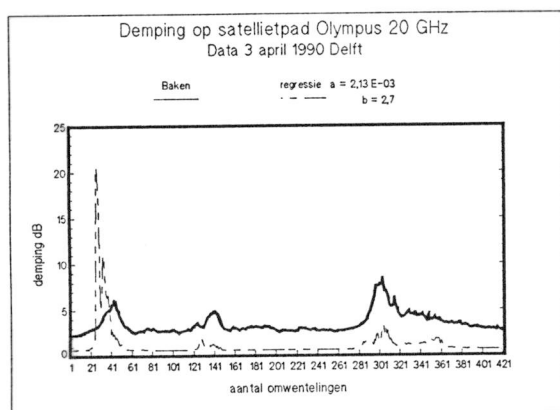
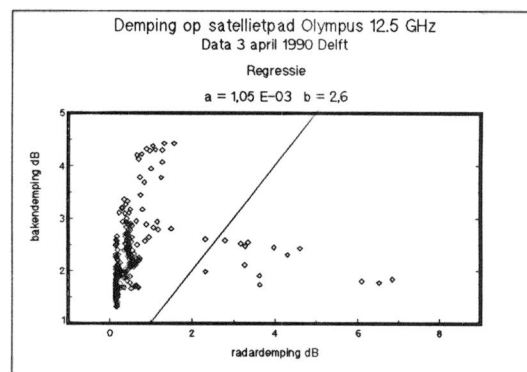
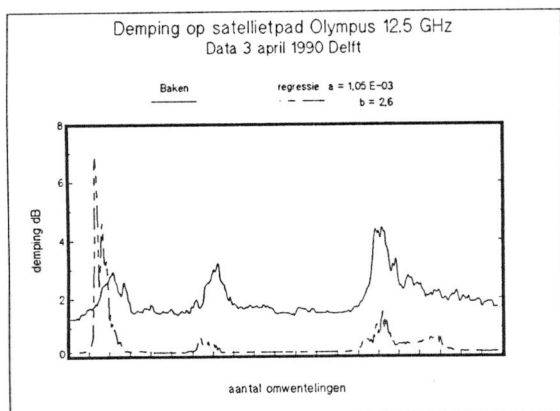
figuur 4.16b Demping ontvangers vs. demping voorspeld m.b.v. radar op 12,5
20 en 30 GHz. 25 februari 1990 REGRESSIE LEIDSCHENDAM



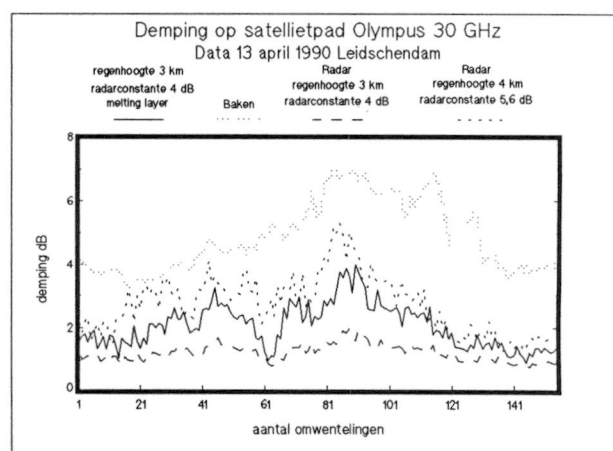
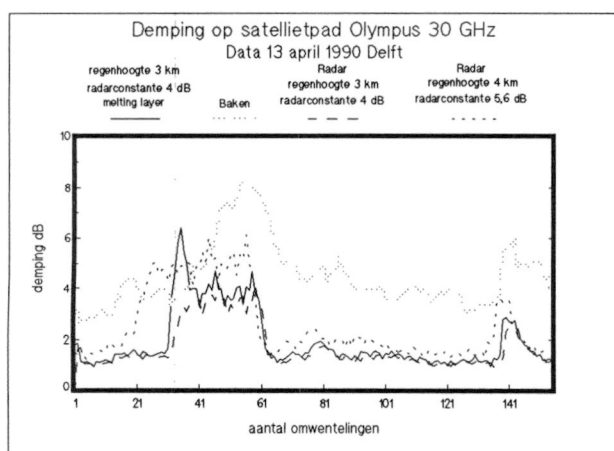
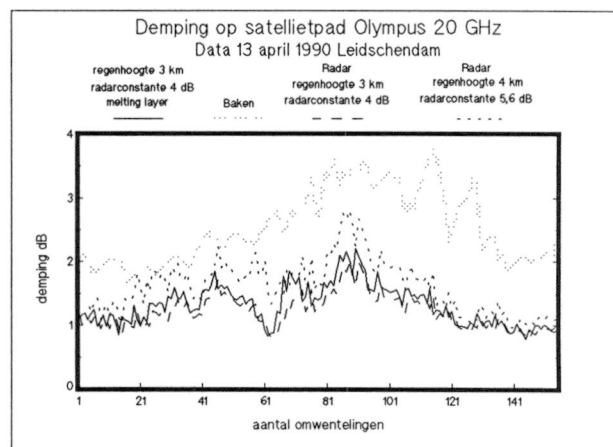
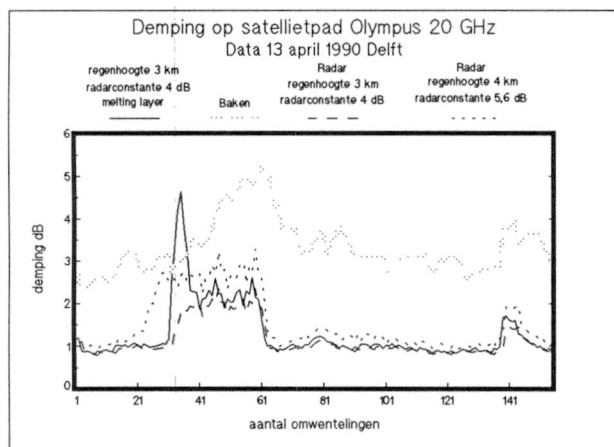
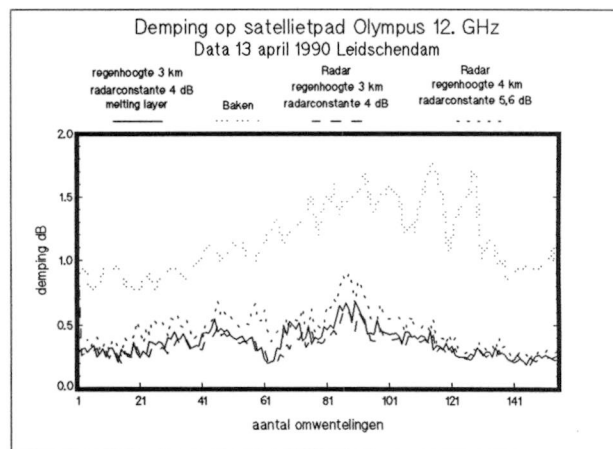
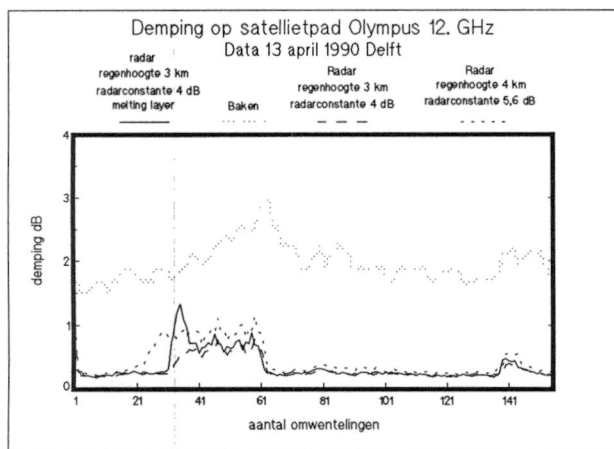
figuur 4.16c Demping satellietbaken vs. Radardemping voor verschillende omstandigheden op 12,5, 20 en 30 GHz. 3 april 1990



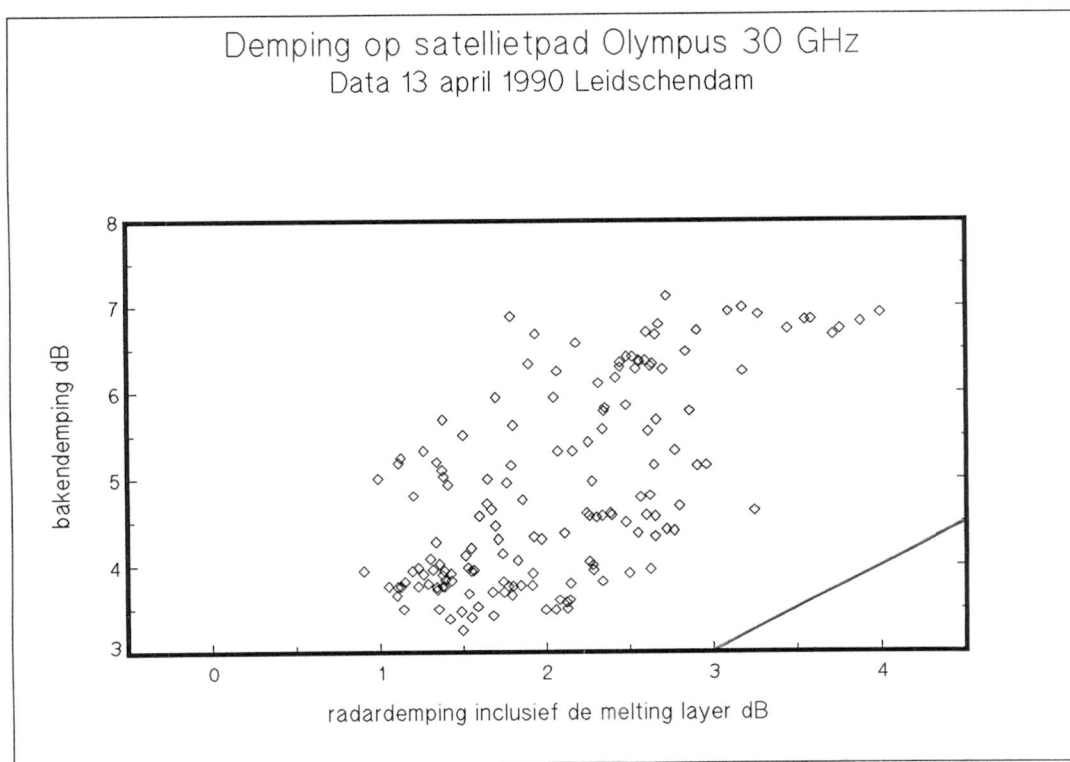
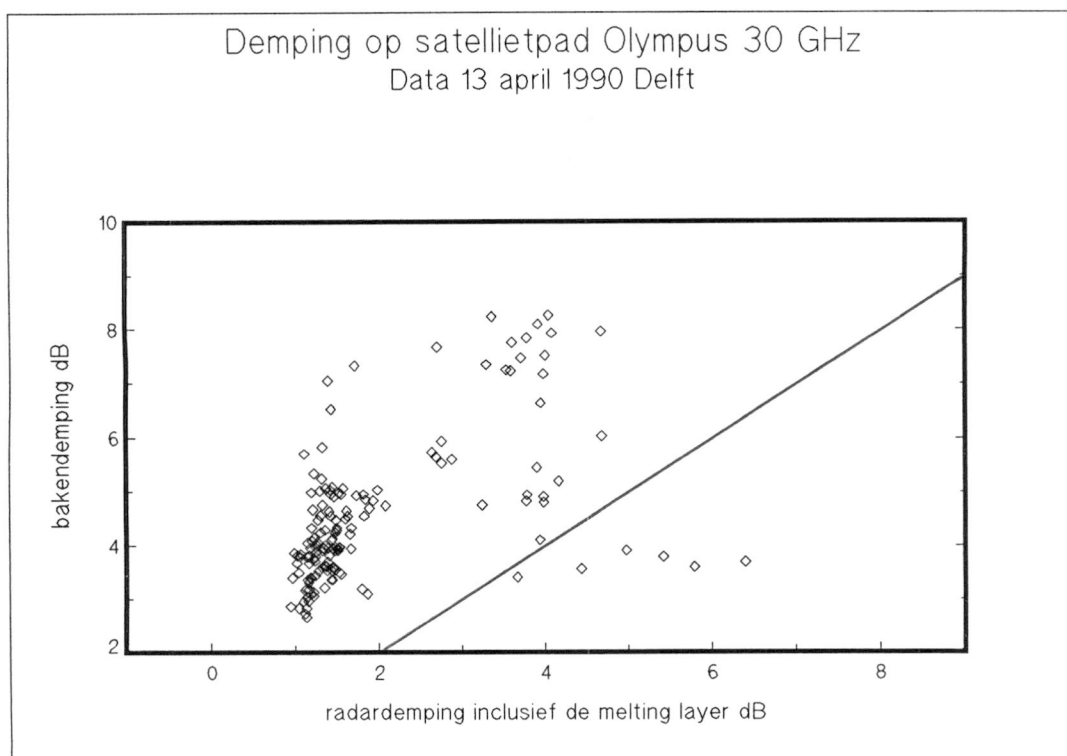
figuur 4.16d Demping satellietbaken vs. radardemping inclusief de melting layer voor 30 GHz. 3 april 1990



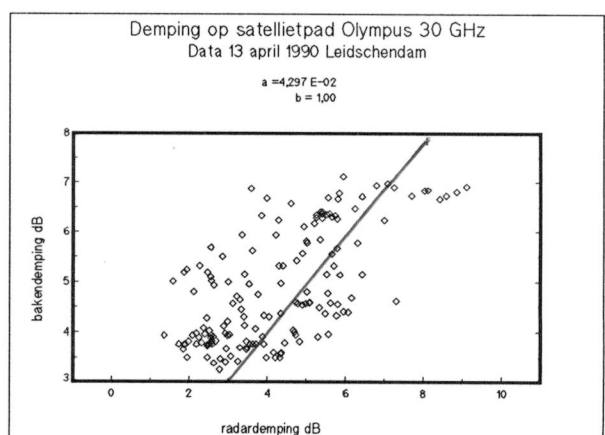
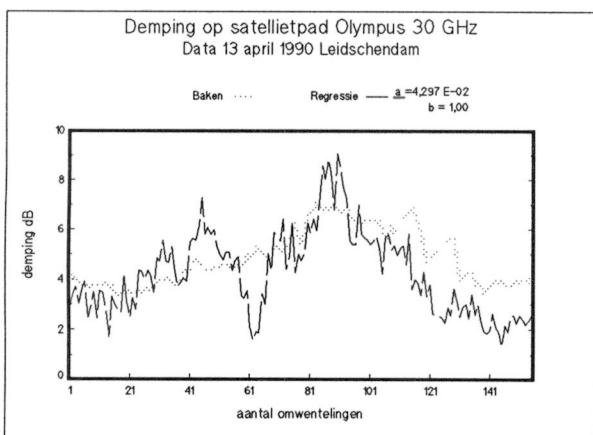
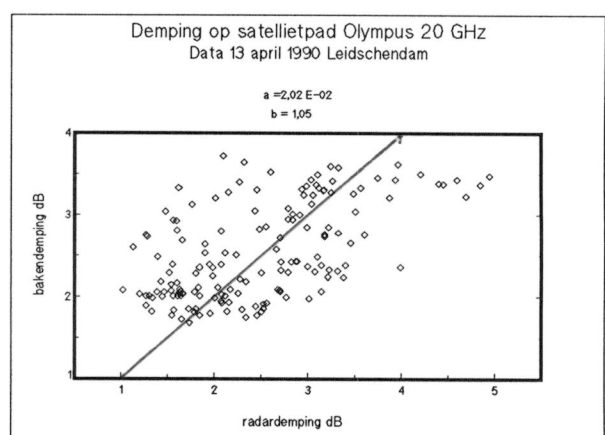
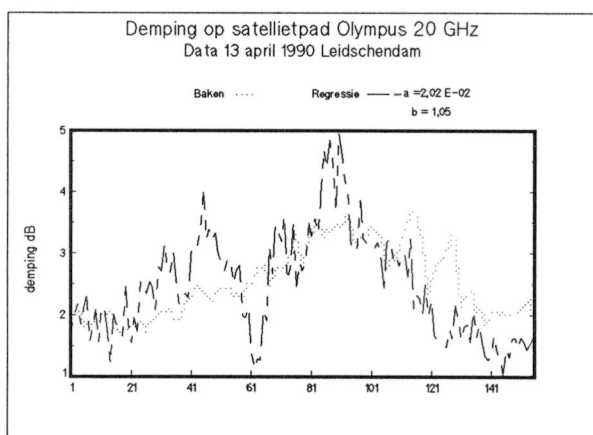
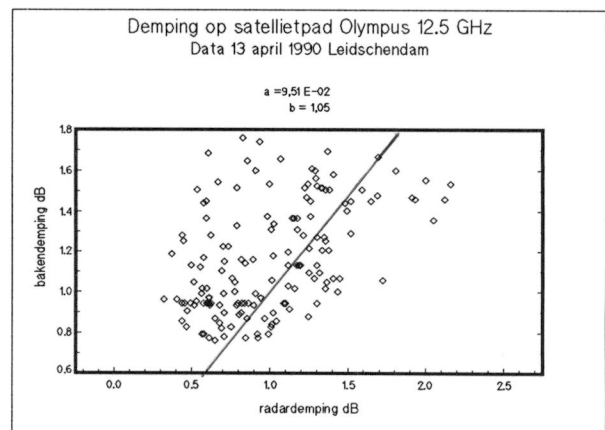
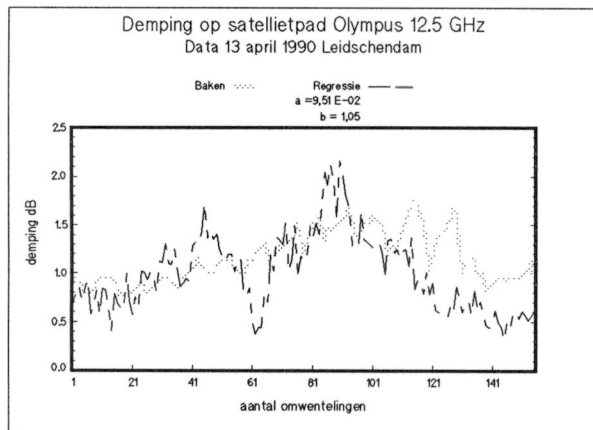
figuur 4.16e Demping ontvangers vs. demping voorspeld m.b.v. radar op 12,5
20 en 30 GHz. 3 april 1990 REGRESSIE DELFT



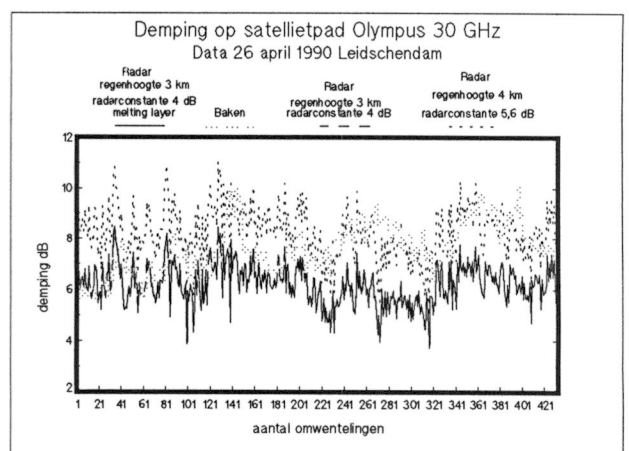
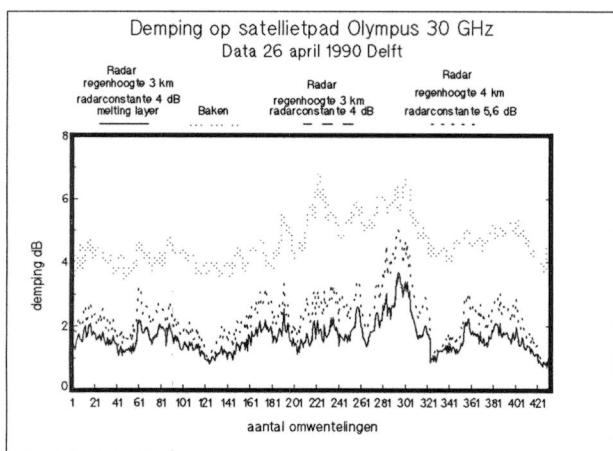
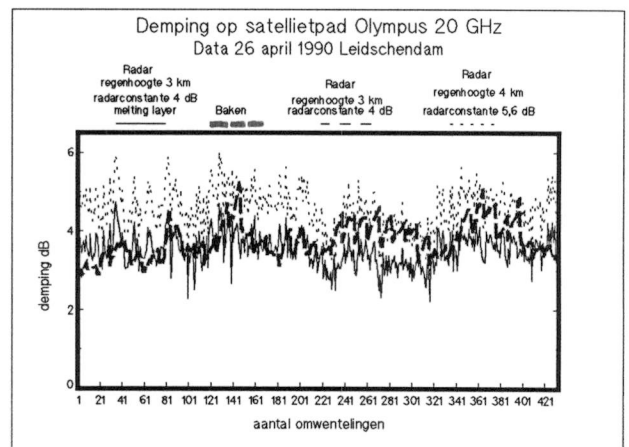
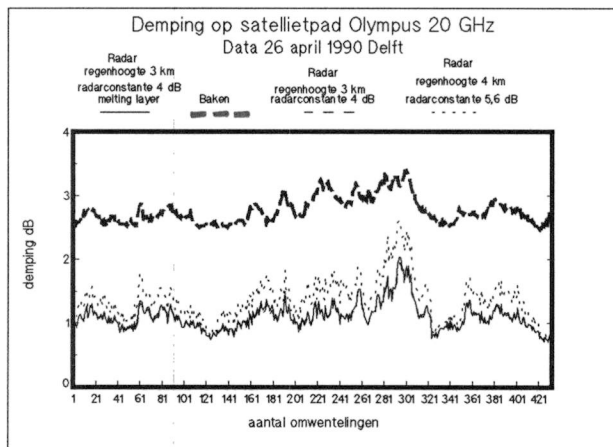
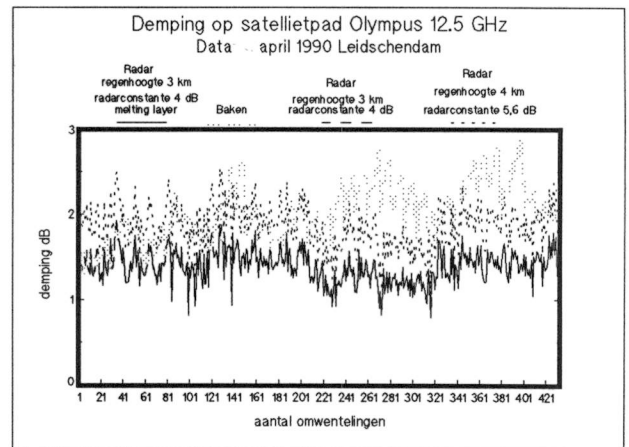
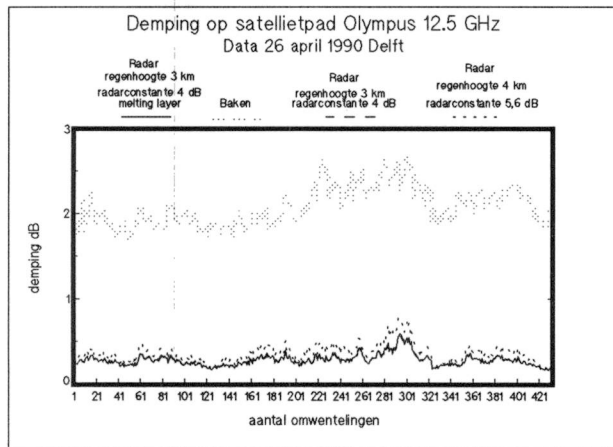
figuur 4.16f Demping satellietbaken vs. Radardemping voor verschillende omstandigheden op 12,5, 20 en 30 GHz. 13 april 1990



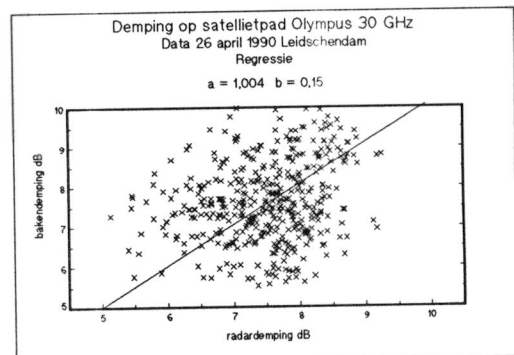
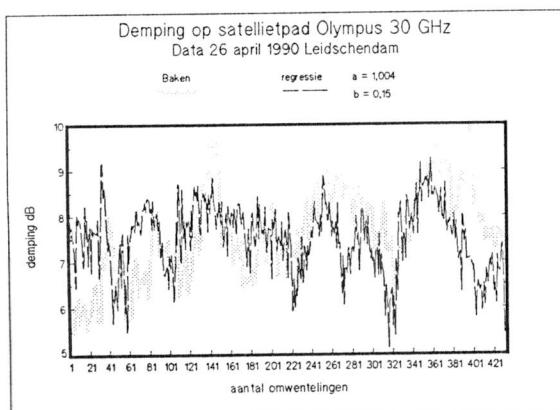
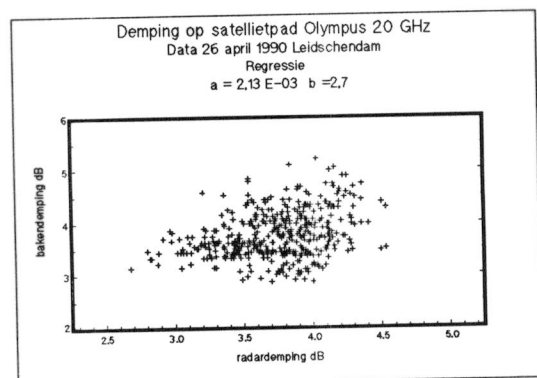
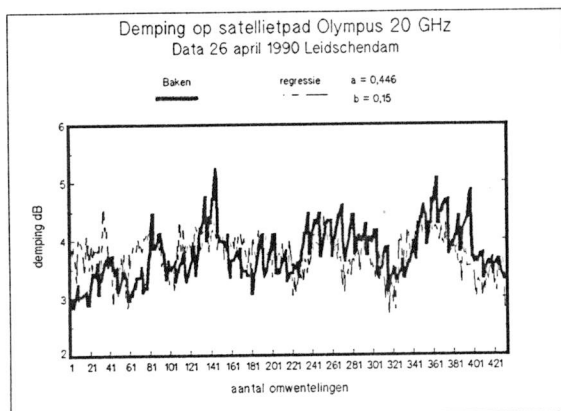
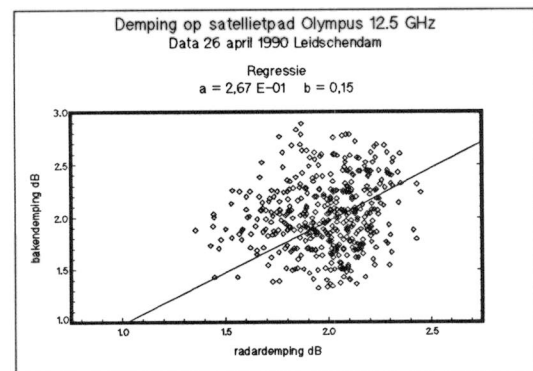
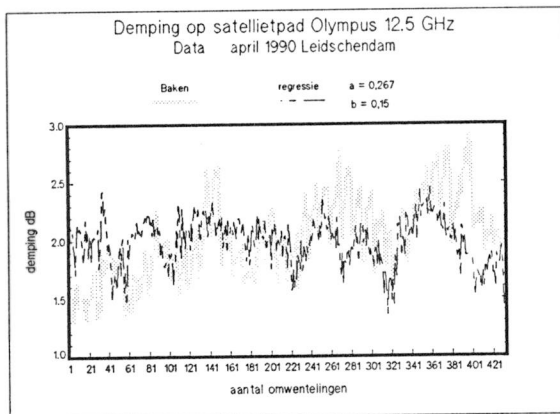
figuur 4.16g Demping satellietbaken vs. radardemping inclusief de melting layer voor 30 GHz. 13 april 1990



figuur 4.16h Demping ontvangers vs. demping voorspeld m.b.v. radar op 12,5
20 en 30 GHz. 13 april 1990. REGRESSIE LEIDSCHENDAM



figuur 4.16i Demping satellietbaken vs. Radardemping voor verschillende omstandigheden op 12,5, 20 en 30 GHz. 26 april 1990



figuur 4.16j Demping ontvangers vs. demping voorspeld m.b.v. radar op 12,5
20 en 30 GHz. 26 april 1990 REGRESSIE LEIDSCHENDAM

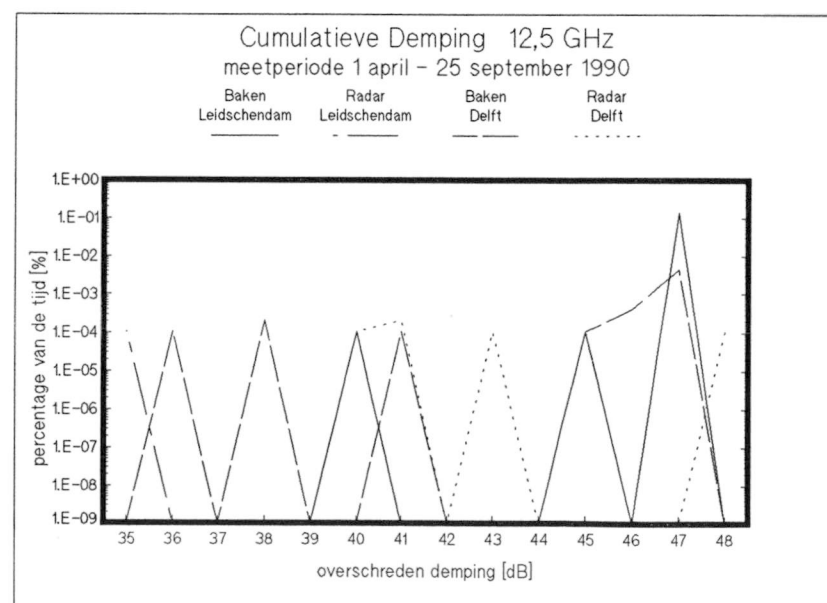
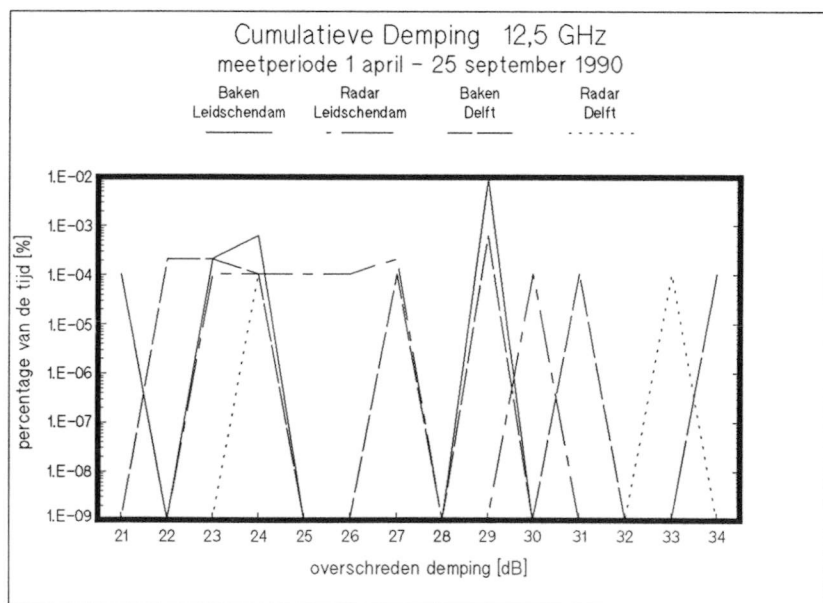
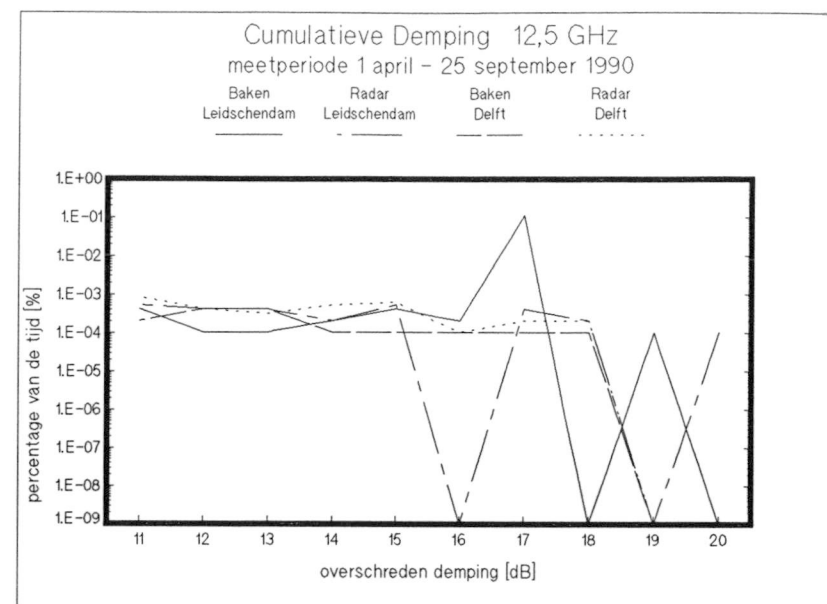
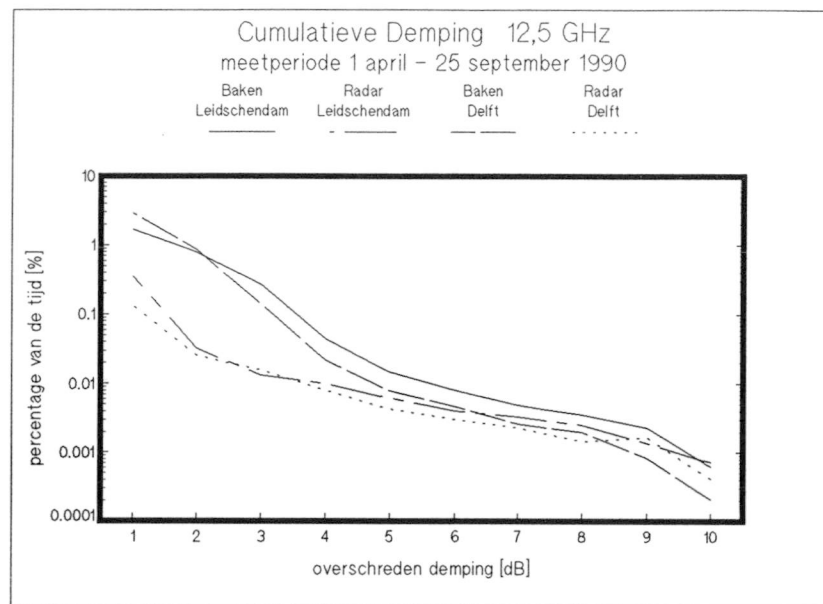
In figuur 4.17a t/m figuur 4.17c staan de cumulatieve dempingen weergegeven tot en met 48 dB, voor zowel 12,5, 20 en 30 GHz zoals die geregistreerd zijn door de satellietbakenontvangers/radiometers in Delft en Leidschendam en voor de hiermee corresponderende demping geregistreerd met de radar volgens bovenstaand model (regenhoogte 3 kilometer, verticale polarisatie, radarcalibratieconstante 6 dB, inclusief de demping ten gevolge van gassen en de 'melting layer'). De meetperiode strekt zich uit van 1 april 1990 tot en met 25 september 1990.

12,5 GHz: Voor de dempingsklassen van ongeveer 5 dB tot ongeveer 15 dB kunnen we constateren dat voor de dempingscurves op beide geanalyseerde locaties (Leidschendam en Delft) de radar en het baken vrijwel met elkaar overeenkomen in tegenstelling tot de dempingsklassen van 1 tot 5 dB. Voor de dempingen groter dan 18 dB zijn geen uitspraken te doen omdat enkele dempingswaarden gedurende de meetperiode nog niet zijn voorgekomen. Dit verklaart ook de dips in de curves (deze gaan dan naar 0 % (logaritmisch is voor deze waarde $1E-09$ % gekozen). Statistisch gezien moeten de krommen echter een dalende tendens vertonen naarmate de demping toeneemt.

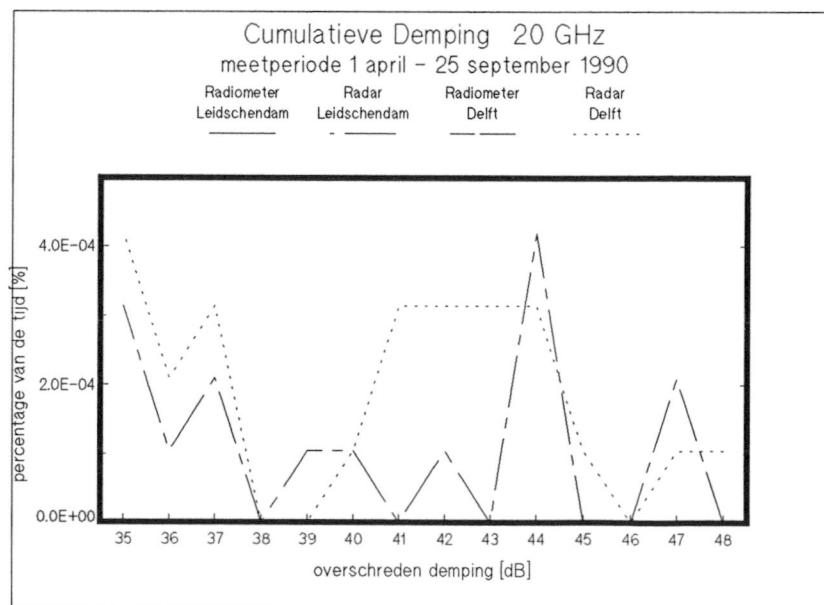
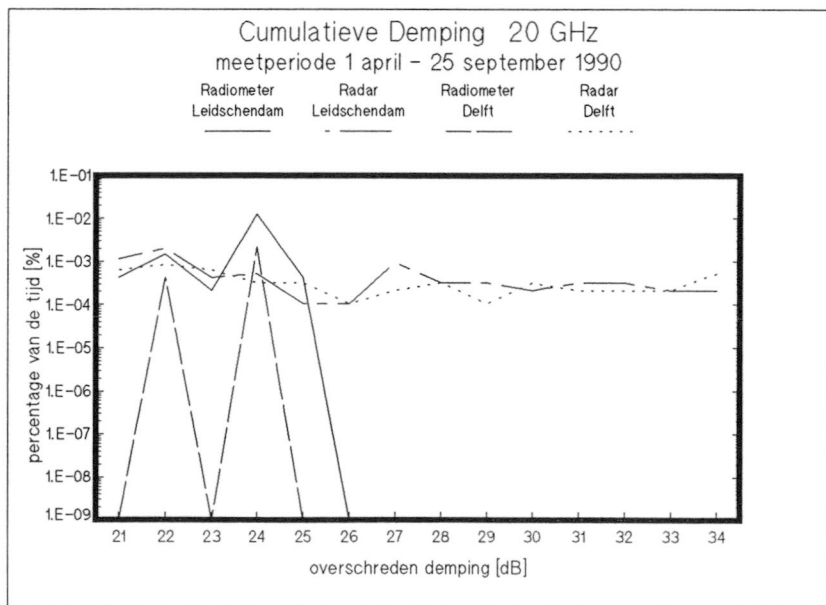
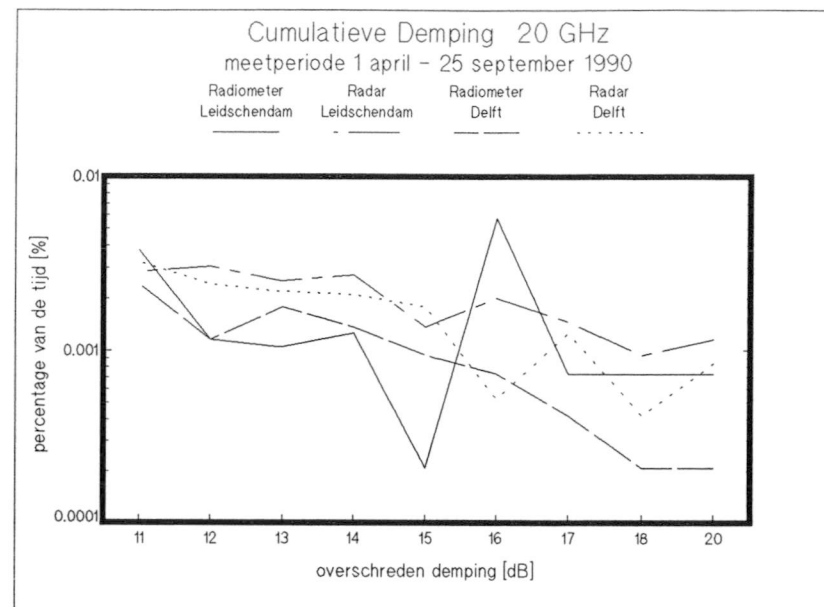
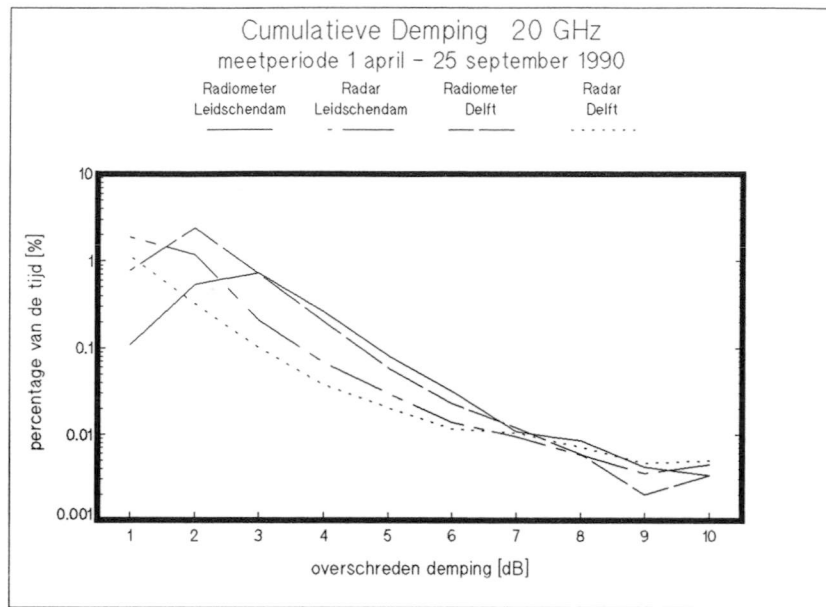
20 GHz: Voor 20 GHz geldt hetzelfde als voor 12,5 GHz, namelijk dat ook hier de radarcurve en de radiometercurve van 7 dB tot ongeveer 11 dB met elkaar in overeenstemming zijn en dat voor de eerste 6 dB de radarkrommen onder de radiometerkromme ligt. Na 11 dB liggen de radarcures boven de radiometercurves en wel tot ongeveer 25 dB. In feite komen de radiometercurve van Delft en de radardempingskromme in Delft tot ongeveer 38 dB aardig overeen. Zie dat de radiometer in Leidschendam in de meetperiode geen dempingen groter dan 25 dB heeft geregistreerd, terwijl de radiometer in Delft dit duidelijk wel heeft, wat kan duiden op het niet goed werken van de radiometer in Leidschendam. De radiometer Leidschendam is wordt dan ook vanaf 2 augustus niet meer geregistreerd vanwege een defect.

30 GHz: Tot ongeveer 4 dB zijn de dempingscurves van de radar en het baken in Leidschendam redelijk met elkaar in overeenstemming. Voor Delft is er tot 17 dB een duidelijk verschil tussen radar en

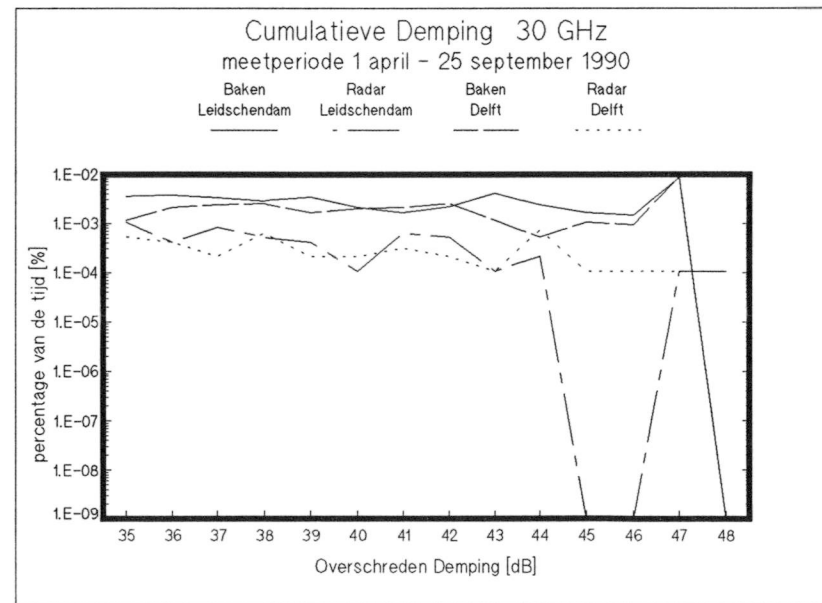
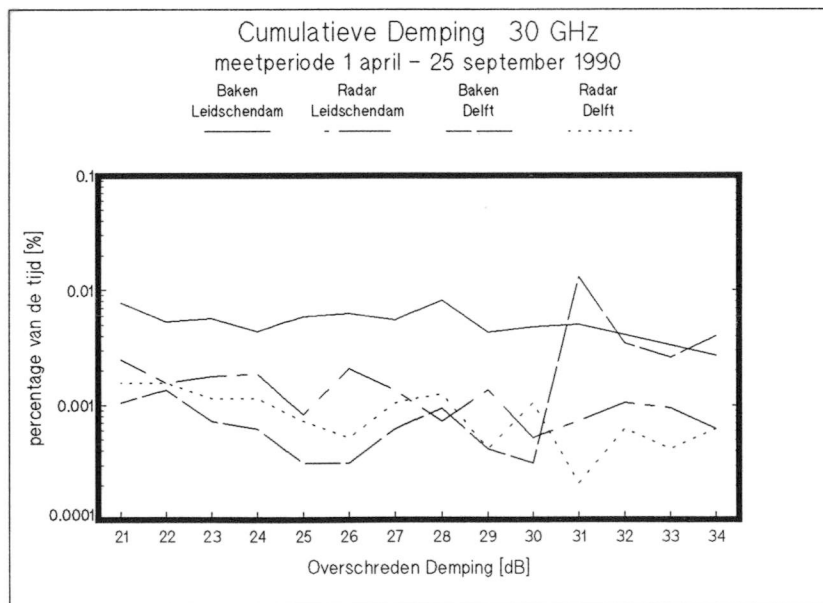
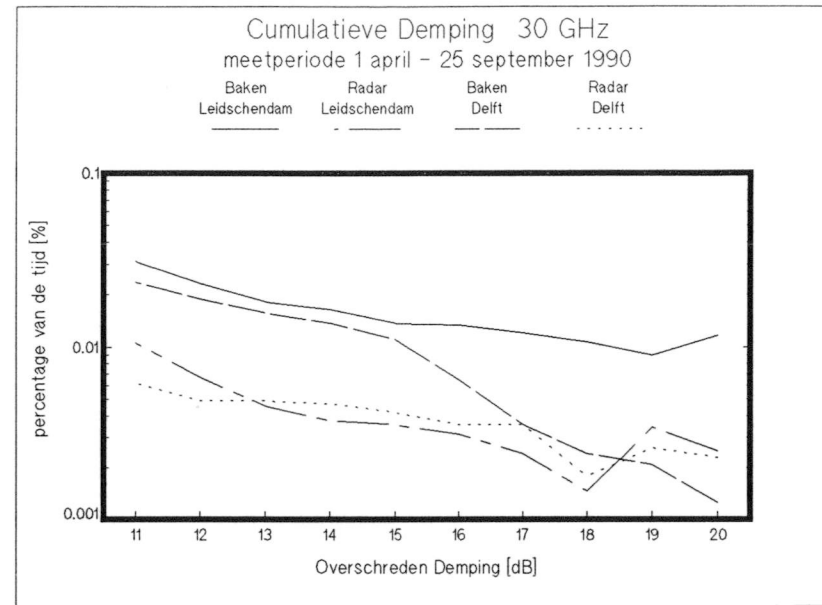
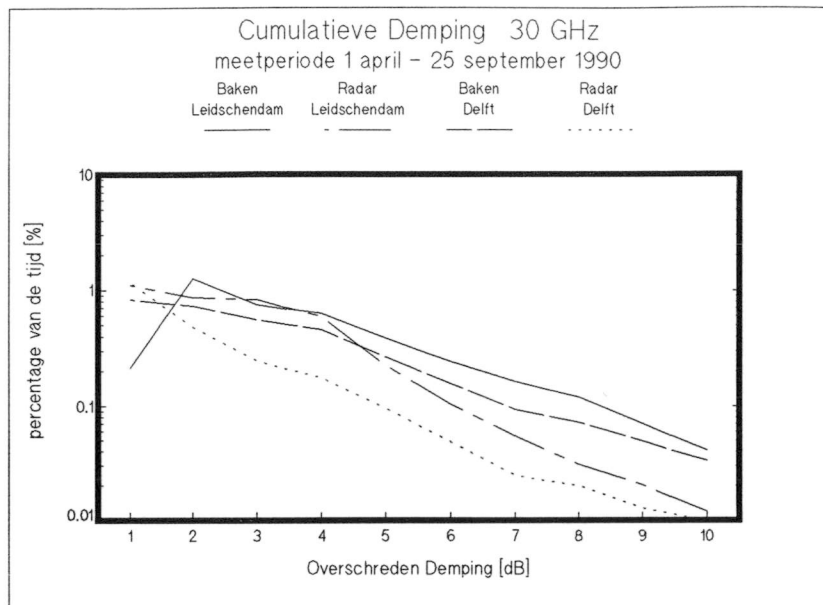
baken. Dit komt mede door het feit dat voor Delft de radarcalibratieconstante van 6 dB is gebruikt in plaats van de berekende 10 dB. Daarna duikt de bakenkromme van Delft sterk naar beneden en valt tot ongeveer 30 dB samen met de radarkromme. Voor dempingen hoger dan 35 dB liggen de bakencurves een constante waarde (ongeveer 0,01%) boven de radarcuurves voor zowel Delft als Leidschendam.



figuur 4.17a Cumulatieve damping voor de satellietpaden naar Delft en Leidschendam voor zowel de satellietbakenontvanger als de radar 12,5 GHz.



figuur 4.17b Cumulatieve damping voor de satellietpaden naar Delft en Leidschendam voor zowel de radiometer als de radar 20 GHz.



figuur 4.17c Cumulatieve damping voor de satellietpaden naar Delft en Leidschendam voor zowel de satellietbakenontvanger als de radar 30 GHz.

5. 'SITE DIVERSITY' IN HET DOOR DE RONDZOEKRADAR BESTREKEN GEBIED

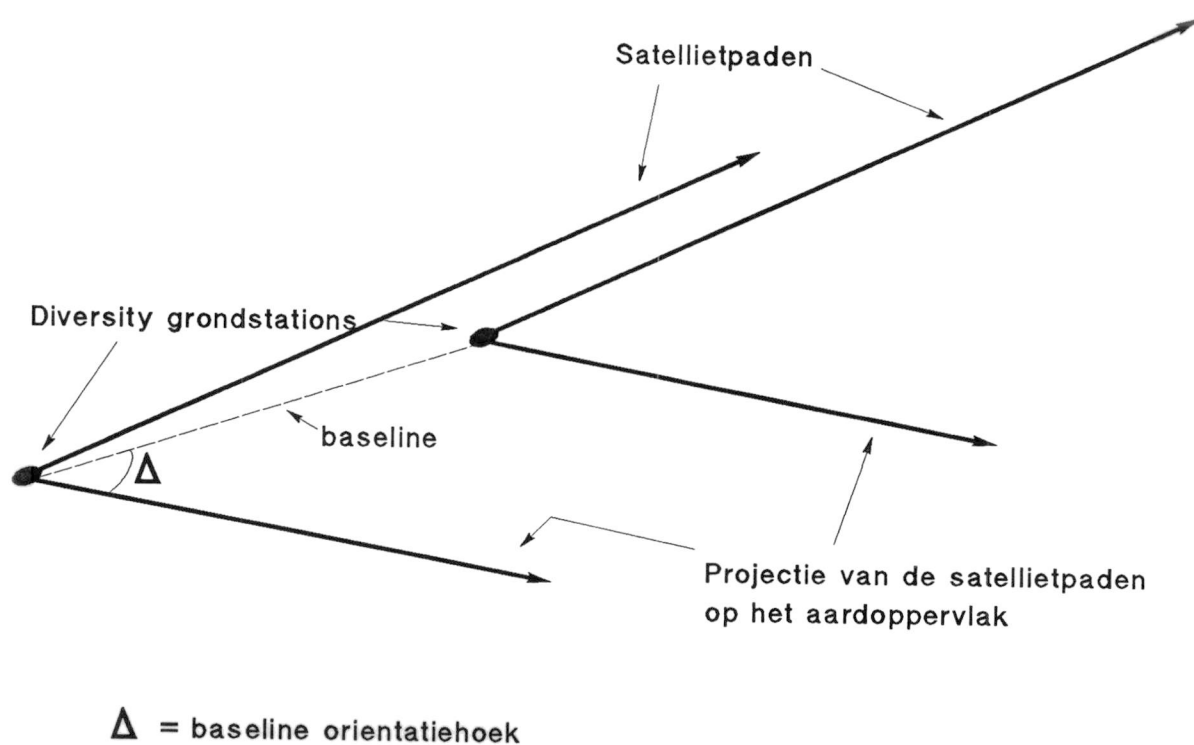
5.1 Inleiding

Door het gebruik van de frequentiebanden op 20 en 30 GHz zal de beschikbare capaciteit op een satellietverbinding toenemen, maar is het gevaar aanwezig dat de verbinding vaker uitvalt door hevige regenval dan in de lagere frequentiebanden (4/6 GHz).

Het is gebleken dat de site-diversitymethode een bruikbare en in sommige gevallen een noodzakelijke techniek is om een redelijke betrouwbaarheid te waarborgen van een satellietverbinding voor frequenties boven 10 GHz. Ze maakt gebruik van het feit dat zware regenbuien een lokaal karakter hebben. Vanwege dit lokale karakter is het mogelijk om deze regenbuien te omzeilen door van twee (of meer) ontvangststations gebruik te maken. Deze ontvangststations plaatst men dan zo dat de waarschijnlijkheid van optreden van regendemping op beide satellietpaden tegelijk duidelijk kleiner is dan de waarschijnlijkheid van optreden van regendemping op elk individueel satellietpad afzonderlijk. Wanneer de demping op het ene pad groter is dan op het andere pad schakelt men over naar het pad met de minste demping. Omdat er nog geen echt theoretisch model voor deze methode bestaat is er een empirisch model ontwikkeld door Hodge [10]. Dit model wordt in de volgende paragraaf beschreven en kan in een later stadium van het project getoetst worden aan de praktijk.

5.2 Het Site-Diversity model volgens Hodge

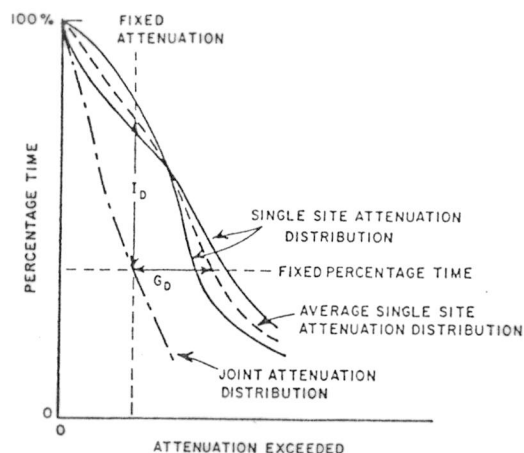
De 'diversity-gain' G_D is een maat voor de reductie in demping bij een gekozen percentage van de tijd ten gevolge van het selecteren van het grootste van de twee signalen die ontvangen worden door twee in afstand gescheiden satellietbakens. Het model geeft de diversity gain als functie van de afstand tussen de twee grondstations, de frequentie, de elevatiehoek, en de hoek tussen de baseline (de denkbeeldige lijn die twee grondstations met elkaar verbindt) en de projectie van het satellietpad op het aardoppervlak (figuur 5.1).



figuur 5.1 diversity configuratie.

De diversity gain is het meest afhankelijk van de afstand tussen de twee grondstations. De afhankelijkheid ten gevolge van de frequentie is klein maar significant. Een duidelijke afhankelijkheid van de baseline-orientatie is niet gevonden.

Om deze diversity-gain te bepalen is het eerst nodig om de gemiddelde 'single site' demping voor elk vast percentage van de tijd te weten. Een hypothetisch voorbeeld is gegeven in figuur 5.2.



figuur 5.2 De diversity gain.

De 'diversity gain' is dan het verschil tussen de gemiddelde 'single site' demping en de 'diversity' ('joint') demping voor elk vast percentage van de tijd. Omdat de gemiddelde 'single site' dempingsverdeling een unieke relatie vastlegt tussen demping en tijdspercentage, kan de 'diversity gain' zowel als een functie van de gemiddelde 'single site' demping of van het tijdspercentage gezien worden. De eerste is algemeen aanvaard als de meest bruikbare. Een andere parameter die bruikbaar kan zijn is de diversity verbetering I_D . Theoretisch zijn deze twee benaderingen gelijk als ideale datasets gebruikt worden.

Het model van Hodge [10] geeft de volgende formule voor de diversity gain G_D :

$$G_D = G_d G_f G_\beta G_\Delta \quad [\text{dB}] \quad (5-1)$$

Hierina zullen de verschillende termen waaruit de diversity gain G_D is opgebouwd nader bekeken worden.

Als eerste vinden we de afstandsafhankelijkheid tussen de grondstations, uitgedrukt in de volgende experimenteel gevonden formule:

$$G_d = a' (1 - e^{-b'd}) \quad (5-2)$$

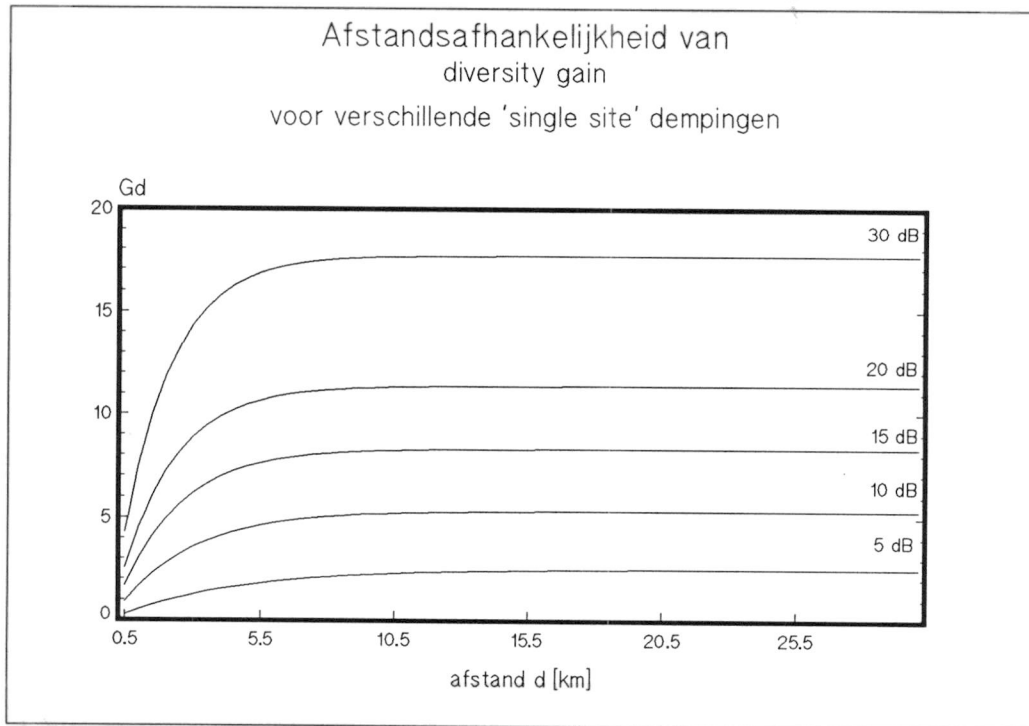
Hierin is d de afstand tussen de grondstations in kilometers. De coëfficiënten a' en b' worden gegeven door de volgende relaties:

$$a' = 0,64 A - 1,6 (1 - e^{-0,11 A}) \quad (5-3)$$

$$b' = 0,585 (1 - e^{-0,098 A}) \quad (5-4)$$

Hierin is A de gemiddelde demping van het hoofdstation, uitgedrukt in decibels.

In figuur 5.3 is deze afstandsafhankelijkheid weergegeven voor verschillende dempingen van het hoofdstation.

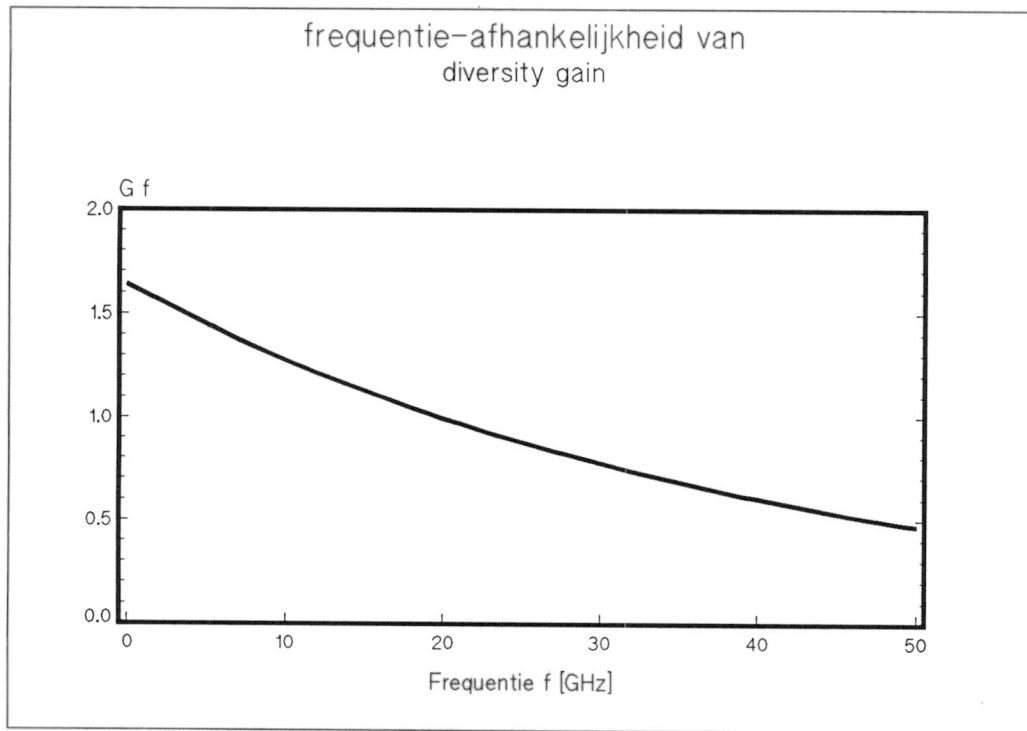


figuur 5.3 Afstandsafhankelijkheid van de diversity gain.

De frequentie-afhankelijkheid wordt gegeven door:

$$G_f = 1,64 e^{-0,025 f} \quad (5-5)$$

Hierin is f de frequentie in Gigahertz. We zien uit deze uitdrukking dat de frequentie-afhankelijkheid niet erg groot is en afneemt voor toenemende frequentie (zie figuur 5.4).

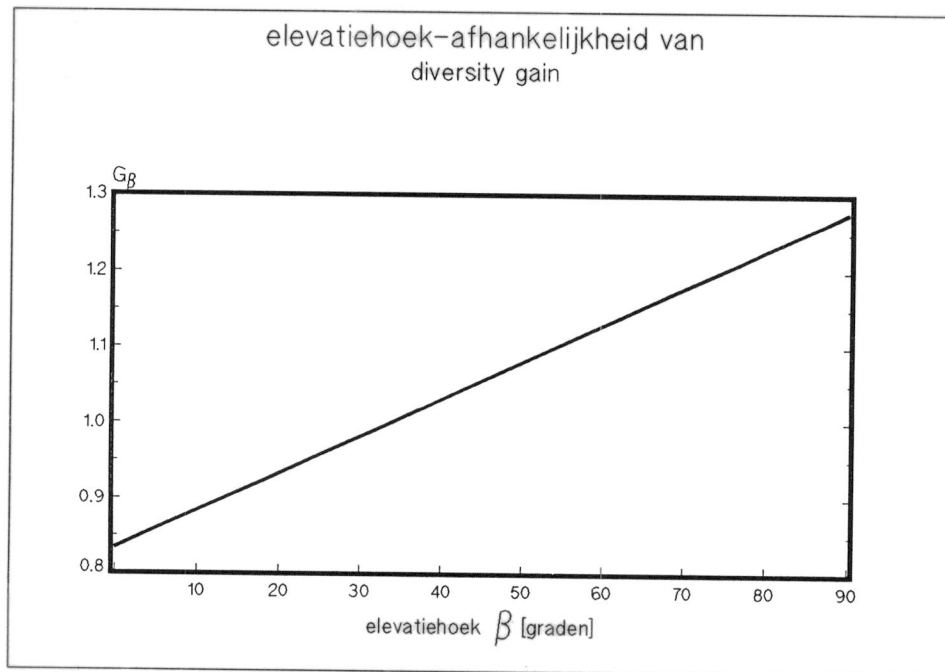


figuur 5.4 Frequentieafhankelijkheid van de diversity gain.

De elevatiehoekafhankelijkheid wordt gegeven door:

$$G_{\beta} = 0,00492 \beta + 0,834 \quad (5-6)$$

De elevatiehoek β wordt uitgedrukt in graden. We zien een zeer geleidelijk oplopende elevatiehoekafhankelijkheid voor toenemende elevatiehoek (zie figuur 5.5).

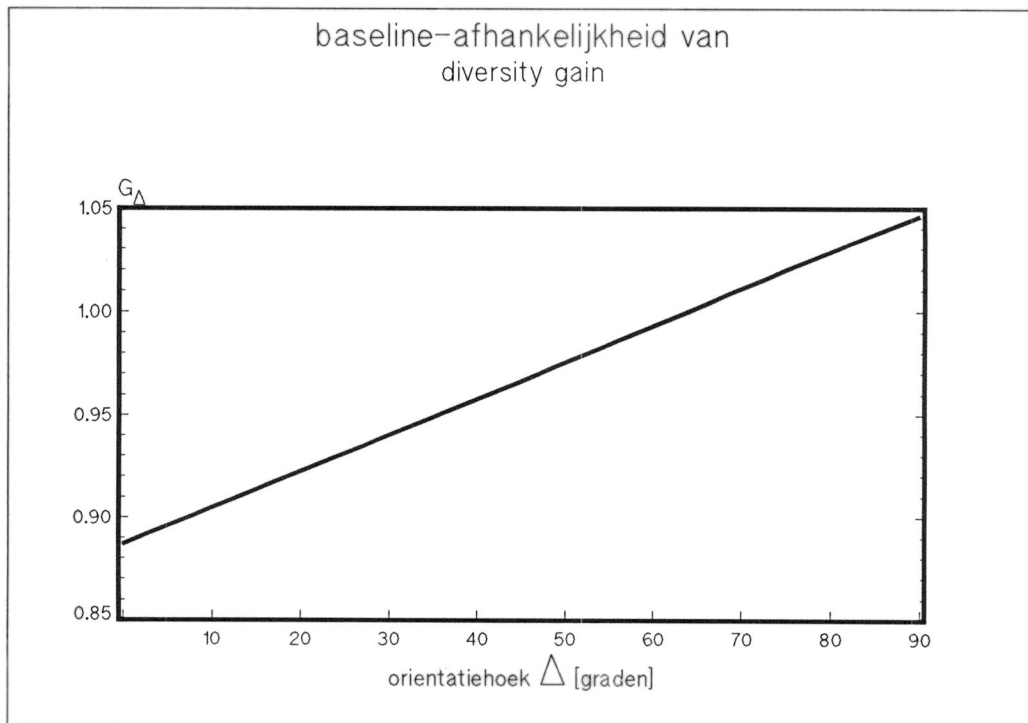


figuur 5.5 Elevatiehoekafhankelijkheid van de diversity gain.

Als laatste vinden we een uitdrukking voor de baseline-orientatie (de lijn die de twee grondstations verbindt) ten opzichte van het propagatiepad:

$$G_\Delta = 0,00177 \Delta + 0,887 \quad (5-7)$$

Hierin is Δ de hoek tussen de base-line en de horizontale projectie van het propagatiepad uitgedrukt in graden (figuur 5.6).



figuur 5.6 Baseline-orientatie-afhankelijkheid van de diversity gain.

Het model geeft een rms fout van ongeveer 0,73 dB [10]. Hiermee geeft dit model een goede benadering van de diversity gain.

5.3 Site Diversity statistieken

In figuur 5.7a t/m figuur 5.7c is de cumulatieve statistiek gegeven van de diversity performance met Leidschendam als hoofdbaken en Delft als hulpbaken. Voor dezelfde locaties is deze diversity performance uitgevoerd met behulp van de radar. De frequenties zijn 12,5, 20 en 30 GHz. De regenhoogte is 3 kilometer, de radarconstante 6 dB en de polarisatie verticaal. Tevens is de 'melting layer' in de berekening meegenomen. In de grafieken zijn de cumulatieve hoofdbaken-/radardemping uitgezet tegen de 'diversity'-demping waardoor de verbetering ten gevolge van het toepassen van de 'site diversity'-techniek te bepalen is. Ook hier vallen voor dempingen groter dan 26 dB

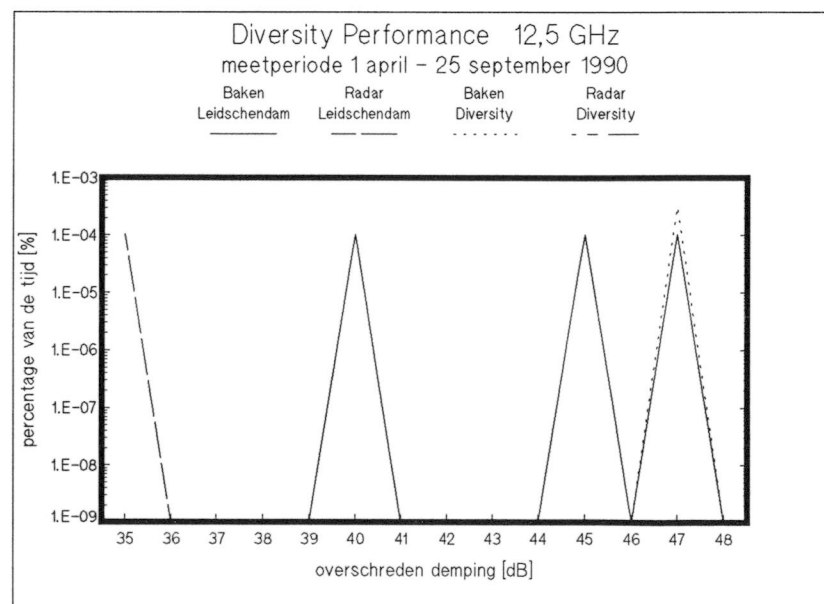
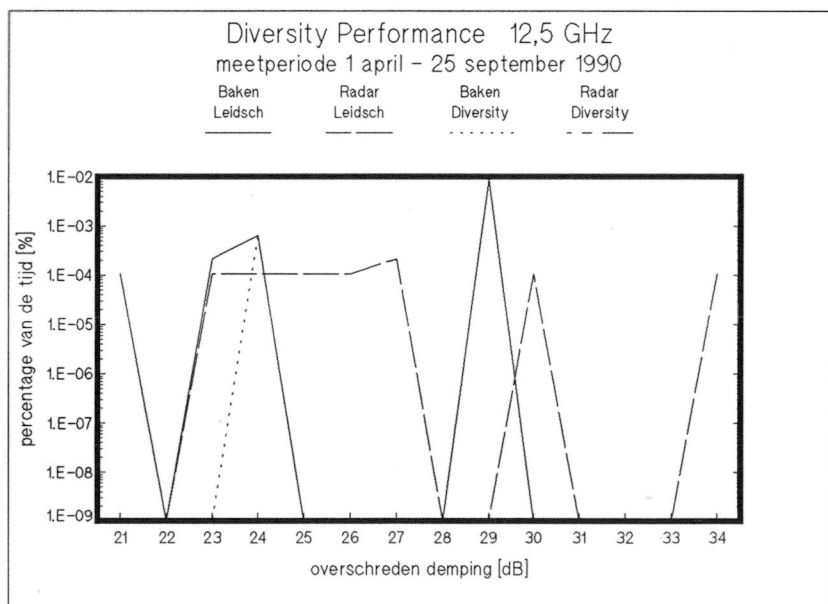
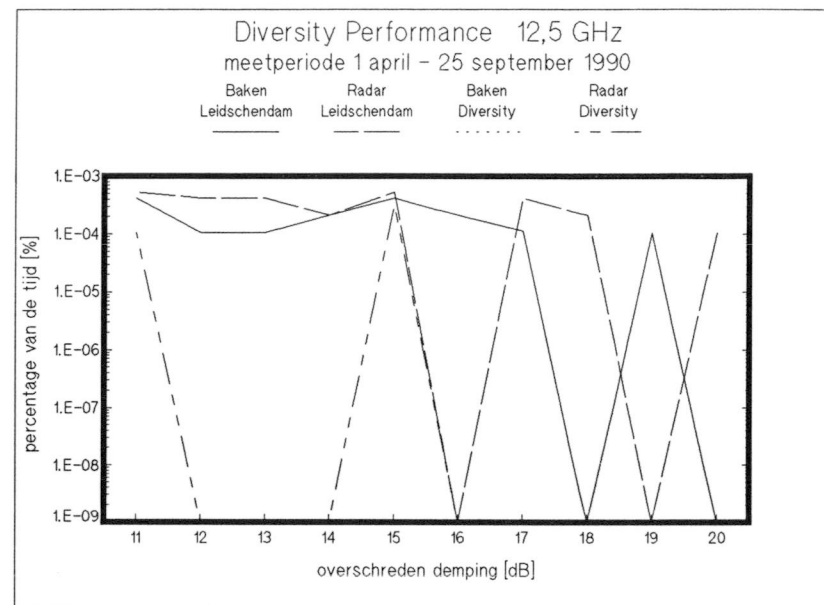
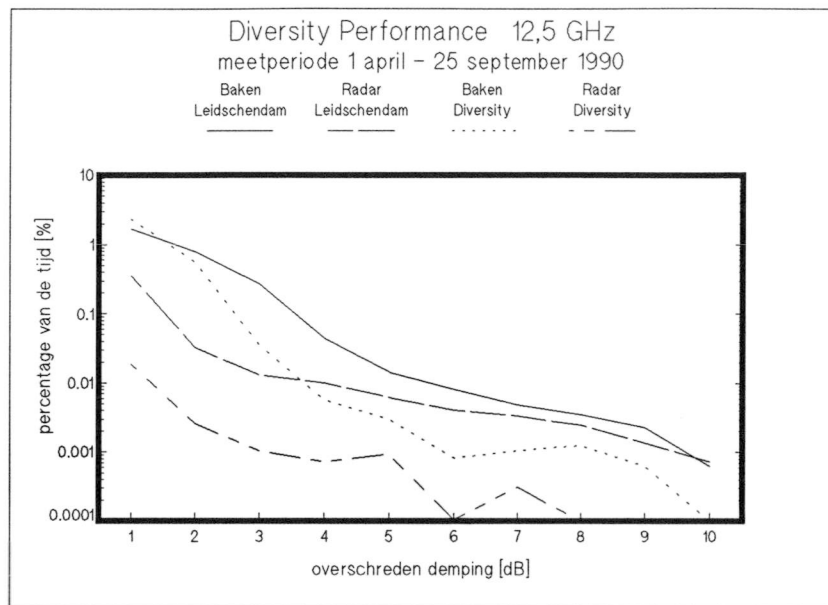
hiaten in de statistiek vanwege het niet voorkomen van een bepaalde demping. Statistisch gezien moeten de lijnen echter een dalende tendens vertonen.

12,5 GHz: Dempingen groter dan 26 dB zijn bijna niet voorgekomen. De optredende pieken in de figuren zijn afkomstig van het feit dat de y-as logaritmisch is weergegeven en er een waarde van $1E-09$ % is opgegeven als de waarde 0 voorkomt (d.w.z. de demping komt niet voor; $\log 0$ is niet gedefinieerd). Statistisch gezien dienen er echter geen 'dips' in de curves voor te komen, maar dienen ze bij toenemende demping een dalend verloop te hebben. Dat er toch 'dips' voorkomen is te wijten aan de korte meetperiode waardoor nog niet alle mogelijk voorkomende dempingen zijn geregistreerd. Tussen de bakendiversity-kromme en de radardiversity-kromme is er een verschil aanwezig. Omdat de cumulatieve dempingen voor de locatie in Leidschendam voor de dempingen van 5 tot 10 dB voor zowel de radar als het baken vrij goed overeenkomen is de bereikte 'diversity gain' in de dempingsklasse van 1 tot 10 dB verschillend voor baken en radar. Voor bijvoorbeeld $1E-03$ % van de tijd (dempingsklassen van 1 tot 10 dB) geeft de radar een 'diversity-gain' aan van ongeveer $4,5 - 1,2 = 3,3$ dB. De bakens geven hier een 'diversity-gain' van ongeveer $6 - 3,8 = 2,2$ dB. In de figuur die de diversity performance aangeeft voor dempingsklasse van 35 tot 48 dB treden voor sommige dempingen hoge tijdspercentages op. Deze optredende tijdspercentages kunnen veroorzaakt zijn door defecten aan het baken.

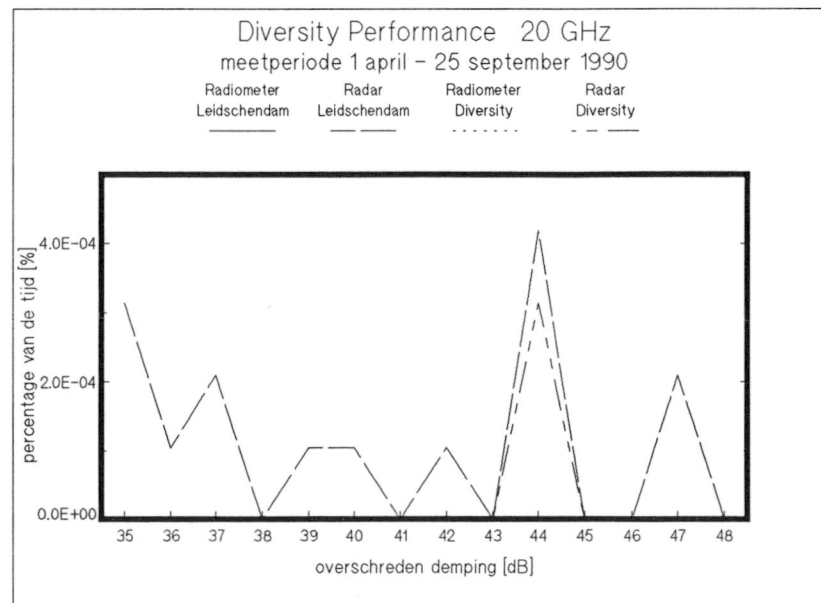
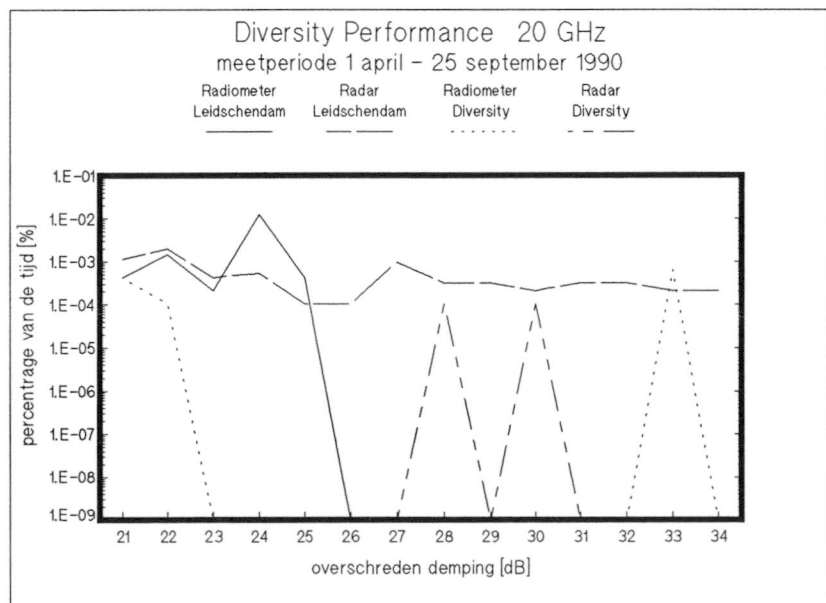
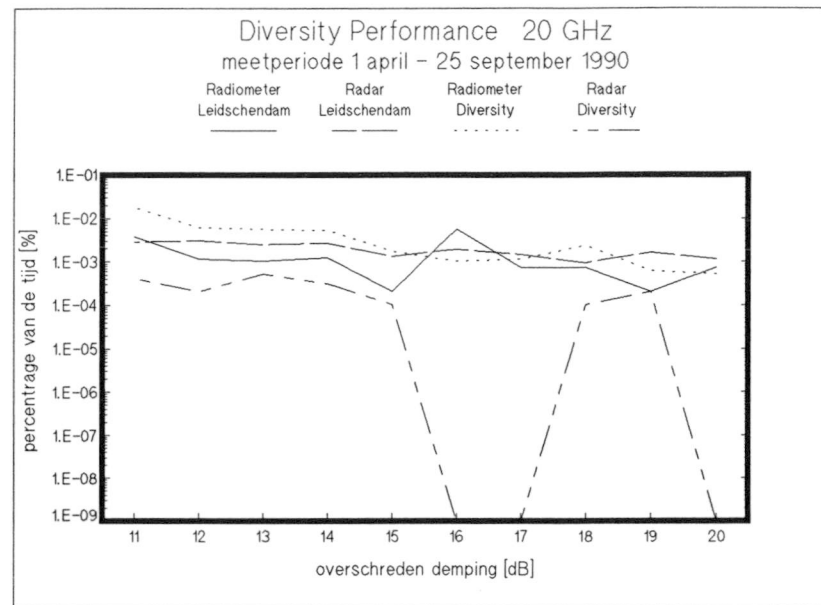
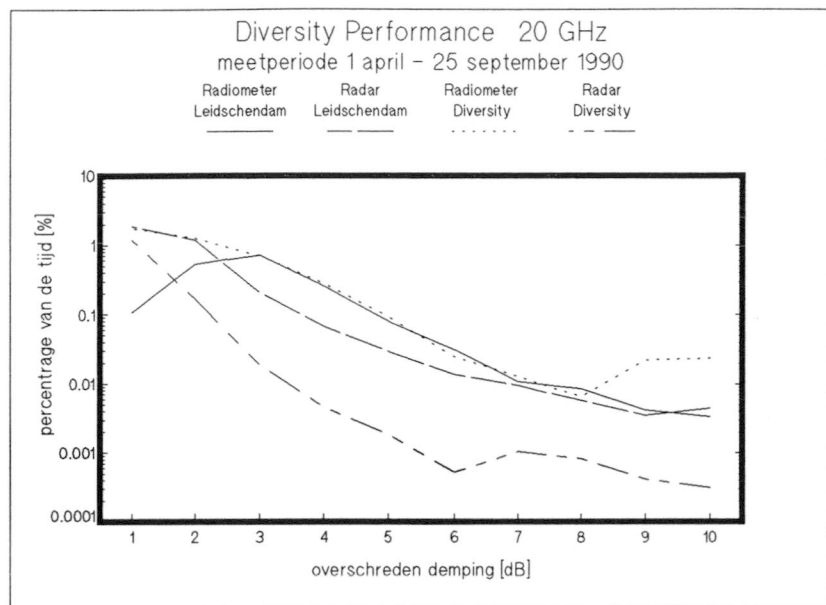
20 GHz: De cumulatieve dempingscurve van de radiometer in Leidschendam ligt af en toe onder de radiometerdiversity-lijn (vooral in de figuur die de diversity-performance in de dempingsklasse van 11 tot 20 dB weergeeft). Dit kan niet omdat de diversity dempingscurve alleen onder of hoogstens op de radiometercurve kan liggen. De diversity-gain voor bijvoorbeeld 0,1% van de tijd bij de dempingsklassen tot 10 dB is voor de bakens gelijk aan $5 - 5 = 0$ dB en voor de radar gelijk aan ongeveer $3,9 - 2,2 = 1,7$

dB. Een ander opmerkelijk feit is dat voor de dempingsklassen groter dan 26 dB de radiometer aangeeft dat dempingen groter dan 26 dB niet zijn voorgekomen terwijl de radar wel degelijk dempingen tot zelfs 47 dB registreert.

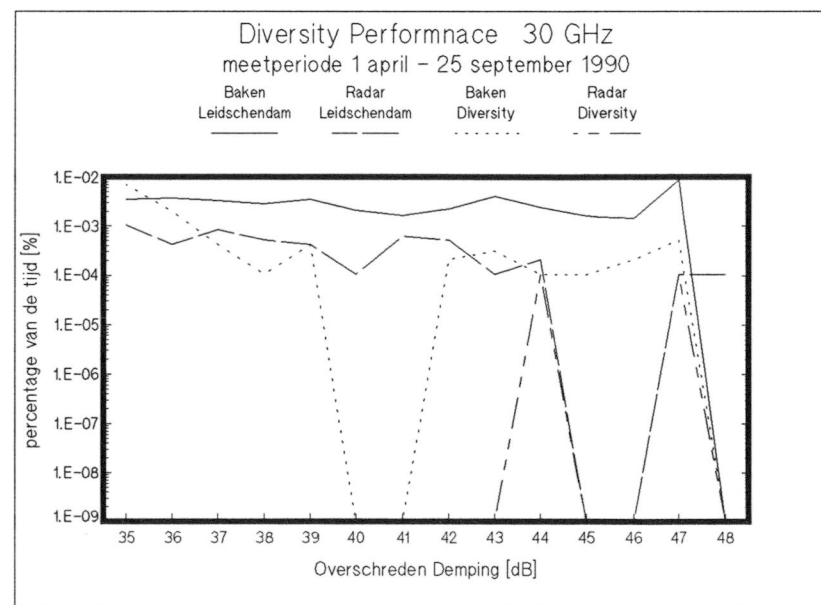
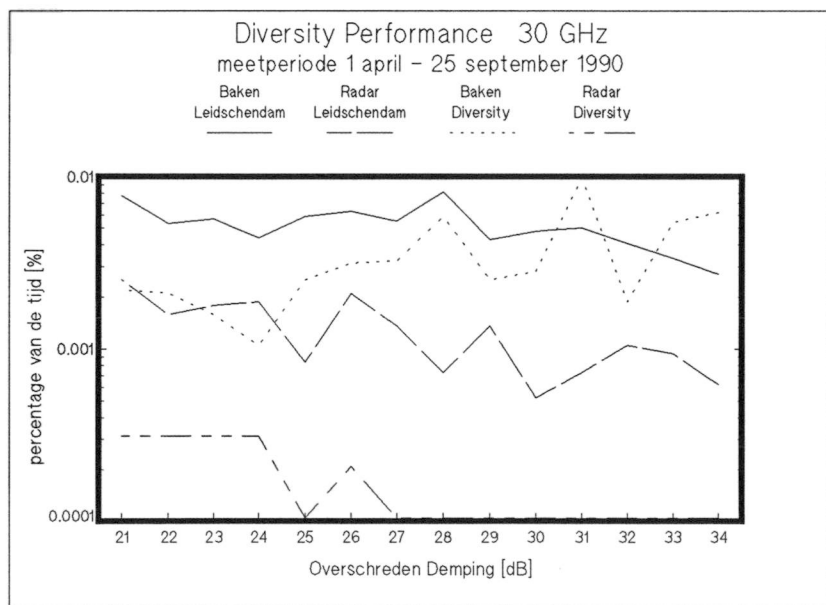
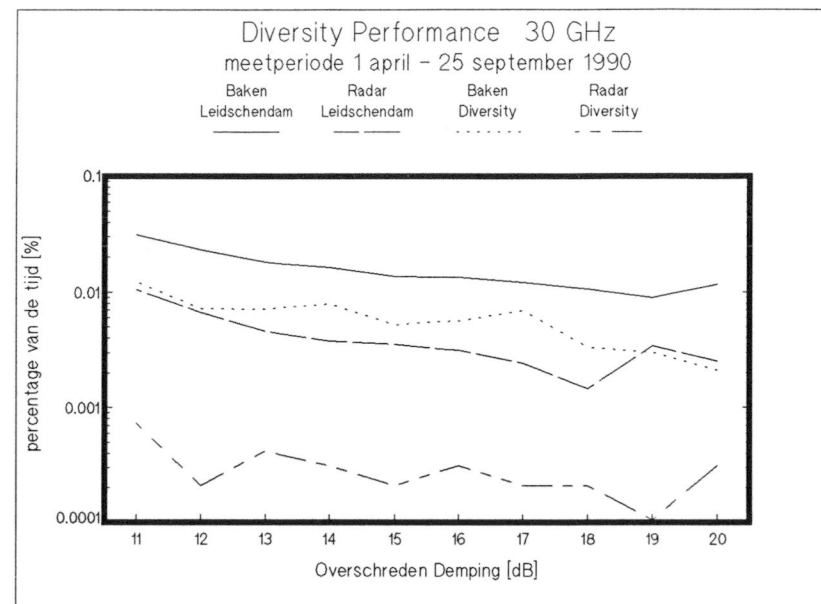
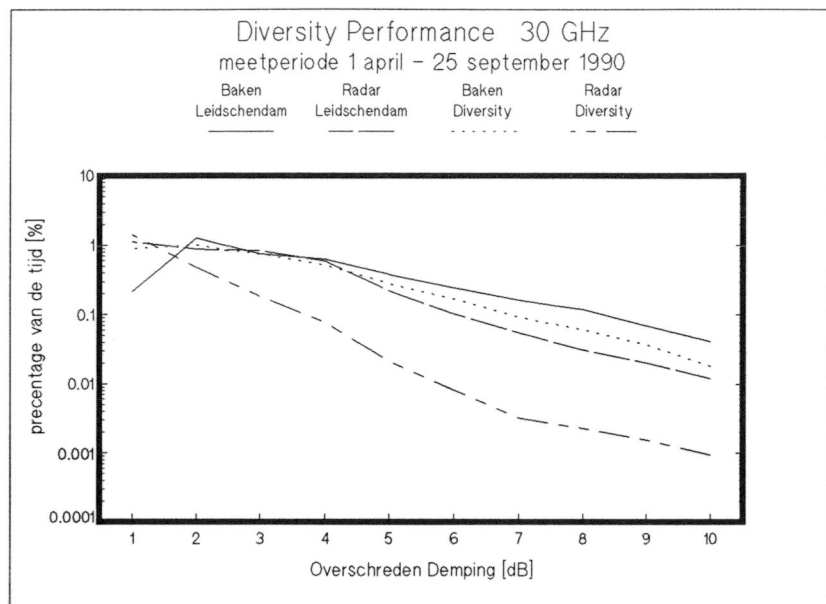
30 GHz: De bakendiversity-kromme loopt gelijk met de 'single site' bakenkromme tot dempingen van ongeveer 10 dB. Hier is de verbetering in de satellietverbindingsperformance ten gevolge van het toepassen van de 'site diversity'-techniek niet significant waarneembaar. Een duidelijke verbetering begint pas op te treden na 11 dB. Voor bijvoorbeeld 0,01 % van de tijd is de 'single-site' bakendemping ongeveer 19 dB. In de 'site diversity' configuratie wordt de voor dit tijdspercentage optredende demping ongeveer 11 dB. Een vermindering in paddemping van 8 dB. Voor de radar is de verbetering ten gevolge van het toepassen van de 'site diversity'-techniek al wel in de eerste 10 dB te noteren. Voor de dempingsklassen tot 10 dB is voor bijvoorbeeld 0,1 % van de tijd de diversity-gain die door de radar wordt geregistreerd gelijk aan $6,3 - 4 = 2,3$ dB. Ook hier dus voor lagere dempingen een grotere winst in de 'diversity performance' voor de radar ten opzichte van het baken. Dit komt weer omdat in de directe nabijheid van de radar eigenlijk een radarconstante van 10 dB geldt in plaats van de gebruikte 6 dB waardoor de berekende gegevens dichtbij de radar niet overeenstemmen met de werkelijkheid.



figuur 5.7a Diversity performance Radar-Satellietbaken: 12,5 GHz.



figuur 5.7b Diversity performance Radar-Radiometer: 20 GHz.



figuur 5.7c Diversity performance Radar-Satellietbaken: 30 GHz.

6. CONCLUSIES EN AANBEVELINGEN

Het is met een FM-CW radar zoals die in Delft wordt gebruikt voor onderzoek aan de atmosfeer goed mogelijk om de intensiteit en plaats van de optredende regenbuien in het radargebied te bepalen. Ook is het mogelijk om binnen redelijke marges en met eventueel gebruik van een niet-lineaire regressietechniek de demping op een satellietpad met behulp van radargegevens te kunnen voorspellen.

Hiertoe moet eerst het radarsysteem gecalibreerd worden. Bij de bepaling van de radarcalibratieconstante blijkt dat de regenmeter in Delft niet bruikbaar is. Er werd gevonden dat er een verschil bestaat van 10 dB tussen de radarregistratie en de regenmeterregistratie. Een foutenanalyse naar de mogelijke oorzaak van dit grote verschil gaf geen deficiëntie te zien in de clutteronderdrukking (tevens is de cluttervariatie ter plekke van de regenmeter in Delft niet zo groot dat deze wezenlijk bijdraagt in de fout), de ruis, zendvermogen, belichters en de ontvangstketen. Een discrepantie ontstaat wel door de onnauwkeurigheden in de registratie van de regenmeter (door random en instrumentele fouten, kleinere gevoeligheid dan de radar), veranderingen in de druppelverdeling (die zich manifesteren in andere waarden voor de regenbuiparameters c en d) en de vorming van een neerslagfilm op de radome tijdens regen.

Voor een nauwkeurigere calibratie bleek de regenmeter in Zoetermeer beter geschikt te zijn. De regenmeter is gesitueerd in een open landschap. De bij Zoetermeer gevonden gemiddelde radarcalibratieconstante van 6 dB is te verklaren uit de halvering van het zendvermogen, windinvloeden, demping ten gevolge van de natte radomes en veranderingen in de druppelverdeling (we gaan in de berekeningen namelijk uit van constante waarden voor de a,b,c en d parameters voor elke bui. In feite zijn deze parameters bui-afhankelijk). Tevens kan men zich de volgende vragen stellen:

- antennegain van de Solidar-antenne's is gemeten zonder beschermende folie. Hoe groot verschilt dit van de antennegain als die wordt gemeten met de folie ?
- Hoe stabiel zijn de versterkerinstellingen van 20/40 dB ?

- Er is uitgegaan van een ruisgetal van 2,5 dB voor de Solidar ontvangers. Dit betekent dat we een ideale Zero-IF mixer veronderstellen. Nu is de fase draaiing niet ideaal waardoor dit ruisgetal wat hoger wordt. Het ruisniveau gaat hierdoor ook omhoog, waardoor de S/N verhouding kleiner wordt.

Dat de radarcalibratieconstante in Zoetermeer kleiner uitvalt dan in Delft is te wijten aan de overcompensatie voor de demping van het radarsignaal. Deze overcompensatie bleek bij de bui van 30 juni 1990. Door deze overcompensatie krijgen we als het ware een afstandsafhankelijke radarconstante.

Bij invoering van deze laatste radarcalibratieconstante van 6 dB blijkt er bij de vergelijking tussen de regenmeterkromme en de radarkromme voor de verschillende regenmeters een goede overeenkomst te bestaan (binnen aanvaardbare marges). Alleen voor de regenmeter bij TNO Delft blijkt er dikwijls een discrepantie op te treden vanwege het feit dat daar een gemiddelde radarcalibratieconstante van 10 dB berekend is, terwijl 6 dB wordt gebruikt.

Daarentegen is er bij de bepaling van de demping op het satellietpad met behulp van de radar Solidar nog steeds een discrepantie te constateren tussen radarmeting en bakenmeting. De correlatie tussen de radarkromme en de bakenkromme is wel in hoge mate aanwezig.

De demping ten gevolge van de 'melting layer' en de demping ten gevolge van de atmosferische gassen blijken niet te verwaarlozen factoren te zijn en moeten in de berekeningen worden meegenomen. Hierdoor wordt de discrepantie tussen radarmeting en bakenmeting kleiner.

Voeren we een regressie-analyse uit op de radardata voor de constanten a en b in de γ -R relatie, dan kunnen we de radardempingskromme op de bakendempingskromme brengen, maar de regressieconstanten a en b blijken dikwijls irreële waarden te hebben. Vooral voor de dempingsvoorspelling in Delft zijn deze waarden vaak niet reëel omdat de radarcalibratieconstante van 6 dB gebruikt is terwijl er een gemiddelde constante van 10 dB berekend is.

Ook voor de cumulatieve verdeling van de demping is de discrepantie tussen bakenmeting en radarmeting aanwezig (er is geen gebruik gemaakt van

regressie). Voor Delft is het verschil tussen radarmeting en bakenmeting weer meer dan voor de locatie Leidschendam.

De toepassing van de 'site diversity'-techniek met als hoofdbaken Leidschendam en hulpbaken Delft geeft aan dat hiermee de uitvalkans op een satellietpad verkleint kan worden. Voor de overeenkomstige radar-'diversity' is deze verbetering groter, omdat de radarconstante voor Delft dichtbij de radar 10 dB zou moeten zijn in plaats van de gebruikte 6 dB.

Voorstellen voor verder onderzoek:

1. Onderzoek naar de reflectiviteitsverandering in verticale richting, waardoor een nauwkeurigere conversie plaats kan vinden van het horizontale radarpad naar het schuine satellietpad.
2. Onderzoek naar het gedrag van de antennebelichters en de invloed van de radome tijdens regen.
3. De gevoeligheid van de dempingscorrectieformule voor verandering in de parameters A en b.
4. Onderzoek naar de mogelijkheid van 'real time'-calibratie van de radar door bepaling van de optimale a,b,c en d parameters in de Z/R- en γ /R-relatie voor een bepaalde bui, waardoor de specifieke karakteristieke eigenschappen van een bui gebruikt kan worden (aanbevolen literatuur [14], [15] en [16]).
5. Bepaling van de optimale plaats voor de grondstations in de 'Site Diversity' configuratie.
6. Het bijhouden van de dempingskarakteristieken op 12,5 , 20 en 30 GHz. Dit kan met behulp van het programma LUYTEN1.PAS (zie programmatuurbijlage).

LITERATUURLIJST

- [1] J. Abrahamse,
"Verbetering en Uitbreiding van de Software voor Solidar",
Taakverslag TU Delft, 1990
- [2] P.A. Barclay, J.A. Bennett, R.C. Boston,
"Properties of rain for microwave propagation studies",
Report from the electrical engineering department, school of
engineering, Monash University, no. MEE 78-1
- [3] P.A. Barclay, J.A. Bennett, R.C. Boston,
"Final report on raindrop size study IS-830",
Report from the electrical engineering department, school of
engineering, Monash University, no. MEE 79-2
- [4] L.J. Battan,
"Radar Observation of the Atmosphere",
University of Chicago Press, Chicago, Illinois, 1973
- [5] CCIR,
"Propagation in Non-Ionized Media",
Recommendations and Reports of the CCIR, 1986 Volume V
- [6] C.G. Collier,
"A weather radar correction procedure for real-time estimation of
surface rainfall",
Quart. J. R. Met. Soc., 109, pp. 589-608, 1983
- [7] C.G. Collier,
"Accuracy of rainfall estimates by radar, part I, II"
Journal of Hydrology, 83 (1986) pp. 207-235
- [8] R.J. Doviak, D.S. Zrnić,
"Doppler Radar and Weather Observations",
Academic Press inc. 1984
- [9] M.P.M. Hall,
"Effects of the Troposphere on Radio Communications",
IEE Electromagnetic Waves Series 8, 1979, ISBN 0-906048-25-7

- [10] D.B. Hodge,
"An improved model for diversity gain on earth-space propagation paths",
Radio Science, volume 17, number 6, pages 1393-1399, Nov-Dec 1982
- [11] W. Klaassen,
"Radar observations and simulation of the melting layer of precipitation",
Journal of the Atmospheric Sciences, Vol 45, No. 24, december 1988
- [12] W. Klaassen,
"Attenuation and reflection of radio waves by a melting layer of precipitation",
IEE Proceedings, Vol 137, Part H, No.1, februari 1990
- [13] Liebe H.J.,
"Millimeter Wave propagation in moist air: model versus path data",
NTIA REPORT 85-171, ITS/NTIA, US Dept. of Commerce,, Office of
Telecomm., Inst for Telecomm. Sciences, Boulder, c080303
- [14] L.P. Ligthart,
"Antennes & Propagatie",
Dictaat 1987-1988, TU Delft, Faculteit der Elektrotechniek
- [15] TNO,
"Precipitation and Measurements of Precipitation",
TNO Technical Meeting, 1977
- [16] G.P.A. Vet,
"Rondzoekradar Solidar, analyse van de software met accent op de regenbui-parameter-bepaling"
Afstudeerverslag 68250-296-I, TU Delft, februari 1990
- [17] Wilson en Brandes,
"Radar measurement of rainfall - a summary",
Bulletin American Met. Soc. Vol 60, no 9, sept. 1979

APPENDIX A Het optische disk formaat.

Formaat van de optische disk na 28 juni 1989

Een record bestaat uit 4 datablokken van in totaal 33152 bytes. Het eerste datablok (PTT blok) en het tweede (TUD blok) bestaan elk uit 10 bytes. Het derde datablok (TUD monitor blok) bestaat uit 364 bytes en het vierde blok (Reflectiedata) bestaat uit 32768 bytes.

Deze vier datablokken zijn als volgt opgebouwd:

<i>PTT blok</i>	<i>bytenummer</i>	<i>inhoud</i>
-----------------	-------------------	---------------

	1	coincidentie
	2	jaar
	3	dag low byte
	4	dag high byte
	5	sec/10 low byte
	6	sec/10 high byte
	7	regenmeter Leidschendam
	8	regenmeter Magazijn
	9	regenmeter Zoetermeer
	10	regenmeter Delft

<i>TUD blok</i>	<i>bytenummer</i>	<i>inhoud</i>
-----------------	-------------------	---------------

	11	jaar
	12	maand
	13	dag
	14	uur
	15	minuten
	16	seconden
	17	berekende a
	18	berekende b

19	berekende c
20	berekende d

TUD monitor bytenummer inhoud

21	radiometer Leidschendam
22	radiometer Delft
23	omwentelingstijd
24	reg. criterium
25	temperatuur hf kast
26	zendvermogen
27	default a
28	default b
29	type meting (3,4)
30	manuele bediening

eerste 10 seconden

tweede 10 seconden

31 - 36	header	reeks 2	203 - 208	header	reeks 2
37 - 44	meting 1	reeks 2	209 - 216	meting 1	reeks 2
45 - 52	meting 2	reeks 2	217 - 224	meting 2	reeks 2
53 - 60	meting 3	reeks 2	225 - 232	meting 3	reeks 2
61 - 68	meting 4	reeks 2	233 - 240	meting 4	reeks 2
69 - 76	meting 5	reeks 2	241 - 248	meting 5	reeks 2
77 - 84	meting 6	reeks 2	249 - 256	meting 6	reeks 2
85 - 92	meting 7	reeks 2	257 - 264	meting 7	reeks 2
93 - 100	meting 8	reeks 2	265 - 272	meting 8	reeks 2
101 - 108	meting 9	reeks 2	273 - 280	meting 9	reeks 2
109 - 116	meting 10	reeks 2	281 - 288	meting 10	reeks 2
117 - 124	header	reeks 1	289 - 294	header	reeks 1
123 - 130	meting 1	reeks 1	295 - 302	meting 1	reeks 1
131 - 138	meting 2	reeks 1	303 - 310	meting 2	reeks 1
139 - 146	meting 3	reeks 1	311 - 318	meting 3	reeks 1
147 - 154	meting 4	reeks 1	319 - 326	meting 4	reeks 1
155 - 162	meting 5	reeks 1	327 - 334	meting 5	reeks 1

163 - 170	meting 6 reeks 1	335 - 342	meting 6 reeks 1
171 - 178	meting 7 reeks 1	343 - 350	meting 7 reeks 1
179 - 186	meting 8 reeks 1	351 - 358	meting 8 reeks 1
187 - 194	meting 9 reeks 1	359 - 366	meting 9 reeks 1
195 - 202	meting 10 reeks 1	367 - 374	meting 10 reeks 1
		375	elevatie antenne
		376 - 384	reserve

Reflectiedata blok 16384 woorden van 32768 bytes

byteoffset reeks 1 eerste meting: 116

byteoffset reeks 1 tweede meting: 288

byteoffset reeks 2 eerste meting: 30

byteoffset reeks 2 tweede meting: 202

In de Tulip AT wordt iedere 10 seconden de volgende gegevens ingelezen uit het data-acquisitienetwerk:

nummer	REEKS 1		REEKS 2	
Header	offset+byte 1	coincidentiebyte	coincidentiebyte 0 of 1	
	byte 2	jaar	jaar	87-92
	byte 3	dag low byte	dag low byte	1-366
	byte 4	dag high byte	dag high byte	
	byte 5	tijd low byte	tijd low byte	#sec/10
	byte 6	tijd high byte	tijd high byte	
meting 1	byte 7	XPD 12 GHz	XPD	12 GHz
	byte 8	fase X 12 GHz	fase X	12 GHz
	byte 9	ATTEN 12 GHz	ATTEN	12 GHz
	byte 10	fase AT 12 GHz	fase AT	12 GHz
	byte 11	XPD 30 GHz	XPD	30 GHz
	byte 12	fase X 30 GHz	fase X	30 GHz
	byte 13	ATTEN 30 GHz	ATTEN	30 GHz
	byte 14	fase AT 30 GHz	fase AT	30 GHz

etcetera....

meting 10	byte 79 XPD	12 GHz	XPD	12 GHz
	byte 80 fase X	12 GHz	fase X	12 GHz
	byte 81 ATTEN	12 GHz	ATTEN	12 GHz
	byte 82 fase AT	12 GHz	fase AT	12 GHz
	byte 83 XPD	30 GHz	XPD	30 GHz
	byte 84 fase X	30 GHz	fase X	30 GHz
	byte 85 ATTEN	30 GHz	ATTEN	30 GHz
	byte 86 fase AT	30 GHz	fase AT	30 GHz
	byte 87 radiometer Delft		radiometer Leidschendam	
	byte 88 reserve		regenmeter Leidschendam	
	byte 89 reserve		regenmeter Magazijn	
	byte 90 reserve		regenmeter Zoetermeer	
	byte 91 reserve		regenmeter Delft	
	byte 92 reserve		reserve	

APPENDIX B De geanalyseerde datafiles en de onbruikbare datafiles.

De bij het onderzoek gebruikte data van de regenbuien zijn opgeslagen in de volgende datafiles:

25 februari 1990: D0022516.502 t/m D0022519.433
28 februari 1990: D0022810.274 t/m D0022812.575
1 maart 1990: D0030119.033 t/m D0030121.040
19 maart 1990: D0031921.302 t/m D0031923.591

1 april 1990: Dempingscorrectie ingevoerd

2 april 1990: D0040217.085 t/m D0040217.594
3 april 1990: D0040223.062 t/m D0040300.585
10 april 1990: D0041017.421 t/m D0041020.461
13 april 1990: D0041320.204 t/m D0041321.473
14 april 1990: D0041420.151 t/m D0041500.012
15 april 1990: D0041500.014 t/m D0041501.312
18 april 1990: D0041804.000 t/m D0041806.013
D0041809.044 t/m D0041811.003
19 april 1990: D0041908.522 t/m D0041912.202
20 april 1990: D0042012.233 t/m D0042013.173
26 april 1990: D0042618.110 t/m D0042620.585
11 mei 1990: D0051122.311 t/m D0051200.032
12 mei 1990: D0051200.034 t/m D0051202.465
6 juni 1990: D0060623.280 t/m D0060700.233
6 juli 1990: D0070600.584 t/m D0070601.223
18 augustus 1990: D0081801.305 t/m D0081804.122

De volgende files kunnen niet gelezen worden vanaf optische schijf vanwege een 'read error':

15 april 1990: D0041501.024, D0041501.025
26 april 1990: D0042620.503, D0042620.505
6 juni 1990: D0060604.340, D0060604.334, D0060600.104
7 juni 1990: D0060722.411

19 juni 1990: D0061922.034
22 juni 1990: D0062210.420
23 juni 1990: D0062300.510
24 juni 1990: D0062423.035
7 juli 1990: D0070710.255
22 juli 1990: D0072202.304
16 augus 1990: D0081614.192, D0081614.193, D0081614.195, D0081615.544,
D0081616.212, D0081616.404, D0081620.055, D0081620.061,
D0081620.393, D0081620.433, D0081622.120, D0081622.132,
D0081622.170, D0081622.240.
8 sept 1990: D0090805.473
10 sept 1990: D0091014.391
19 sept 1990: D0091923.593
25 sept 1990: D0092500.134, D0092502.002, D0092502.453, D0092502.564,
D0092503.375, D0092503.571, D0092503.583, D0092503.585,
D0092504.033, D0092504.400.

INDEX

<u>A</u>	
absorptiedoorsnede	-21-, -27-

atmosferische gassen	-19-
demping	-19-
waterdamp	-19-
zuurstof	-19-

<u>B</u>	
beat frequentie	-9-
beat-signaal	-9-
brightband	-31-

<u>C</u>	
clutter	-41-, -69-
onderdrukking	-69-

<u>D</u>	
demping	
correctie voor	-42-
gassen	-19-
melting layer	-31-
regen	-21-
diversity gain	-116-
druppeldiameters	-23-
druppelverdeling	-23-
Laws-Parsons	-26-
Marshall-Palmer	-24-

<u>E</u>	
eind-valsnelheid	-25-

<u>M</u>	
melting layer	-31-

<u>O</u>	
OLYMPUS-satelliet	-6-

<u>P</u>	
propagatiemodellen	-19-

<u>R</u>	
radar	-8-
calibratie	-40-
constante	
Delft	-64-
Zoetermeer	-72-
FM-CW	-9-

radarcalibratieconstante	-62-
--------------------------	------

radiometer	-12-
demping	-14-
sky noise	-12-
sun tracking	-12-
vergelijking	-13-

Rayleigh-benadering	-24-
---------------------	------

reflectiviteit	-23-
effectieve	-24-

regen	-21-
demping	-21-

regenintensiteit	-24-
------------------	------

regenmeter	-16-
instrumentele fouten	-45-
integratietijd	-47-
random fouten	-46-

regressie	-98-
-----------	------

rondzoekradar	-8-
---------------	-----

ruismetingen	-65-
--------------	------

ruistemperatuur	-12-
-----------------	------

<u>S</u>	
satelliet	
Olympus	-6-
satellietbaken	-18-

Site Diversity	-7-, -116
diversity gain	-116-
model	-116-
statistieken	-123-
verbetering	-118-

specifieke demping	-19-
Laws-Palmer	-28-
Marshall-Palmer	-28-

V

verstrooiingsdoorsnede	-21-
------------------------	------

W

wind	
correctie	-49-
richting	-48-
snelheid	-48-

Z

Z-R relatie	-25-
-------------	------

Ontwikkelde computerprogrammatuur.

In het programma *LUYTEN1.PAS* worden de volgende datafiles gegenereerd:

sol_i_12 .. sol_i_30 : Hierin worden de dempingen per geanalyseerde datafile opgeslagen. In de eerste kolom staan de data voor het als eerste opgegeven fictieve grondstation, in de tweede de data van het als tweede, enz. De getallen in de filenaam duiden op de frequenties.

dradi_12..dradi_30 : data van de radiometer Delft.

dbake_12..dbake_30 : data van het satellietbaken Delft.

lradi_12..lradi_30 : data van de radiometer Leidschendam.

lbake_12..lbake_30 : data van het satellietbaken Leidschendam.

dtel_12 .. dtel_30 : hierin wordt per dempingsklasse van 1 dB het aantal malen dat een demping in een geanalyseerde bui voorkomt voor Delft opgeslagen.

ltel_12 .. ltel_30 : idem, maar nu voor Leidschendam.

radltel, rad2tel : idem, maar nu voor de radar voor het als eerste en als tweede opgegeven fictieve grondstation.

di_tel12..di_tel30 : idem, maar nu de dempingen volgens de diversity techniek.

radivtel : idem, maar nu voor de diversity configuratie.

Het programma *LUYTEN2.PAS* genereert het op demping gecorrigeerde radarbeeld en het op demping ongecorrigeerde radarbeeld (wel gecorrigeerd voor clutter)

In het programma *LUYTEN3.PAS* worden de volgende datafiles gegenereerd:

Zregen4 : lineaire Z-waarden van de regenmeter in Delft.

Zradar4 : lineaire Z-waarden van de radar in Delft.

In het programma *GLUYTEN3.PAS* worden de volgende datafiles gegenereerd:

GZregen4 : lineaire Z-waarden van de regenmeter in Delft.

GZradar4 : over 25 radarpunten gemiddelde lineaire Z-waarden van de radar in Delft.

In het programma *LUYTEN4.PAS* worden de volgende datafiles gegenereerd:

regen1 .. regen4 :regenintensiteiten van de respectievelijke regenmeters
bij het RNL, het magazijn, Zoetermeer, en Delft
solil1 .. soli4 :regenintensiteiten van de respectievelijke radarcellen
bij het RNL, het magazijn, Zoetermeer, en Delft

In het programma *GLUYTEN4.PAS* worden de volgende datafiles gegenereerd:

regen1 .. regen4 :regenintensiteiten van de respectievelijke regenmeters
bij het RNL, het magazijn, Zoetermeer, en Delft
gsolil1 .. gsoli4 :regenintensiteiten van de respectievelijke radarcellen
bij het RNL, het magazijn, Zoetermeer, en Delft
gemiddeld over 25 radarpunten.

Het programma *LUYTEN5.PAS* genereert de regressiecoëfficiënten c en d in de Z/R-relatie.

Het programma *LUYTEN6.PAS* genereert de regressiecoëfficiënten a en b in de γ /R-relatie.

Het programma *LUYTEN7.PAS* zet de radardata om voor gebruik in MATLAB en genereert een file met de extensie .mat. Hiermee kan dan met behulp van het programma *guidol.m* een driedimensionaal radarbeeld getekend worden in lineaire coördinaten.

Het programma *LUYTEN8.PAS* zet de radardata om voor gebruik in MATLAB en genereert een file met de extensie .mat. Hiermee kan dan met behulp van het programma *guidol.m* een driedimensionaal radarbeeld getekend worden in poolcoördinaten.

```

1 PROGRAM dempings_bepaling;
2
3 {$D-,F-,I-,N-,R-,S+,V-}
4 USES CRT,DOS,GRAPH;
5
6 {*****}
7 {* Programmeur : G.J.H. Luyten *}
8 {* Datum : mei 1990 *}
9 {* Functie : Dit programma berekent de demping op een fictief *}
10 {* satellietpad. U voert de coördinaten van, en het aantal *}
11 {* grondstations in. Het programma berekent de demping op *}
12 {* het satellietpad aan de hand van de regenintensiteits- *}
13 {* fluctuaties bepaald volgens Solidar. Tevens wordt de *}
14 {* demping van gassen en de melting layer meegenomen. Het *}
15 {* berekent ook de demping zoals die volgens de radiometers *}
16 {* en de satellietbakens geregistreerd worden. *}
17 {* Verder wordt de diversity gain berekend volgens het model *}
18 {* van Hodge voor de grondstations in Leidschendam en Delft *}
19 {* We nemen hierbij het grondstation van Leidschendam als *}
20 {* hoofdstation en dat van Delft als diversity station. Voor *}
21 {* dezelfde stations wordt ook de gemeten diversity gain be- *}
22 {* rekend. Het programma bepaalt ook de diversity gain tussen *}
23 {* het als eerste opgegeven fictieve grondstation en het *}
24 {* tweede, waarbij het eerste als hoofdstation fungeert. *}
25 {* Ook geeft het grafisch de cumulatieve verdeling weer. *}
26 {*****}
27
28 CONST
29 grootte =259;
30
31 VAR
32 freq,k_h,k_v,a_h,a_v:REAL;
33 dzeta,nu,mu,eta :REAL;
34 Demp_Gassen :REAL;
35 polarisatie :REAL;
36 regenhoogte :REAL;
37 totale_demp :ARRAY[1..10] OF REAL; {totale demping met gassen gemeten}
38 {met Solidar}
39 fi :TEXT;
40 sol_12,sol_20,sol_30 :TEXT;
41 drad_12,drad_20,drad_30 :TEXT;
42 lrad_12,lrad_20,lrad_30 :TEXT;
43 dbak_12,dbak_20,dbak_30 :TEXT;
44 lbak_12,lbak_20,lbak_30 :TEXT;
45 ltel12,ltel20,ltel30 :TEXT;
46 dtel12,dtel20,dtel30 :TEXT;
47 divtel12,divtel20,divtel30 :TEXT;
48 r1tel,r2tel :TEXT;
49 rd1tel,rd2tel :TEXT;
50 x,y,z :INTEGER;
51 b,c,w :WORD;
52 T_sky_Leidsch :REAL; {Ruistemperatuur gemeten door radiometer Leidschendam}
53 T_sky_Delft :REAL; {Ruistemperatuur gemeten door radiometer Delft}
54 Radio_Delft_20 :REAL; {20 GHz demping gemeten door radiometer Delft}
55 Radio_Leidsch_20 :REAL; {20 GHz demping gemeten door radiometer Leidschendam}
56 Radio_Delft_12 :REAL;
57 Radio_Leidsch_12 :REAL;
58 Radio_Delft_30 :REAL;
59 Radio_Leidsch_30 :REAL;
60 sat_delft_12,sat_leidsch_12 :REAL; {12,5 GHz demping gemeten door}
61 cross_delft_12,cross_leidsch_12 :REAL; {bakken Leidschendam.}
62 sat_delft_20,sat_leidsch_20 :REAL;
63 cross_delft_20,cross_leidsch_20 :REAL;
64 sat_delft_30,sat_leidsch_30 :REAL;
65 cross_delft_30,cross_leidsch_30 :REAL;
66 file_naam :STRING[40];
67 demp_totaal :ARRAY[1..10] OF REAL; {Totale demping zonder gassen}
68 {gemeten met Solidar}
69 buf :ARRAY[1..33152] OF BYTE;
70 getal_file :FILE;
71 IOCode :INTEGER;
72 GraphDriver :INTEGER;
73 GraphMode :INTEGER;
74 ErrorCode :INTEGER;
75 NumRead :WORD;
76 Waar :BOOLEAN;
77 Test :BOOLEAN;
78 DirInfo :SearchRec;
79 Drive :STRING[50];
80 Pad :STRING[50];

```

```

81 DeelNaam      :STRING[50];
82 EersteKeer    :BOOLEAN;
83 ch            :CHAR;
84 tekst         :STRING[50];
85 toets         :BOOLEAN;
86 r_int,gamma,gamma_excess,demp :ARRAY[1..10] OF REAL;
87 TAN           :ARRAY[1..10] OF REAL;
88 x_rm,y_rm     :ARRAY[1..10] OF REAL; {positie regenmeter/fictief satellietbaken}
89              : {in het polaire vlak}
90 x_rm_dummy,y_rm_dummy :ARRAY[1..10] OF REAL;
91              : {nieuwe lineaire coördinaten}
92 x_dummy,y_dummy:ARRAY[1..10] OF REAL;
93 y_nieuw,x_nieuw:ARRAY[1..10] OF REAL; {van regenmeters.}
94 phi,r         :ARRAY[1..10] OF REAL; {Poolcoördinaten regenmeters.}
95 x_rm_nieuw    :ARRAY[1..10] OF REAL; {Nieuwe posities regenmeter in het}
96 y_rm_nieuw    :ARRAY[1..10] OF REAL; {polaire vlak.}
97 aantal_grondstations:INTEGER;
98 ii,i,j,aantal :INTEGER;
99 teller        :INTEGER;
100 getal         :INTEGER;
101 demping       :REAL;
102 Teller_Leidsch :INTEGER; {Tellers die het aantal keren dat een station}
103 Teller_Delft   :INTEGER; {de kleinste demping geeft bijhoudt}
104 Solidar_Teller :ARRAY[1..10] OF INTEGER;
105 Grondstation_afstand:REAL; {variabelen voor het diversitymodel}
106 A_diversity    :REAL; {van Hodge}
107 B_diversity    :REAL;
108 G_frequentie   :REAL;
109 G_afstand      :REAL;
110 G_elevatie     :REAL;
111 G_baseline     :REAL;
112 BerekenDe_Diversity_Gain :REAL;
113 Gemeten_Diversity_Gain :REAL;
114 Radar_Diversity_Gain :REAL;
115 Dampingteller :ARRAY[1..10,1..50] OF INTEGER;
116 radar_diversity_dampingteller:ARRAY[1..50] OF INTEGER;
117 Leidsch_dampingteller_12 :ARRAY[1..50] OF INTEGER;
118 Delft_dampingteller_12 :ARRAY[1..50] OF INTEGER;
119 Leidsch_dampingteller_20 :ARRAY[1..50] OF INTEGER;
120 Delft_dampingteller_20 :ARRAY[1..50] OF INTEGER;
121 Leidsch_dampingteller_30 :ARRAY[1..50] OF INTEGER;
122 Delft_dampingteller_30 :ARRAY[1..50] OF INTEGER;
123 diversity_dampingteller_12 :ARRAY[1..50] OF INTEGER;
124 diversity_dampingteller_20 :ARRAY[1..50] OF INTEGER;
125 diversity_dampingteller_30 :ARRAY[1..50] OF INTEGER;
126 dummy         :REAL;
127 x_rm_dummystr  :STRING[3];
128 y_rm_dummystr  :STRING[3];
129 Strdampingteller :STRING[3];
130 Z_vert         :REAL; {verticale polarisatie reflectivity}
131 Z_hor         :REAL; {horizontale polarisatie reflectivity}
132 Z_dr          :REAL; {differentie reflectivity}
133 Z_xm          :REAL; {reflectivity excess}
134 Z_r           :REAL; {reflectivity onder de bright band}
135
136
137 PROCEDURE InitGrafiek;
138
139 BEGIN
140   GraphDriver:=Detect;
141   InitGraph(GraphDriver,GraphMode,'');
142   ErrorCode:=GraphResult;
143   IF ErrorCode<>grOk THEN
144     BEGIN
145       Writeln('Graphics Error: ',GraphErrorMsg(ErrorCode));
146       Writeln('Het programma is afgebroken ...');
147       HALT(1);
148     END;
149 END;
150
151
152 PROCEDURE LeesToetsResponse;
153
154 VAR
155   FuncKey :BOOLEAN;
156
157 BEGIN
158   ch := ReadKey;
159   IF ch <> #0 THEN FuncKey := false ELSE
160   BEGIN

```



```

161   FuncKey := true;
162   ch := ReadKey;
163   END;
164 END;
165
166
167 PROCEDURE TestFile;
168
169 BEGIN
170   {$I-}
171   IF (EersteKeer = TRUE) THEN
172     BEGIN
173       FindFirst((Drive + Pad + Deelnaam + '*..*'),AnyFile,DirInfo);
174       EersteKeer := FALSE;
175     END;
176   ASSIGN(getal_file,Drive + Pad + DirInfo.Name);
177   RESET(getal_file);
178   IOCode:=IORESULT;
179   {$I+}
180 END;
181
182
183 PROCEDURE Grafiek;
184
185 BEGIN
186   Line(1,1,1,200);Line(1,200,250,200); {Assenstelsel voor Leidschendam}
187   OutTextXY(10,210,'Satellietbaken Leidschendam');
188   Line(1,220,1,420);Line(1,420,250,420); {assenstelsel voor eerst opgegeven}
189                                     {satellietbaken}
190   OutTextXY(10,430,'Satellietbaken');
191   STR(x_rm_dummy[1]:6:0,x_rm_dummystr);
192   STR(y_rm_dummy[1]:6:0,y_rm_dummystr);
193   OutTextXY(135,430,x_rm_dummystr);
194   OutTextXY(165,430,y_rm_dummystr);
195   Line(280,220,280,420);Line(280,420,530,420); {assenstelsel voor tweede}
196                                     {opgegeven satellietbaken}
197   OutTextXY(290,430,'Satellietbaken');
198   STR(x_rm_dummy[2]:6:0,x_rm_dummystr);
199   STR(y_rm_dummy[2]:6:0,y_rm_dummystr);
200   OutTextXY(425,430,x_rm_dummystr);
201   OutTextXY(455,430,y_rm_dummystr);
202   Line(280,1,280,200);Line(280,200,530,200); {assenstelsel voor Delft}
203   OutTextXY(290,210,'Satellietbaken Delft');
204   SetTextStyle(2,0,4);
205   FOR ii:=1 TO 50 DO
206     BEGIN
207       SetFillStyle(1,ii);
208       IF freq=12.5 THEN
209         BEGIN
210           IF Leidsch_dempingteller_12[ii]<>0 THEN
211             BEGIN
212               Bar((ii-1)*5,200,ii*5,200-Leidsch_dempingteller_12[ii]);
213               STR(Leidsch_dempingteller_12[ii]:3,Strdempingteller);
214               OutTextXY((ii-3)*5,185-Delft_dempingteller_12[ii],Strdempingteller);
215             END;
216           IF Delft_dempingteller_12[ii]<>0 THEN
217             BEGIN
218               Bar(280+(ii-1)*5,200,280+ii*5,200-Delft_dempingteller_12[ii]);
219               STR(Delft_dempingteller_12[ii]:3,Strdempingteller);
220               OutTextXY(280+(ii-3)*5,185-Delft_dempingteller_12[ii],Strdempingteller);
221             END;
222           END;
223         IF freq=20 THEN
224           BEGIN
225             IF Leidsch_dempingteller_20[ii]<>0 THEN
226               BEGIN
227                 Bar((ii-1)*5,200,ii*5,200-Leidsch_dempingteller_20[ii]);
228                 STR(Leidsch_dempingteller_20[ii]:3,Strdempingteller);
229                 OutTextXY((ii-3)*5,185-Delft_dempingteller_20[ii],Strdempingteller);
230               END;
231             IF Delft_dempingteller_20[ii]<>0 THEN
232               BEGIN
233                 Bar(280+(ii-1)*5,200,280+ii*5,200-Delft_dempingteller_20[ii]);
234                 STR(Delft_dempingteller_20[ii]:3,Strdempingteller);
235                 OutTextXY(280+(ii-3)*5,185-Delft_dempingteller_20[ii],Strdempingteller);
236               END;
237             END;
238           IF freq=30 THEN
239             BEGIN
240               IF Leidsch_dempingteller_30[ii]<>0 THEN

```

```

241 BEGIN
242   Bar((ii-1)*5,200,ii*5,200-Leidsch_dempingteller_30[ii]);
243   STR(Leidsch_dempingteller_30[ii]:3,Strdempingteller);
244   OutTextXY((ii-3)*5,185-Delft_dempingteller_30[ii],Strdempingteller);
245 END;
246 IF Delft_dempingteller_30[ii]<>0 THEN
247 BEGIN
248   Bar(280+(ii-1)*5,200,280+ii*5,200-Delft_dempingteller_30[ii]);
249   STR(Delft_dempingteller_30[ii]:3,Strdempingteller);
250   OutTextXY(280+(ii-3)*5,185-Delft_dempingteller_30[ii],Strdempingteller);
251 END;
252 END;
253 FOR i:=1 TO aantal_grondstations DO
254 BEGIN
255   IF i=1 THEN
256 BEGIN
257   IF dempingteller[i,ii]<>0 THEN
258 BEGIN
259   Bar((ii-1)*5,420,ii*5,420-dempingteller[i,ii]);
260   STR(dempingteller[i,ii]:3,Strdempingteller);
261   OutTextXY((ii-3)*5,405-dempingteller[i,ii],Strdempingteller);
262 END;
263 END;
264   IF i=2 THEN
265 BEGIN
266   IF dempingteller[i,ii]<>0 THEN
267 BEGIN
268   Bar(280+(ii-1)*5,420,280+ii*5,420-dempingteller[i,ii]);
269   STR(dempingteller[i,ii]:3,Strdempingteller);
270   OutTextXY(280+(ii-3)*5,405-dempingteller[i,ii],Strdempingteller);
271 END;
272 END;
273 END;
274 END;
275 SetTextStyle(0,0,1);
276 END;
277
278
279 PROCEDURE Output;
280
281 BEGIN
282   Clrscr;
283   Writeln('Het aantal keren dat het satellietpad naar');
284   writeln('Leidschendam de kleinste demping gaf was ',Teller_Leidsch,' maal');
285   writeln('      Delft de kleinste demping gaf was ',Teller_Delft,' maal');
286   For i:=1 TO aantal_grondstations DO
287   writeln('      (' ,x_rm_dummy[i]:3:0,',',y_rm_dummy[i]:3:0,') de kleinste demping gaf was ',Solidar_Teller[i],' maal'
288   IF freq=12.5 THEN
289 BEGIN
290   writeln('aantal maal demping in Delft in klasse');
291   FOR ii:=1 TO 50 DO
292 BEGIN
293   writeln(ii:2,'      ',Delft_dempingteller_12[ii]:3);
294   writeln(dtel12,Delft_dempingteller_12[ii]:3,' ');
295 END;
296   writeln('aantal maal demping in Leidschendam in klasse');
297   FOR ii:=1 TO 50 DO
298 BEGIN
299   writeln(ii:2,'      ',Leidsch_dempingteller_12[ii]:3);
300   writeln(ltel12,Leidsch_dempingteller_12[ii]:3,' ');
301 END;
302   FOR ii:=1 TO 50 DO writeln(divtel12,diversity_dempingteller_12[ii]:3,' ');
303 END;
304   IF freq=20 THEN
305 BEGIN
306   writeln('aantal maal demping in Delft in klasse');
307   FOR ii:=1 TO 50 DO
308 BEGIN
309   writeln(ii:2,'      ',Delft_dempingteller_20[ii]:3);
310   writeln(dtel20,Delft_dempingteller_20[ii]:3,' ');
311 END;
312   writeln('aantal maal demping in Leidschendam in klasse');
313   FOR ii:=1 TO 50 DO
314 BEGIN
315   writeln(ii:2,'      ',Leidsch_dempingteller_20[ii]:3);
316   writeln(ltel20,Leidsch_dempingteller_20[ii]:3,' ');
317 END;
318   FOR ii:=1 TO 50 DO writeln(divtel20,diversity_dempingteller_20[ii]:3,' ');
319 END;
320   IF freq=30 THEN

```

```

321 BEGIN
322   writeln('aantal maal demping in Delft in klasse');
323   FOR ii:=1 TO 50 DO
324     BEGIN
325       writeln(ii:2,' ',Delft_dempingteller_30[ii]:3);
326       writeln(dtel30,Delft_dempingteller_30[ii]:3,' ');
327     END;
328   writeln('aantal maal demping in Leidschendam in klasse');
329   FOR ii:=1 TO 50 DO
330     BEGIN
331       writeln(ii:2,' ',Leidsch_dempingteller_30[ii]:3);
332       writeln(ltel30,Leidsch_dempingteller_30[ii]:3,' ');
333     END;
334   FOR ii:=1 TO 50 DO writeln(divtel30,diversity_dempingteller_30[ii]:3,' ');
335   END;
336   FOR i:=1 TO aantal_grondstations DO
337     BEGIN
338       writeln('aantal maal demping in ('x_rm_dummy[i]:3:0,',',y_rm_dummy[i]:3:0,') in klasse');
339       FOR ii:=1 TO 50 DO writeln(ii:2,' ',Dempingteller[i,ii]:3);
340     END;
341   FOR ii:=1 TO 50 DO
342     BEGIN
343       writeln(r1tel,Dempingteller[1,ii]:3,' ');
344       writeln(r2tel,Dempingteller[2,ii]:3,' ');
345       writeln(rd1tel,Radar_diversity_dempingteller[ii]:3,' ');
346     END;
347   Writeln('No more files');
348   SOUND(200);
349   DELAY(300);
350   SOUND(300);
351   DELAY(300);
352   SOUND(400);
353   DELAY(300);
354   SOUND(500);
355   DELAY(300);
356   SOUND(600);
357   DELAY(1000);
358   NOSOUND;
359   InitGrafiek;
360   Grafiek;
361   REPEAT UNTIL KEYPRESSED;
362   CloseGraph;
363   IF freq=12.5 THEN
364     BEGIN
365       Close(sol_12);
366       Close(drad_12);
367       Close(lrad_12);
368       Close(dbak_12);
369       Close(lbak_12);
370       Close(dtel12);
371       Close(ltel12);
372       Close(divtel12);
373     END;
374   IF freq=20 THEN
375     BEGIN
376       Close(sol_20);
377       Close(drad_20);
378       Close(lrad_20);
379       Close(dbak_20);
380       Close(lbak_20);
381       Close(dtel20);
382       Close(ltel20);
383       Close(divtel20);
384     END;
385   IF freq=30 THEN
386     BEGIN
387       Close(sol_30);
388       Close(drad_30);
389       Close(lrad_30);
390       Close(dbak_30);
391       Close(lbak_30);
392       Close(dtel30);
393       Close(ltel30);
394       Close(divtel30);
395     END;
396   Close(r1tel);
397   Close(r2tel);
398   Close(rd1tel);
399   DELAY(2800);
400   HALT(0);

```

```

401 END;
402
403
404 PROCEDURE LeesFile;
405
406 BEGIN
407   Write(Drive + Pad + DirInfo.Name);Writeln(' ',aantal+1);
408   Assign(getal_file,Drive + Pad + DirInfo.Name);
409   Reset(getal_file);
410   REPEAT
411     BLOCKREAD(getal_file,buf,grootte,NumRead);
412   UNTIL NumRead=0;
413   CLOSE(getal_file);
414 END;
415
416
417 PROCEDURE Solidar;
418
419 {*****}
420 {* Deze procedure berekent de demping op de ingegeven plaats van de *}
421 {* van de fictieve satellietbakens, gemeten met Solidar.          *}
422 {*****}
423
424 VAR
425   bbb :INTEGER;
426   pos :INTEGER;
427   k,a,bb:REAL;
428
429 BEGIN
430   pos:=0;
431   y:=ROUND(y_rm_nieuw[i]);x:=ROUND(x_rm_nieuw[i]);pos:=i;
432   IF (pos<>0) AND (y<=128) AND (y<>0) THEN {we nemen geen data buiten}
433     BEGIN {het radargebied}
434       z:=2*x-1;
435       w:=256*y+128;
436       b:=buf[w+z];
437       c:=buf[w+z+1];
438       b:=b+(c SHL 8);
439       bbb:=b;
440       bb:=(35/32768)*bbb+35; {bb = dBsol}
441       IF bb=0 THEN r_int[pos]:=0 ELSE
442         r_int[pos]:=exp(((bb-10.8)/16)*ln(10)); { regenintensiteit bij aanname}
443       IF freq=12.5 THEN { Z = 200*R1.6, en radarconstante 2.9}
444         BEGIN { => 10log2.9=6 => 16.8-4.6=12.2}
445           k_h:=0.020;
446           k_v:=0.020;
447           a_h:=1.207;
448           a_v:=1.188;
449           dzeta:=13.9E-06;
450           nu:=1;
451           mu:=1;
452           eta:=-5.5;
453         END;
454       IF freq=20 THEN
455         BEGIN
456           k_h:=0.0751;
457           k_v:=0.0691;
458           a_h:=1.099;
459           a_v:=1.065;
460           dzeta:=21.3E-06;
461           nu:=1;
462           mu:=1;
463           eta:=-6.3;
464         END;
465       IF freq=30 THEN
466         BEGIN
467           k_h:=0.187;
468           k_v:=0.167;
469           a_h:=1.021;
470           a_v:=1.000;
471           dzeta:=20E-06;
472           nu:=1;
473           mu:=1;
474           eta:=-6.7;
475         END;
476       K:=(k_h+k_v+(k_h-k_v)*sqr(cos(0.4817108))*cos(2*polarisatie*2*PI/360))/2;
477       A:=(k_h*a_h+k_v*a_v+(k_h*a_h-k_v*a_v)*sqr(cos(0.4817108))*cos(2*polarisatie*2*pi/360))/(2*K);
478       IF r_int[pos]=0 THEN gamma[pos]:=0 ELSE
479         gamma[pos]:=K*exp(A*ln(r_int[pos])); {specifieke demping}
480       IF (Teller:=ROUND((1000*regenhoogte-500)/SIN(0.4817108)/COS(0.4817108)/247.5)) AND (gamma[pos]<>0) THEN

```

```

481 BEGIN
482
483 {*****}
484 {* Berekenen van de extra demping door de melting layer (gamma_excess) *}
485 {*****}
486
487 K:=(k_h+k_v*(k_h-k_v)*sqr(cos(0.4817108))*cos(2*90*2*PI/360))/2;
488 A:=(k_h*a_h+k_v*a_v*(k_h-a_h-k_v*a_v)*sqr(cos(0.4817108))*cos(2*90*2*pi/360))/(2*K);
489 Z_vert:=EXP(1/(0.625*A)*LN(gamma[pos]*EXP(0.625*A*LN(200))/K));
490 K:=(k_h+k_v*(k_h-k_v)*sqr(cos(0.4817108))*cos(2*0*2*PI/360))/2;
491 A:=(k_h*a_h+k_v*a_v*(k_h-a_h-k_v*a_v)*sqr(cos(0.4817108))*cos(2*0*2*pi/360))/(2*K);
492 Z_hor:=EXP(1/(0.625*A)*LN(gamma[pos]*EXP(0.625*A*LN(200))/K));
493 Z_dr:=Z_hor/Z_vert;
494 Z_xm:=12.6;
495 Z_r:=EXP((bb+6.2)/10*LN(10));
496 gamma_excess[pos]:=dzeta*EXP(nu*LN(Z_r))*EXP(mu*LN(Z_xm))*EXP(eta*LN(Z_dr));
497 END
498 ELSE
499 gamma_excess[pos]:=0;
500 demp[pos]:=0.2793*gamma[pos]+0.26*gamma_excess[pos]; {demping voor die cel}
501 demp_totaal[pos]:=demp_totaal[pos]+demp[pos];
502 pos:=0;
503 END;
504 END;
505
506
507 PROCEDURE Meetpunten;
508
509 BEGIN
510 x_nieuw[i]:=x_nieuw[i]-120;
511 y_nieuw[i]:=y_nieuw[i]-216.5;
512 r[i]:=SQRT(SQR(x_nieuw[i])+SQR(y_nieuw[i]));
513 IF x_nieuw[i]=0 THEN
514 phi[i]:=90
515 ELSE
516 BEGIN
517 TAN[i]:=y_nieuw[i]/x_nieuw[i];
518 PHI[i]:=(360/(2*PI))*ARCTAN(TAN[i]);
519 END;
520 x_rm_nieuw[i]:=ROUND(r[i]/120);
521 IF x_nieuw[i]>=0 THEN
522 y_rm_nieuw[i]:=ROUND(144-PHI[i]/1.875);
523 IF x_nieuw[i]<0 THEN
524 y_rm_nieuw[i]:=ROUND(48-PHI[i]/1.875);
525 END;
526
527
528 PROCEDURE Radiometer;
529
530 BEGIN
531 T_sky_Leidsch:=buf[21]*(267/255)+58;
532 T_sky_Delft:=buf[22]*(267/255)+58;
533 IF T_sky_Leidsch>272 THEN T_sky_Leidsch:=272;
534 Radio_Leidsch_20:=10*LN((4.7-273)/(T_sky_Leidsch-273))/LN(10);
535 IF T_sky_Delft>272 THEN T_sky_Delft:=272;
536 Radio_Delft_20:=10*LN((4.7-273)/(T_sky_Delft-273))/LN(10);
537 IF freq=20 THEN
538 BEGIN
539 Writeln('Demping volgens 20 GHz-radiometer Leidschendam op 20 GHz is: ',Radio_Leidsch_20:6:3);
540 Writeln('Demping volgens 20 GHz-radiometer Delft op 20 GHz is: ',Radio_Delft_20:6:3);
541 END;
542 IF freq=12.5 THEN
543 BEGIN
544 {*****}
545 {* Onderschatting van 20 GHz radiometer op 20 GHz met 64 %. Daarom *}
546 {* worden de dempingen met 1,64 vermenigvuldigd. *}
547 {*****}
548
549 Radio_Leidsch_12:=1.64*Radio_Leidsch_20*76.9/171.35;
550 Radio_Delft_12:=1.64*Radio_Delft_20*76.9/171.35;
551 Writeln('Demping volgens 20 GHz-radiometer Leidschendam op 12.5 GHz is:',Radio_Leidsch_12:6:3);
552 Writeln('Demping volgens 20 GHz-radiometer Delft op 12.5 GHz is: ',Radio_Delft_12:6:3);
553 END;
554 IF freq=30 THEN
555 BEGIN
556 {*****}
557 {* Overschatting van 20 GHz radiometer op 30 GHz met 64 %. Daarom *}
558 {* worden de dempingen met 0,64 vermenigvuldigd. *}
559 {*****}

```

```

561 {*****}
562
563 Radio_Leidsch_30:=0.64*Radio_Leidsch_20*335.13/171.35;
564 Radio_Delft_30:=0.64*Radio_Delft_20*335.13/171.35;
565 Writeln('Demping volgens 20 GHz-radiometer Leidschendam op 30 GHz is: ',Radio_Leidsch_30:6:3);
566 Writeln('Demping volgens 20 GHz-radiometer Delft op 30 GHz is: ',Radio_Delft_30:6:3);
567 END;
568 END;
569
570
571 PROCEDURE Satellietbaken;
572
573 {*****}
574 (* Deze procedure bepaalt de demping die wordt gemeten met de satelliet- *)
575 (* bakens in Delft en Leidschendam op 12.5 en 30 GHz. Deze waarden worden *)
576 (* vervolgens gebruikt voor de voorspelling van de demping volgens een *)
577 (* satellietbaken op 20 GHz. Ook wordt de kruispolarisatiedemping bepaald *)
578 (* op genoemde frequenties. *)
579 {*****}
580
581
582
583 BEGIN
584 sat_delft_12:=0;sat_delft_20:=0;sat_delft_30:=0;
585 cross_delft_12:=0;cross_delft_20:=0;cross_delft_30:=0;
586 sat_leidsch_12:=0;sat_leidsch_20:=0;sat_leidsch_30:=0;
587 cross_leidsch_12:=0;cross_leidsch_20:=0;cross_leidsch_30:=0;
588
589 {*****}
590 (* IF freq=12.5 THEN *)
591 {*****}
592
593 FOR i:=0 TO 9 DO sat_leidsch_12:=buf[211+8*i]+buf[39+8*i]+sat_leidsch_12;
594 FOR i:=0 TO 9 DO cross_leidsch_12:=buf[209+8*i]+buf[37+8*i]+cross_leidsch_12;
595 FOR i:=0 TO 9 DO sat_delft_12:=buf[125+8*i]+buf[297+8*i]+sat_delft_12;
596 FOR i:=0 TO 9 DO cross_delft_12:=buf[123+8*i]+buf[295+8*i]+cross_delft_12;
597
598 {*****}
599 (* IF freq=30 THEN *)
600 {*****}
601
602 FOR i:=0 TO 9 DO sat_leidsch_30:=buf[43+8*i]+buf[215+8*i]+sat_leidsch_30;
603 FOR i:=0 TO 9 DO cross_leidsch_30:=buf[41+8*i]+buf[213+8*i]+cross_leidsch_30;
604 FOR i:=0 TO 9 DO sat_delft_30:=buf[129+8*i]+buf[301+8*i]+sat_delft_30;
605 FOR i:=0 TO 9 DO cross_delft_30:=buf[127+8*i]+buf[299+8*i]+cross_delft_30;
606 sat_leidsch_12:=sat_leidsch_12/20;
607 cross_leidsch_12:=cross_leidsch_12/20;
608 sat_delft_12:=sat_delft_12/20;
609 cross_delft_12:=cross_delft_12/20;
610 sat_leidsch_12:=(48/255)*sat_leidsch_12+48;
611 cross_leidsch_12:=(48/255)*cross_leidsch_12+48;
612 sat_delft_12:=(48/255)*sat_delft_12+48;
613 cross_delft_12:=(48/255)*cross_delft_12+48;
614 sat_leidsch_30:=sat_leidsch_30/20;
615 cross_leidsch_30:=cross_leidsch_30/20;
616 sat_delft_30:=sat_delft_30/20;
617 cross_delft_30:=cross_delft_30/20;
618 sat_leidsch_30:=(48/255)*sat_leidsch_30+48;
619 cross_leidsch_30:=(48/255)*cross_leidsch_30+48;
620 sat_delft_30:=(48/255)*sat_delft_30+48;
621 cross_delft_30:=(48/255)*cross_delft_30+48;
622 sat_leidsch_20:=(sat_leidsch_12*(171.35/76.9)+sat_leidsch_30*(171.35/335.13))/2;
623 sat_delft_20:=(sat_delft_12*(171.35/76.9)+sat_delft_30*(171.35/335.13))/2;
624 cross_leidsch_20:=(cross_leidsch_12*(171.35/76.9)+cross_leidsch_30*(171.35/335.13))/2;
625 cross_leidsch_20:=(cross_leidsch_12*(171.35/76.9)+cross_leidsch_30*(171.35/335.13))/2;
626 IF freq=12.5 THEN
627 BEGIN
628 writeln('Demping volgens satellietbaken in Leidschendam op ',freq:2:1,' GHz is: ',sat_leidsch_12:6:3);
629 writeln('Demping volgens satellietbaken in Delft op ',freq:2:1,' GHz is: ',sat_delft_12:6:3);
630
631 {*****}
632 (* Bepaling van het aantal maal dat een demping voorkomt door gebruik te *)
633 (* maken van switching naar het diversity-station als deze een kleinere *)
634 (* demping aangeeft. Het hoofdstation is hier Leidschendam en het *)
635 (* diversity-station is Delft. *)
636 {*****}
637
638 IF sat_leidsch_12-sat_delft_12<=0 THEN
639 BEGIN
640 IF sat_leidsch_12<=1 THEN diversity_dempingteller_12[1]:=diversity_dempingteller_12[1]+1;

```

```

641   FOR ii:=2 TO 50 DO
642   IF (sat_leidsch_12>ii-1) AND (sat_leidsch_12<=ii) THEN diversity_dempingteller_12[ii]:=diversity_dempingteller_
643   END
644   ELSE
645   BEGIN
646   IF sat_delft_12<=1 THEN diversity_dempingteller_12[1]:=diversity_dempingteller_12[1]+1;
647   FOR ii:=2 TO 50 DO
648   IF (sat_delft_12>ii-1) AND (sat_delft_12<=ii) THEN diversity_dempingteller_12[ii]:=diversity_dempingteller_12[i
649   END;
650
651   IF sat_delft_12>sat_leidsch_12 THEN
652   BEGIN
653   writeln('Satellietpad naar Leidschendam geeft kleinste demping');
654   Teller_Leidsch:=Teller_Leidsch+1;
655   END
656   ELSE
657   BEGIN
658   writeln('Satellietpad naar Delft geeft de kleinste demping');
659   Teller_Delft:=Teller_Delft+1;
660   END;
661   IF sat_leidsch_12<=1 THEN Leidsch_dempingteller_12[1]:=Leidsch_dempingteller_12[1]+1;
662   FOR ii:=2 TO 50 DO
663   IF (sat_leidsch_12>ii-1) AND (sat_leidsch_12<=ii) THEN Leidsch_dempingteller_12[ii]:=Leidsch_dempingteller_12[i
664   {tellen hoeveel maal een demping voorkomt in een klasse van 1 dB}
665   IF sat_delft_12<=1 THEN Delft_dempingteller_12[1]:=Delft_dempingteller_12[1]+1;
666   FOR ii:=2 TO 50 DO
667   IF (sat_delft_12>ii-1) AND (sat_delft_12<=ii) THEN Delft_dempingteller_12[ii]:=Delft_dempingteller_12[ii]+1;
668   {tellen hoeveel maal een demping voorkomt in een klasse van 1 dB}
669   END;
670   IF freq=20 THEN
671   BEGIN
672   writeln('Demping volgens satellietbakens op 12.5 en 30 GHz in Leidschendam op ',freq:2:0,' GHz is: ',sat_leidsch_
673   writeln('Demping volgens satellietbakens op 12.5 en 30 GHz in Delft op ',freq:2:0,' GHz is: ',sat_delft_20
674
675   {*****}
676   {* Bepaling van het aantal maal dat een demping voorkomt door gebruik te*}
677   {* maken van switching naar het diversity-station als deze een kleinere *}
678   {* demping aangeeft. Het hoofdstation is hier Leidschendam en het *}
679   {* diversity-station is Delft. *}
680   {*****}
681
682   IF sat_leidsch_20-sat_delft_20<=0 THEN
683   BEGIN
684   IF sat_leidsch_20<=1 THEN diversity_dempingteller_20[1]:=diversity_dempingteller_20[1]+1;
685   FOR ii:=2 TO 50 DO
686   IF (sat_leidsch_20>ii-1) AND (sat_leidsch_20<=ii) THEN diversity_dempingteller_20[ii]:=diversity_dempingteller_
687   END
688   ELSE
689   BEGIN
690   IF sat_delft_20<=1 THEN diversity_dempingteller_20[1]:=diversity_dempingteller_20[1]+1;
691   FOR ii:=2 TO 50 DO
692   IF (sat_delft_20>ii-1) AND (sat_delft_20<=ii) THEN diversity_dempingteller_20[ii]:=diversity_dempingteller_20[i
693   END;
694
695   IF sat_delft_20>sat_leidsch_20 THEN
696   BEGIN
697   writeln('Satellietpad naar Leidschendam geeft kleinste demping');
698   Teller_Leidsch:=Teller_Leidsch+1;
699   END
700   ELSE
701   BEGIN
702   writeln('Satellietpad naar Delft geeft de kleinste demping');
703   Teller_Delft:=Teller_Delft+1;
704   END;
705   IF radio_leidsch_20<=1 THEN Leidsch_dempingteller_20[1]:=Leidsch_dempingteller_20[1]+1;
706   FOR ii:=2 TO 50 DO
707   IF (radio_leidsch_20>ii-1) AND (radio_leidsch_20<=ii) THEN Leidsch_dempingteller_20[ii]:=Leidsch_dempingteller_
708   {tellen hoeveel maal een demping voorkomt in een klasse van 1 dB}
709   IF radio_delft_20<=1 THEN Delft_dempingteller_20[1]:=Delft_dempingteller_20[1]+1;
710   FOR ii:=2 TO 50 DO
711   IF (radio_delft_20>ii-1) AND (radio_delft_20<=ii) THEN Delft_dempingteller_20[ii]:=Delft_dempingteller_20[ii]+1
712   {tellen hoeveel maal een demping voorkomt in een klasse van 1 dB}
713   END;
714   IF freq=30 THEN
715   BEGIN
716   writeln('Demping volgens satellietbakens in Leidschendam op ',freq:2:0,' GHz is: ',sat_leidsch_30:6:3);
717   writeln('Demping volgens satellietbakens in Delft op ',freq:2:0,' GHz is: ',sat_delft_30:6:3);
718
719   {*****}
720   {* Bepaling van het aantal maal dat een demping voorkomt door gebruik te*}

```



```

721 (* maken van switching naar het diversity-station als deze een kleinere *)
722 (* demping aangeeft. Het hoofdstation is hier Leidschendam en het *)
723 (* diversity-station is Delft. *)
724 {*****}
725
726 IF sat_leidsch_30-sat_delft_30<=0 THEN
727 BEGIN
728   IF sat_leidsch_30<=1 THEN diversity_dempingteller_30[1]:=diversity_dempingteller_30[1]+1;
729   FOR ii:=2 TO 50 DO
730     IF (sat_leidsch_30>ii-1) AND (sat_leidsch_30<=ii) THEN diversity_dempingteller_30[ii]:=diversity_dempingteller_
731     END
732   ELSE
733   BEGIN
734     IF sat_delft_30<=1 THEN diversity_dempingteller_30[1]:=diversity_dempingteller_30[1]+1;
735     FOR ii:=2 TO 50 DO
736       IF (sat_delft_30>ii-1) AND (sat_delft_30<=ii) THEN diversity_dempingteller_30[ii]:=diversity_dempingteller_30[i
737     END;
738
739   IF sat_delft_30>sat_leidsch_30 THEN
740     BEGIN
741       writeln('Satellietpad naar Leidschendam geeft kleinste demping');
742       Teller_Leidsch:=Teller_Leidsch+1;
743     END
744   ELSE
745   BEGIN
746     writeln('Satellietpad naar Delft geeft de kleinste demping');
747     Teller_Delft:=Teller_Delft+1;
748   END;
749   IF sat_leidsch_30<=1 THEN Leidsch_dempingteller_30[1]:=Leidsch_dempingteller_30[1]+1;
750   FOR ii:=2 TO 50 DO
751     IF (sat_leidsch_30>ii-1) AND (sat_leidsch_30<=ii) THEN Leidsch_dempingteller_30[ii]:=Leidsch_dempingteller_30[i
752     {tellen hoeveel maal een demping voorkomt in een klasse van 1 dB}
753   IF sat_delft_30<=1 THEN Delft_dempingteller_30[1]:=Delft_dempingteller_30[1]+1;
754   FOR ii:=2 TO 50 DO
755     IF (sat_delft_30>ii-1) AND (sat_delft_30<=ii) THEN Delft_dempingteller_30[ii]:=Delft_dempingteller_30[ii]+1;
756     {tellen hoeveel maal een demping voorkomt in een klasse van 1 dB}
757   END;
758
759 {*****}
760 (* Bepaling van het aantal maal dat een demping voorkomt door gebruik te*)
761 (* maken van switching naar het diversity-station als deze een kleinere *)
762 (* demping aangeeft. Het hoofdstation is hier het als eerste opgegeven *)
763 (* station. Het diversitystation het tweede. *)
764 {*****}
765
766 IF totale_demp[1]-totale_demp[2]<=0 THEN
767 BEGIN
768   IF totale_demp[1]<=1 THEN radar_diversity_dempingteller[1]:=radar_diversity_dempingteller[1]+1;
769   FOR ii:=2 TO 50 DO
770     IF (totale_demp[1]>ii-1) AND (totale_demp[1]<=ii) THEN
771     radar_diversity_dempingteller[ii]:=radar_diversity_dempingteller[ii]+1;
772   END
773   ELSE
774   BEGIN
775     IF totale_demp[2]<=1 THEN radar_diversity_dempingteller[1]:=radar_diversity_dempingteller[1]+1;
776     FOR ii:=2 TO 50 DO
777       IF (totale_demp[2]>ii-1) AND (totale_demp[2]<=ii) THEN
778       radar_diversity_dempingteller[ii]:=radar_diversity_dempingteller[ii]+1;
779     END;
780   END;
781
782
783 PROCEDURE Gassen;
784
785 {*****}
786 (* Deze procedure berekent de demping ten gevolge van de atmosferische gassen*)
787 (* zuurstof en waterdamp. We nemen voor rho de waarde 7,5 g/m3. *)
788 {*****}
789
790 CONST rho=7.5;
791
792 VAR Spec_Demp_H2O,Spec_demp_O2 :REAL;
793     Pad_Lengte_H2O,Pad_Lengte_O2:REAL;
794
795 BEGIN
796   Spec_demp_H2O:=(0.067+3/(SQR(freq-22.3)+7.3)+9/(SQR(freq-183.3)+6)+4.3/(SQR(freq-323.8)+10))*SQR(freq)*rho*EXP(-
797   Pad_Lengte_H2O:=2.2+3/(SQR(freq-22.3)+1)+1/(SQR(freq-183.3)+1)+1/(SQR(freq-323.8)+1);
798   Spec_demp_O2:=(7.19*EXP(-3*LN(10))+6.09/(SQR(freq)+0.227)+4.81/(SQR(freq-57)+1.5))*SQR(freq)*EXP(-3*LN(10));
799   Pad_Lengte_O2:=6;
800   Demp_Gassen:=(Spec_demp_H2O*Pad_lengte_H2O+Spec_demp_O2*Pad_Lengte_O2)/SIN(2*PI*27.6/360);

```



```

801 Writeln('Demping t.g.v. gassen op ',freq:3:1,' GHz is :',Demp_Gassen:6:3);
802 END;
803
804
805 PROCEDURE Plaats;
806
807 BEGIN
808   FOR i:=1 TO aantal_grondstations DO
809     BEGIN
810       x_rm_nieuw[i]:=0;
811       IF (x_rm[i]<=128) AND (y_rm[i]<=128) THEN
812         IF y_rm[i]<=48 THEN Phi[i]:=(48-y_rm[i])*1.875
813         ELSE
814           Phi[i]:=(144-y_rm[i])*1.875;
815       r[i]:=120*x_rm[i];
816       x_nieuw[i]:=r[i]*cos(2*pi*phi[i]/360);
817       y_nieuw[i]:=r[i]*sin(2*pi*phi[i]/360);
818     END;
819   END;
820
821
822 PROCEDURE Afstand_grondstations;
823
824 BEGIN
825   FOR i:=1 TO aantal_grondstations DO
826     BEGIN
827       IF (x_rm_dummy[i]<=128) AND (y_rm_dummy[i]<=128) THEN
828         IF y_rm_dummy[i]<=48 THEN Phi[i]:=(48-y_rm_dummy[i])*1.875
829         ELSE
830           Phi[i]:=(144-y_rm_dummy[i])*1.875
831         ELSE
832           BEGIN
833             Writeln('Dit grondstation ligt niet binnen het radar-bereik !');
834             Writeln('Het Programma wordt afgebroken');
835             SOUND(200);
836             DELAY(300);
837             SOUND(300);
838             DELAY(300);
839             SOUND(400);
840             DELAY(300);
841             SOUND(500);
842             DELAY(300);
843             SOUND(600);
844             DELAY(1000);
845             NOSOUND;
846             DELAY(2800);
847             ClrScr;
848             HALT(0);
849           END;
850       r[i]:=120*x_rm_dummy[i];
851       x_dummy[i]:=r[i]*cos(2*pi*phi[i]/360);
852       y_dummy[i]:=r[i]*sin(2*pi*phi[i]/360);
853     END;
854   grondstation_afstand:=SQRT(SQR(x_dummy[1]-x_dummy[2])+SQR(y_dummy[1]-y_dummy[2]));
855   writeln('afstand:',grondstation_afstand:6:3);
856 END;
857
858
859 PROCEDURE SiteDiversity;
860
861 {*****}
862 {* Deze procedure berekent de diversity gain volgens het model van *}
863 {* Hodge voor de satellietbaken *}
864 {* in Delft en Leidschendam. Het satellietbaken in Leidschendam nemen *}
865 {* we als hoofd_ontvanger en dat in Delft als het diversity-baken. *}
866 {* Verder berekenen we de echte geregistreerde diversity-gain. *}
867 {*****}
868
869 BEGIN
870 {*****}
871 {*Berekenen diversity-gain volgens het model van Hodge *}
872 {*****}
873 IF freq=12.5 THEN
874   BEGIN
875     A_diversity:=0.64*Sat_Leidsch_12-1.6*(1-EXP(-0.11*Sat_Leidsch_12));
876     B_diversity:=0.585*(1-EXP(-0.098*Sat_Leidsch_12));
877     G_frequentie:=1.64*EXP(-0.025*freq);
878   END;
879 IF freq=20 THEN
880   BEGIN

```

```

881 A_diversity:=0.64*Radio_Leidsch_20-1.6*(1-EXP(-0.11*Radio_Leidsch_20));
882 B_diversity:=0.585*(1-EXP(-0.098*Radio_Leidsch_20));
883 G_frequentie:=1.64*EXP(-0.025*freq);
884 END;
885 IF freq=30 THEN
886 BEGIN
887 A_diversity:=0.64*Sat_Leidsch_30-1.6*(1-EXP(-0.11*Sat_Leidsch_30));
888 B_diversity:=0.585*(1-EXP(-0.098*Sat_Leidsch_30));
889 G_frequentie:=1.64*EXP(-0.025*freq);
890 END;
891 G_afstand:=A_diversity*(1-EXP(-B_diversity*9.84));
892 G_elevatie:=0.00492*27.6+0.838;
893 G_baseline:=0.00177*21.5+0.887;{gamma=7,5 graden , alfa is 209 graden}
894 {alfa - gamma = 201,5 graden}
895 {delta is dan 201,5 -(2*90) = 21,5 graden}
896 Berekenende_Diversity_Gain:=G_afstand*G_frequentie*G_elevatie*G_baseline;
897 Writeln('Berekenende Diversity Gain op ',freq:3:1,' GHz is: ',Berekenende_Diversity_Gain:6:3);
898
899 {*****}
900 {* Berekenen gemeten diversity_gain. *}
901 {*****}
902
903 IF freq=12.5 THEN
904 BEGIN
905 Gemeten_Diversity_Gain:=Sat_Leidsch_12-Sat_Delft_12;
906 Writeln('Gemeten Diversity Gain op ',freq:3:1,' GHz is: ',Gemeten_Diversity_Gain:6:3);
907 END;
908 IF freq=20 THEN
909 BEGIN
910 Gemeten_Diversity_Gain:=Radio_Leidsch_20-Radio_Delft_20;
911 Writeln('Gemeten Diversity Gain op ',freq:3:0,' GHz is: ',Gemeten_Diversity_Gain:6:3);
912 END;
913 IF freq=30 THEN
914 BEGIN
915 Gemeten_Diversity_Gain:=Sat_Leidsch_30-Sat_Delft_30;
916 Writeln('Gemeten Diversity Gain op ',freq:3:0,' GHz is: ',Gemeten_Diversity_Gain:6:3);
917 END;
918
919 {*****}
920 {* Berekenen voorspelde diversity gain volgens de radar. Hierbij *}
921 {* wordt het als eerste opgegeven grondstation als hoofdstation *}
922 {* genomen en het als tweede opgegeven station als diversity- *}
923 {* station. Leidschendam heeft de coördinaten (82,100). Delft *}
924 {* de coördinaten (0,0). *}
925 {*****}
926 IF aantal_grondstations>=2 THEN
927 BEGIN
928 Radar_Diversity_Gain:=Totale_demp[1]-Totale_demp[2];
929 Writeln('Voorspelde Diversity Gain volgens de radar is: ',Radar_Diversity_Gain:6:3);
930 END;
931 END;
932
933 {*****}
934 {* HOOFDPROGRAMMA *}
935 {*****}
936
937 BEGIN
938 ClrScr;
939 GoToXY(1,1); Write('Geef drive van datafile! bv d: ');
940 GoToXY(1,2); Write('Geef path van datafile! bv \Data\ ');
941 GoToXY(1,3); Write('Geef deelnaam van datafile! bv D811 ');
942 GoToXY(1,4); Write('Geef de te gebruiken satelliet-frequentie: ');
943 GoToXY(1,5); Write('Geef de polarisatierichting van het signaal: ');
944 GoToXY(1,6); Write('Geef de regenhoogte in kilometers: ');
945 GoToXY(1,7); Write('Geef aantal grondstations: ');
946 GoToXY(45,1); ReadLn(Drive);
947 GoToXY(45,2); ReadLn(Pad);
948 GoToXY(45,3); ReadLn(DeelNaam);
949 GoToXY(45,4); ReadLn(freq);
950 GoToXY(45,5); ReadLn(polarisatie);
951 GoToXY(45,6); ReadLn(regenhoogte);
952 GoToXY(45,7); ReadLn(aantal_grondstations);
953 FOR i:=1 TO aantal_grondstations DO
954 BEGIN
955 Write('Geef x-coördinaat grondstation ',i,': ');Read(x_rm[i]);
956 Write('Geef y-coördinaat grondstation ',i,': ');ReadLn(y_rm[i]);
957 x_rm_dummy[i]:=x_rm[i];y_rm_dummy[i]:=y_rm[i];
958 END;
959 Afstand_grondstations;
960 Assign(r1tel,'c:\rad1tel');

```

```

961 Rewrite(r1tel);
962 Assign(r2tel,'c:\rad2tel');
963 Rewrite(r2tel);
964 Assign(rd1tel,'c:\radivtel');
965 Rewrite(rd1tel);
966 IF freq=12.5 THEN
967 BEGIN
968   Assign(sol_12,'c:\soli_12');
969   Rewrite(sol_12);
970   Assign(drad_12,'c:\dradi_12');
971   Rewrite(drad_12);
972   Assign(dbak_12,'c:\dbake_12');
973   Rewrite(dbak_12);
974   Assign(lrad_12,'c:\lradi_12');
975   Rewrite(lrad_12);
976   Assign(lbak_12,'c:\lbake_12');
977   Rewrite(lbak_12);
978   Assign(dtel12,'c:\dtel_12');
979   Rewrite(dtel12);
980   Assign(ltel12,'c:\ltel_12');
981   Rewrite(ltel12);
982   Assign(divtel12,'c:\di_tel12');
983   Rewrite(divtel12);
984 END;
985 IF freq=20 THEN
986 BEGIN
987   Assign(sol_20,'c:\soli_20');
988   Rewrite(sol_20);
989   Assign(drad_20,'c:\dradi_20');
990   Rewrite(drad_20);
991   Assign(dbak_20,'c:\dbake_20');
992   Rewrite(dbak_20);
993   Assign(lrad_20,'c:\lradi_20');
994   Rewrite(lrad_20);
995   Assign(lbak_20,'c:\lbake_20');
996   Rewrite(lbak_20);
997   Assign(dtel20,'c:\dtel_20');
998   Rewrite(dtel20);
999   Assign(ltel20,'c:\ltel_20');
1000   Rewrite(ltel20);
1001   Assign(divtel20,'c:\di_tel20');
1002   Rewrite(divtel20);
1003 END;
1004 IF freq=30 THEN
1005 BEGIN
1006   Assign(sol_30,'c:\soli_30');
1007   Rewrite(sol_30);
1008   Assign(drad_30,'c:\dradi_30');
1009   Rewrite(drad_30);
1010   Assign(dbak_30,'c:\dbake_30');
1011   Rewrite(dbak_30);
1012   Assign(lrad_30,'c:\lradi_30');
1013   Rewrite(lrad_30);
1014   Assign(lbak_30,'c:\lbake_30');
1015   Rewrite(lbak_30);
1016   Assign(dtel30,'c:\dtel_30');
1017   Rewrite(dtel30);
1018   Assign(ltel30,'c:\ltel_30');
1019   Rewrite(ltel30);
1020   Assign(divtel30,'c:\di_tel30');
1021   Rewrite(divtel30);
1022 END;
1023 Plaats;
1024 For i:=1 TO aantal_grondstations DO
1025 BEGIN
1026   demp_totaal[i]:=0;
1027   solidar_teller[i]:=0;
1028   FOR ii:=1 TO 50 DO
1029     BEGIN
1030       dempingteller[i,ii]:=0;
1031     END;
1032   END;
1033   FOR ii:=1 TO 50 DO
1034     BEGIN
1035       Leidsch_dempingteller_12[ii]:=0;
1036       Delft_dempingteller_12[ii]:=0;
1037       Leidsch_dempingteller_20[ii]:=0;
1038       Delft_dempingteller_20[ii]:=0;
1039       Leidsch_dempingteller_30[ii]:=0;
1040       Delft_dempingteller_30[ii]:=0;

```

```

1041 diversity_dempingteller_12[ii]:=0;
1042 diversity_dempingteller_20[ii]:=0;
1043 diversity_dempingteller_30[ii]:=0;
1044 radar_diversity_dempingteller[ii]:=0;
1045 END;
1046 aantal:=0;
1047 Teller_Leidsch:=0;
1048 Teller_Delft:=0;
1049 Test:=TRUE;
1050 Waar:=TRUE;
1051 EersteKeer:=TRUE;
1052 Testfile;
1053 ClrScr;
1054 WHILE (Waar=TRUE) DO
1055 BEGIN
1056   LeesFile;
1057   IF DosError=18 THEN Output;
1058   FOR i:=1 TO aantal_grondstations DO
1059   BEGIN
1060     teller:=0;
1061     REPEAT
1062       Meetpunten;
1063       Solidar;
1064       teller:=teller+1;
1065       UNTIL (x_rm_nieuw[i]>=127) OR (teller=ROUND(1000*regenhoogte/SIN(0.4817108)/COS(0.4817108)/247.5));
1066       {d.w.z we komen buiten radargebied}
1067     END;
1068     Satellietbaken;
1069     Radiometer;
1070     Gassen;
1071     FOR ii:=1 TO aantal_grondstations DO
1072     BEGIN
1073       totale_demp[i]:=demp_totaal[i]+demp_gassen;
1074       writeln('Tot. demp. Solidar voor sat.baken (' ,x_rm_dummy[i]:3:0,' ,y_rm_dummy[i]:3:0,'):      ',totale_de
1075       IF totale_demp[i]<=1 THEN dempingteller[i,1]:=dempingteller[i,1]+1;
1076       FOR ii:=2 TO 50 DO
1077       IF (totale_demp[i]>ii-1) AND (totale_demp[i]<=ii) THEN dempingteller[i,ii]:=dempingteller[i,ii]+1;
1078       {tellen hoeveel maal een demping voorkomt in een klasse van 1 dB}
1079     END;
1080     SiteDiversity;
1081     Plaats;           {terugplaatsen van begin-coordinaten voor volgende file}
1082     demping:=10000;
1083     FOR i:=1 TO aantal_grondstations DO
1084     BEGIN
1085       IF demp_totaal[i]<demping THEN
1086       BEGIN
1087         demping:=demp_totaal[i];
1088         getal:=i;
1089       END;
1090     END;
1091     writeln('Satellietpad naar (' ,x_rm_dummy[getal]:3:0,' ,y_rm_dummy[getal]:3:0,') geeft de kleinste demping');
1092     Solidar_Teller[getal]:=Solidar_Teller[getal]+1;
1093     writeln;
1094     IF freq=12.5 THEN
1095     BEGIN
1096       FOR i:=1 TO aantal_grondstations DO
1097       BEGIN
1098         Append(sol_12);
1099         Write(sol_12,totale_demp[i]:6:3,' ');
1100         Close(sol_12);
1101       END;
1102       Append(dbak_12);
1103       Writeln(dbak_12,sat_Delft_12:6:3,' ');
1104       Close(dbak_12);
1105       Append(lbak_12);
1106       Writeln(lbak_12,Sat_Leidsch_12:6:3,' ');
1107       Close(lbak_12);
1108       Append(drad_12);
1109       Writeln(drad_12,Radio_Delft_12:6:3,' ');
1110       Close(drad_12);
1111       Append(lrad_12);
1112       Writeln(lrad_12,Radio_Leidsch_12:6:3,' ');
1113       Close(lrad_12);
1114     END;
1115     IF freq=20 THEN
1116     BEGIN
1117       FOR i:=1 TO aantal_grondstations DO
1118       BEGIN
1119         Append(sol_20);
1120         Write(sol_20,totale_demp[i]:6:3,' ');

```

```

1121     Close(sol_20);
1122 END;
1123     Append(dbak_20);
1124     Writeln(dbak_20,Sat_Delft_20:6:3,' ');
1125     Close(dbak_20);
1126     Append(lbak_20);
1127     Writeln(lbak_20,Sat_Leidsch_20:6:3,' ');
1128     Close(lbak_20);
1129     Append(drad_20);
1130     Writeln(drad_20,Radio_Delft_20:6:3,' ');
1131     Close(drad_20);
1132     Append(lrad_20);
1133     Writeln(lrad_20,Radio_Leidsch_20:6:3,' ');
1134     Close(lrad_20);
1135 END;
1136 IF freq=30 THEN
1137 BEGIN
1138     FOR i:=1 TO aantal_grondstations DO
1139     BEGIN
1140         Append(sol_30);
1141         Write(sol_30,totale_demp[i]:6:3,' ');
1142         Close(sol_30);
1143     END;
1144     Append(dbak_30);
1145     Writeln(dbak_30,Sat_Delft_30:6:3,' ');
1146     Close(dbak_30);
1147     Append(lbak_30);
1148     Writeln(lbak_30,Sat_Leidsch_30:6:3,' ');
1149     Close(lbak_30);
1150     Append(drad_30);
1151     Writeln(drad_30,Radio_Delft_30:6:3,' ');
1152     Close(drad_30);
1153     Append(lrad_30);
1154     Writeln(lrad_30,Radio_Leidsch_30:6:3,' ');
1155     Close(lrad_30);
1156 END;
1157 IF freq=12.5 THEN
1158 BEGIN
1159     Append(sol_12);
1160     Writeln(sol_12);
1161     Close(sol_12);
1162 END;
1163 IF freq=20 THEN
1164 BEGIN
1165     Append(sol_20);
1166     Writeln(sol_20);
1167     Close(sol_20);
1168 END;
1169 IF freq=30 THEN
1170 BEGIN
1171     Append(sol_30);
1172     Writeln(sol_30);
1173     Close(sol_30);
1174 END;
1175     FOR i:=1 TO aantal_grondstations DO
1176     demp_totaal[i]:=0;
1177     FindNext(DirInfo);
1178     aantal:=aantal+1;
1179 END;
1180 END.

```

```

1 PROGRAM polar_display;
2
3 {$D-}{$F-}{$I-}{$R-}{$S-}{$T-}{$V-}
4
5 USES DOS,CRT,GRAPH,EGALIBP;
6
7
8 {*****}
9 {* Programmeur: G.J.H. Luyten *}
10 {* Datum : 11 juli 1990 *}
11 {* *}
12 {* Dit programma leest radarbeelden van disk en schrijft deze *}
13 {* naar VGA scherm. Het bovenste beeld geeft het op demping gecorrigeerde *}
14 {* radarbeeld; het onderste het niet op demping gecorrigeerde radarbeeld. *}
15 {*****}
16
17
18 CONST
19
20 grootte =259; {259*128}
21 x_begin =199;
22 y_begin =310;
23 x_einde =456;
24 tekst_begin =100;
25 faktor =11;
26 offset =12920;
27 offset1 =-19848;
28 { palet2 is uit taakverslag de Visser fig. 6.3 }
29 palet2:array[0..15] of word = (0,8,1,43,27,16,2,18,54,38,36,4,32,53,45,63);
30 a_waarde = 8E-5;
31 b_waarde = 0.75;
32 L =0.240;
33
34
35 TYPE
36
37 Pointer = ^Dummy;
38 Dummy = ARRAY[1..128] OF REAL;
39 Buffer1 = ARRAY[1..128] OF Pointer;
40
41
42 VAR
43
44 x,y,z :INTEGER;
45 b,cc,w :WORD;
46 file_naam :STRING[40];
47 buf :ARRAY[1..33152]OF BYTE;{was 32896}
48 getal_file :FILE;
49 IOCode :INTEGER;
50 GraphDriver :INTEGER;
51 GraphMode :INTEGER;
52 ErrorCode :INTEGER;
53 NumRead :WORD;
54 iphiar :ARRAY[1..25]OF INTEGER;
55 carray,sarray :ARRAY[1..25]OF REAL;
56 i2x,i2y :INTEGER;
57 iphi1,iphi2 :INTEGER;
58 ir1kw,ir2kw :INTEGER;
59 iatan :ARRAY[1..512]OF INTEGER;
60 ixkw :ARRAY[1..255]OF INTEGER;
61 ioctnr,k,kk :INTEGER;
62 lyncel :ARRAY[1..128]OF INTEGER;
63 ix,iy,iz :ARRAY[1..1300]OF INTEGER;
64 n :INTEGER;
65 s1,s2,c1,c2 :REAL;
66 irkwa :ARRAY[1..129]OF INTEGER;
67 mb :INTEGER;
68 i,mstep,j,ih :INTEGER;
69 m,nmax,mmax,mmod :INTEGER;
70 delphi,phi,c,s,h :REAL;
71 p :REAL;
72 iymn,iymax,i2yh :INTEGER;
73 ixmn,ixmax :INTEGER;
74 itan,ih1,ih2,irkw:INTEGER;
75 ixv,iyv,ixh,iyh :INTEGER;
76 max :INTEGER;
77 FileBeeld :BOOLEAN;
78 sector,element :INTEGER;
79 Xasp,Yasp :WORD;
80 Aspect :REAL;

```

```

81  el,xr,yr      :INTEGER;
82  pixkl        :ARRAY[1..3072] OF INTEGER;
83  toets        :BOOLEAN;
84  tekst        :STRING[50];
85  ch           :CHAR;
86  EersteKeer   :BOOLEAN;
87  Drive        :STRING[50];
88  Pad          :STRING[50];
89  DirInfo      :SearchRec;
90  Deelnaam     :STRING[50];
91  Test         :BOOLEAN;
92  Waar         :BOOLEAN;
93  aantal       :INTEGER;
94  aant         :STRING[5];
95  Z_waarden    :Buffer1;
96  Sigma        :REAL;
97  Dummy3       :BOOLEAN;
98
99
100 PROCEDURE MaakSchoon(xx,yy,xxx,yyy:INTEGER);
101
102 VAR u,v : INTEGER;
103
104 BEGIN
105   FOR v := yy TO (yyy) DO
106     BEGIN
107       FOR u := xx TO xxx DO
108         BEGIN
109           PutPixel(u,v,0);
110         END;
111       END;
112     END;
113
114
115 PROCEDURE LeesToetsResponse;
116
117 VAR
118   FuncKey :BOOLEAN;
119
120 BEGIN
121   ch := ReadKey;
122   IF ch <> #0 THEN FuncKey := false ELSE
123     BEGIN
124       FuncKey := true;
125       ch := ReadKey;
126     END;
127   END;
128
129
130 PROCEDURE TestFile;
131
132 BEGIN
133   {$I-}
134   IF (EersteKeer = TRUE) THEN
135     BEGIN
136       FindFirst((Drive + Pad + Deelnaam + '.*'),AnyFile,DirInfo);
137       EersteKeer := FALSE;
138     END;
139   ASSIGN(getal_file,Drive+Pad+DirInfo.Name);
140   RESET(getal_file);
141   IOCode:=IORESULT;
142   {$I+}
143 END;
144
145
146 PROCEDURE LeesFile;
147
148 BEGIN
149   { De eerste 128 bytes in de file bevatten data, de overigen beelden }
150   ASSIGN(getal_file,Drive+Pad+DirInfo.Name);
151   Reset(getal_file);
152   REPEAT
153     BLOCKREAD(getal_file,buf,grootte,NumRead);
154   UNTIL NumRead=0;
155   CLOSE(getal_file);
156 END;
157
158
159 PROCEDURE InitGrafiek;
160

```

```

161 BEGIN
162   GraphDriver:=Detect;
163   InitGraph(GraphDriver,GraphMode,'');
164   ErrorCode:=GraphResult;
165   IF ErrorCode<>grOk THEN
166     BEGIN
167       WRITELN('Graphics error: ',GraphErrorMsg(ErrorCode));
168       WRITELN('Program aborted ...');
169       HALT(1);
170     END;
171   GetAspectRatio(Xasp,Yasp);
172   Aspect:=Xasp/Yasp;
173 END;
174
175
176 PROCEDURE TekenKader;
177
178 VAR ArcCoords :ArcCoordsType;
179     z          :STRING[255];
180
181 BEGIN
182   SetColor(15);
183   Arc(160,160,330,210,42);{y was 230}
184   Arc(160,160,330,210,85);{y was 230}
185   Arc(160,160,330,210,130);{y was 230,rad was 256}
186   GetArcCoords(ArcCoords);
187   WITH ArcCoords DO
188     BEGIN
189       Line(Xstart,Ystart+1,160,162,15); {y was 231 wordt 160}
190       Line(Xend,Yend+1,160,162,15);    {y was 231 wordt 160}
191     END;
192   Arc(160,370,330,210,42);{y was 230}
193   Arc(160,370,330,210,85);{y was 230}
194   Arc(160,370,330,210,130);{y was 230,rad was 256}
195   GetArcCoords(ArcCoords);
196   WITH ArcCoords DO
197     BEGIN
198       Line(Xstart,Ystart+1,160,370,15); {y was 231 wordt 160}
199       Line(Xend,Yend+1,160,370,15);    {y was 231 wordt 160}
200     END;
201   Rectangle(x_begin+150,y_begin-150,x_begin+165,y_begin+106);
202   FOR x:=1 TO 14 DO
203     BEGIN
204       FOR y:=1 TO 256 DO
205         BEGIN
206           PutPixel(x+x_begin+150,y+y_begin-150,((y-1)DIV 16));
207         END;
208       END;
209     SetTextStyle(0,0,1);
210     OutTextXY(x+x_begin+170,y_begin-146,'1   mm/h');
211     OutTextXY(x+x_begin+170,y_begin-130,'1,37 mm/h');
212     OutTextXY(x+x_begin+170,y_begin-114,'1,91 mm/h');
213     OutTextXY(x+x_begin+170,y_begin-98,'2,58 mm/h');
214     OutTextXY(x+x_begin+170,y_begin-82,'3,54 mm/h');
215     OutTextXY(x+x_begin+170,y_begin-66,'4,86 mm/h');
216     OutTextXY(x+x_begin+170,y_begin-50,'6,67 mm/h');
217     OutTextXY(x+x_begin+170,y_begin-34,'9,16 mm/h');
218     OutTextXY(x+x_begin+170,y_begin-18,'12,57 mm/h');
219     OutTextXY(x+x_begin+170,y_begin-2,'17,25 mm/h');
220     OutTextXY(x+x_begin+170,y_begin+14,'23,68 mm/h');
221     OutTextXY(x+x_begin+170,y_begin+30,'32,5 mm/h');
222     OutTextXY(x+x_begin+170,y_begin+46,'44,6 mm/h');
223     OutTextXY(x+x_begin+170,y_begin+62,'61,21 mm/h');
224     OutTextXY(x+x_begin+170,y_begin+78,'84 mm/h');
225     OutTextXY(x+x_begin+170,y_begin+94,'> 84 mm/h');
226   END;
227
228
229 PROCEDURE SchrijfTekst;
230
231 VAR
232   a,b,cc,d,e,f :STRING[4];
233   g,h,i,j      :STRING[4];
234   z            :STRING[255];
235
236 BEGIN
237   SetTextStyle(0,0,1);
238   STR(buf[1]:5,a);STR(buf[2]:5,b);STR(buf[3]:5,cc);STR(buf[4]:5,d);
239   STR(buf[5]:5,e);STR(buf[6]:5,f);STR(buf[7]:5,g);STR(buf[8]:5,h);
240   STR(buf[9]:5,i);STR(buf[10]:5,j);

```



```

241 z:='PTT-BUF '+a+b+cc+d+e+f+g+h+i+j;
242 OutTextXY(tekst_begin+100,0,z);
243 STR(buf[11]:5,a);STR(buf[12]:5,b);STR(buf[13]:5,cc);STR(buf[14]:5,d);
244 STR(buf[15]:5,e);STR(buf[16]:5,f);STR(buf[17]:5,g);STR(buf[18]:5,h);
245 STR(buf[19]:5,i);STR(buf[20]:5,j);
246 z:='TUD-BUF '+a+b+cc+d+e+f+g+h+i+j;
247 OutTextXY(tekst_begin+100,10,z);
248 STR(buf[21]:5,a);STR(buf[22]:5,b);STR(buf[23]:5,cc);STR(buf[24]:5,d);
249 STR(buf[25]:5,e);STR(buf[26]:5,f);STR(buf[27]:5,g);STR(buf[28]:5,h);
250 STR(buf[29]:5,i);STR(buf[30]:5,j);
251 z:='TUD-MON '+a+b+cc+d+e+f+g+h+i+j;
252 OutTextXY(tekst_begin+100,20,z);
253 END;
254
255
256 PROCEDURE Vullyncel;
257
258 BEGIN
259     sector:=0;
260     FileBeeld:=TRUE;
261     mstep:=1;
262 END;
263
264
265 FUNCTION SIGNF :BOOLEAN;
266
267 VAR phi      :INTEGER;
268
269 BEGIN
270     IF i2y>60 THEN itan:=((i2y SHL 7) DIV i2x) SHL 2
271     ELSE itan:=(i2y SHL 9) DIV i2x;
272     IF itan>512 THEN
273         BEGIN
274             itan:=512;
275         END;
276     phi:=itan[itan];
277     IF((iphi1<=phi)AND(phi<=iphi2))THEN
278         BEGIN
279             ih1:=ixykw[i2x];
280             ih2:=ixykw[i2y];
281             irkw:=ih1+ih2;
282             IF((ir1kw<=irkw)AND(irkw<ir2kw))THEN
283                 BEGIN
284                     SIGNF:=TRUE;
285                 END
286             ELSE SIGNF:=FALSE;
287         END
288     ELSE SIGNF:=FALSE;
289 END;
290
291
292 PROCEDURE RCELT;
293
294 BEGIN
295     CASE ioctnr OF
296         2:BEGIN
297             ixv:=320+i2y;{was 296}
298             iyv:=320-i2x;{was 319}
299         END;
300         3:BEGIN
301             ixv:=320-i2y;{was 296}
302             iyv:=320-i2x;{was 319}
303         END;
304         4:BEGIN
305             ixv:=320-i2x;{was 296}
306             iyv:=320-i2y;{was 319}
307         END;
308         5:BEGIN
309             ixv:=320-i2x;{was 296}
310             iyv:=320+i2y;{was 319}
311         END;
312         6:BEGIN
313             ixv:=320-i2y;{was 296}
314             iyv:=320+i2x;{was 319}
315         END;
316         7:BEGIN
317             ixv:=320+i2y;{was 296}
318             iyv:=320+i2x;{was 319}
319         END;
320     END;

```

```

321 k:=k+1;
322 ixh:=trunc(ixv/2); {was ixh:=ixv}
323 iyh:=trunc(iyv/2); {was iyh:=iyv}
324 ix[k]:=ixh;
325 iy[k]:=iyh;
326 iz[k]:=lyncel[n];
327 END;
328
329
330 PROCEDURE SECST;
331
332 VAR
333   r1,r2      :INTEGER;
334   x,y        :REAL;
335
336 BEGIN
337   r1:=n-1;
338   r2:=n;
339   y:=r1*s1; { Bepaal ymin voor strookrooster}
340   iymin:=TRUNC(y+0.3);
341   y:=r2*s2;
342   iymax:=TRUNC(y-0.3);
343   IF iymin<=iymax THEN
344     BEGIN
345       x:=r1*c2;
346       ixmin:=TRUNC(x+0.375); { was 0.375 vervangen ivm zwarte stippen}
347       x:=r2*c1;
348       ixmax:=TRUNC(x-0.375); { was 0.375 vervangen ivm zwarte stippen}
349       IF ixmin<=ixmax THEN
350         BEGIN
351           i2x:=2*ixmin-1;
352           i2yh:=2*iymin-1;
353           ir1kw:=irkwa[n];
354           ir2kw:=irkwa[n+1];
355           FOR i:=ixmin TO ixmax DO
356             BEGIN
357               inc(i2x,2);
358               i2y:=i2yh;
359               FOR j:=iymin TO iymax DO
360                 BEGIN
361                   inc(i2y,2);
362                   IF SIGNF THEN RCELT;
363                 END;
364             END;
365           END;
366         END;
367       END;
368     END;
369
370 PROCEDURE VulArrays; {en vul sin,cos en phi tabel}
371
372 VAR
373   roez,roew :WORD;
374   roeb,roec :INTEGER;
375   bbb2      :INTEGER;
376   b         :WORD;
377   bb,dummy  :REAL;
378   dummy1,roeb1 :REAL;
379   bbb       :INTEGER;
380   lyn,lyn1,kk :STRING[6];
381
382 BEGIN
383   m:=0;
384   mmax:=128;
385   nmax:=128;
386   delphi:=PI/96;
387   phi:=0;
388   iphiar[1]:=0;
389   sarray[1]:=0;
390   carray[1]:=1;
391   FOR i:=2 TO 24 DO
392     BEGIN
393       phi:=phi+delphi;
394       iphiar[i]:=TRUNC(1000*PHI-2.3);
395       sarray[i]:=TRUNC(1000*SIN(PHI))/1000;
396       carray[i]:=TRUNC(1000*COS(PHI))/1000;
397     END;
398   phi:=PI/4;
399   sarray[25]:=TRUNC(1000*SIN(PI/4))/1000;
400   carray[25]:=TRUNC(1000*COS(PI/4))/1000;

```

```

401 iphiar[25]:=TRUNC(250*PI+0.5);
402 FOR i:=1 TO 255 DO          {vullen ixykw tabel}
403 BEGIN
404   ixykw[i]:=0
405 END;
406 FOR i:=1 TO 128 DO
407 BEGIN
408   j:=2*i-1;
409   ixykw[j]:=i*(i-1);
410 END;
411 FOR i:=1 TO 129 DO          {vullen irkwa}
412 BEGIN
413   irkwa[i]:=SQR(i-1);
414 END;
415 FOR i:=1 TO 512 DO          {vullen iatan}
416 BEGIN
417   p:=i/512;
418   iatan[i]:=TRUNC((1000*ARCTAN(p))+0.5);
419 END;
420 m:=1;                        {bepaal polaire transformatie van lyn m}
421 WHILE m<=128 DO
422 BEGIN
423   k:=0;
424   h:=(m+7)/24;              {bepaal ioctnr en mb}
425   ioctnr:=2+TRUNC(h);
426   mmod:=(m+7)MOD 24;
427   CASE ioctnr OF
428     3,5,7:BEGIN
429       mb:=mmod+1;
430     END;
431     2,4,6:BEGIN
432       mb:=24-mmod;
433     END;
434   END;
435   iphi1:=iphiar[mb];        {bepaal iphi1, iphi2, c1, c2, s1, s2}
436   iphi2:=iphiar[mb+1];
437   c1:=carray[mb];
438   c2:=carray[mb+1];
439   s1:=sarray[mb];
440   s2:=sarray[mb+1];
441   IF FileBeeld THEN
442   BEGIN
443     inc(sector);
444     roew:=(sector SHL 8)+128; {was -128}
445     FOR element:=1 TO 128 DO
446     BEGIN
447       roez:=2*element-1;
448       roeb:=buf[roew+roez];
449       roec:=buf[roew+roez+1];
450       roeb:= roeb + (roec SHL 8);
451       bbb:=roeb;
452       bb:=(35/32768)*bbb+35;
453       Z_waarden[element]^ [sector]:=bb+6.2;          { dBZ }
454       Z_waarden[element]^ [sector]:=EXP((Z_waarden[element]^ [sector])/10)*LN(10)); { Z }
455       if (roeb < offset1) then roeb:=-32768
456       else roeb:=roeb-offset;
457       roeb:=roeb SHR faktor;
458       lyncel[element]:=roeb;
459     END;
460   FOR n:=1 TO 128 DO
461   BEGIN
462     IF (lyncel[n]<>0) THEN SECT;
463   END;
464   SetColor(15);
465   FOR i:=1 TO k DO
466   BEGIN
467     PutPixel(iy[i],ix[i],iz[i]);
468     { display op scherm ! ix bevat x positie, iy y positie
469     k bevat aantal punten en lyncel=iz bevat kleur;}
470   END;
471   Sigma:=0;
472   j:=1;
473   FOR element:=1 TO 128-j DO
474   BEGIN
475     Sigma:=Sigma+EXP(b_waarde*LN(Z_waarden[element]^ [sector]));
476   END;
477   REPEAT
478     element:=128-j+1;
479     dummy:=a_waarde*Sigma;
480     dummy1:=EXP(b_waarde*LN(Z_waarden[element]^ [sector]));

```

```

481      Z_waarden[element]^ [sector]:=10*(LN(Z_waarden[element]^ [sector])-L*dummy)/LN(10); {dBZ_gemeten}
482      Sigma:=Sigma-dummy1;
483      j:=j+1;
484      UNTIL j=129;
485      FOR element:=1 TO 128 DO
486      BEGIN
487          bb:=Z_waarden[element]^ [sector]-6.2; {dBSol}
488          IF bb<=16.8 THEN bbb2:=16;
489          IF (bb>16.8) AND (bb<=19) THEN bbb2:=17;
490          IF (bb>19) AND (bb<=21.3) THEN bbb2:=18;
491          IF (bb>21.3) AND (bb<=23.4) THEN bbb2:=19;
492          IF (bb>23.4) AND (bb<=25.6) THEN bbb2:=20;
493          IF (bb>25.6) AND (bb<=27.8) THEN bbb2:=21;
494          IF (bb>27.8) AND (bb<=30) THEN bbb2:=22;
495          IF (bb>30) AND (bb<=32.2) THEN bbb2:=23;
496          IF (bb>32.2) AND (bb<=34.4) THEN bbb2:=24;
497          IF (bb>34.4) AND (bb<=36.6) THEN bbb2:=25;
498          IF (bb>36.6) AND (bb<=38.8) THEN bbb2:=26;
499          IF (bb>38.8) AND (bb<=41) THEN bbb2:=27;
500          IF (bb>41) AND (bb<=43.2) THEN bbb2:=28;
501          IF (bb>43.2) AND (bb<=45.4) THEN bbb2:=29;
502          IF (bb>45.4) AND (bb<=47.6) THEN bbb2:=30;
503          IF (bb>47.6) THEN bbb2:=31;
504          lyncel[element]:=bbb2;
505      END;
506      k:=0;
507      FOR n:=1 TO 128 DO
508      BEGIN
509          IF lyncel[n]<>0 THEN SECST;
510      END;
511      IF KEYPRESSED THEN HALT(0);
512      SetColor(15);
513      FOR i:=1 TO k DO
514      BEGIN
515          PutPixel(iy[i],ix[i]+210,iz[i]);
516      END;
517      END;
518      inc(m,mstep);
519      END;
520      END;
521
522      PROCEDURE SchrijfPalet;
523
524      BEGIN
525          FOR el := 0 TO 15 DO
526          BEGIN
527              Video_BIOS($1000,(palet2[el]*256+el),0,0,0,0);
528          END;
529      END;
530      END;
531
532      {*****}
533      {*      HOOFDPROGRAMMA      *}
534      {*****}
535
536      BEGIN
537          FOR i:=1 TO 128 DO
538          BEGIN
539              NEW(Z_waarden[i]);
540          END;
541          ClrScr;
542          GoToXY(1,1); Write('Geef drive van datafile! bv e: ');
543          GoToXY(1,2); Write('Geef path van datafile! bv \Data\ ');
544          GoToXY(1,3); Write('Geef deelnaam van datafile! bv D811 ');
545          GoToXY(40,1); ReadLn(Drive);
546          GoToXY(40,2); ReadLn(Pad);
547          GoToXY(40,3); ReadLn(DeelNaam);
548          Test:=TRUE;
549          Waar:=True;
550          Eerstekeer:=TRUE;
551          aantal:=0;
552          Testfile;
553          InitGrafiek;
554          SetTextStyle(2,0,4);
555          WHILE (Waar=TRUE) DO
556          BEGIN
557              LeesFile;
558              If DosError = 18 Then Halt(0);
559              aantal:=aantal+1;
560              STR(aantal,aant);

```

```
561 MaakSchoon(0,440,512,458);
562 OutTextXY(0,440,Drive+Pad+DirInfo.Name);
563 OutTextXY(0,450,'Aantal bekeken files:');
564 OutTextXY(170,450,aant);
565 SchrijfPalet;
566 max:=0;
567 VulLyncel;
568 VulArrays; { en display }
569 TekenKader;
570 Maakschoon(0,0,640,28);
571 SchrijfTekst;
572 SetTextStyle(2,0,4);
573 FindNext(DirInfo);
574 END;
575 CloseGraph;
576 FOR i:= 1 TO 128 DO
577 BEGIN
578 Dispose(Z_waarden[i]);
579 END;
580 END.
581
```

```

1 PROGRAM regen_intensiteit;
2
3 {$D-,F-,I-,N-,R-,S-,V-}
4
5 USES CRT,DOS;
6
7 {*****}
8 *Programmeur :Luyten G.J.H. *
9 *Datum       :maart/april 1990 *
10 * * *
11 *Dit programma berekent de reflectiviteitswaarden zoals die worden geregistreerd*
12 *door regenmeter Delft en de reflectiviteit *
13 *zoals die door Solidar worden geregistreerd. *
14 {*****}
15
16 CONST
17   x_rm1      =82;      {*****}
18   y_rm1      =100;     { * x=afstand van de regenmeter tot Solidar * }
19   x_rm2      =69;      { * y=sector waarin de regenmeter staat * }
20   y_rm2      =99;      {*****}
21   x_rm3      =80;
22   y_rm3      =113;
23   x_rm4      =7;
24   y_rm4      =128;
25   grootte    =259;
26
27 VAR
28   v_vert,v_wind :REAL;      {verticale valsnelheid regen, windsnelheid}
29   windrichting  :REAL;
30   regenhoogte   :REAL;
31   TAN           :ARRAY[1..4] OF REAL;
32   detectiehoogte:ARRAY[1..4] OF REAL; {hoogte waarop radar de regen detecteert}
33   hor_afst      :ARRAY[1..4] OF REAL; {lineaire afstand waarover regenmeter}
34                                     {moet worden verplaatst.}
35   snel,dummy    :REAL;
36   xxx,yyy,xy    :ARRAY[1..4] OF REAL; {Regressie variabelen}
37   xx,yy         :ARRAY[1..4] OF REAL; {Lineaire vector waarover de regen-}
38                                     {meters verplaatst moeten worden.}
39   aaaa,bbbb     :ARRAY[1..4] OF REAL; {regressiecoefficienten}
40   fi           :TEXT;
41   reg1,reg2,reg3,reg4 :TEXT;
42   sol1,sol2,sol3,sol4 :TEXT;
43   x,y,z        :INTEGER;
44   b,c,w        :WORD;
45   file_naam     :STRING[40];
46   y_oud,x_oud   :ARRAY[1..4] OF REAL; {Oude en nieuwe lineaire coördinaten}
47   y_nieuw,x_nieuw:ARRAY[1..4] OF REAL; {van regenmeters.}
48   phi,r        :ARRAY[1..4] OF REAL; {Poolcoördinaten regenmeters.}
49   x_rm_nieuw    :ARRAY[1..4] OF REAL; {Nieuwe posities regenmeter in het}
50   y_rm_nieuw    :ARRAY[1..4] OF REAL; {polaire vlak.}
51   Stand_afw    :ARRAY[1..4] OF REAL; {Standaardafw. gem. assessmentfactor.}
52   assessment    :ARRAY[1..4] OF REAL; {Gem. assessment-factor:radar/regenmeter}
53   Assess_kwadraat:ARRAY[1..4] OF REAL;
54   r_int        :ARRAY[1..4] OF REAL; {Regen int. op plaats regenmeter gemeten}
55                                     {met Solidar}
56   a,reg        :ARRAY[1..4] OF REAL; {Totale regenintensiteit gemeten met}
57   buf          :ARRAY[1..33152] OF BYTE; {Solidar}
58   getal_file   :FILE;
59   IOCode       :INTEGER;
60   GraphDriver  :INTEGER;
61   GraphMode    :INTEGER;
62   ErrorCode    :INTEGER;
63   NumRead      :WORD;
64   Waar         :BOOLEAN;
65   Test        :BOOLEAN;
66   DirInfo      :SearchRec;
67   Drive        :STRING[50];
68   Pad         :STRING[50];
69   DeelNaam     :STRING[50];
70   EersteKeer   :BOOLEAN;
71   Tekst_start1 :INTEGER;
72   Tekst_start2 :INTEGER;
73   ch          :CHAR;
74   tekst        :STRING[50];
75   toets        :BOOLEAN;
76   aantal,i    :INTEGER;
77   NRL,MAG,ZOET,DELFT:REAL; {Totale regenintensiteit gemeten met de regenmeters}
78
79
80 PROCEDURE LeesToetsResponse;

```

```

81
82 VAR
83   FuncKey :BOOLEAN;
84
85 BEGIN
86   ch := ReadKey;
87   IF ch <> #0 THEN FuncKey := false ELSE
88     BEGIN
89       FuncKey := true;
90       ch := ReadKey;
91     END;
92 END;
93
94
95 PROCEDURE TestFile;
96
97 BEGIN
98   {$I-}
99   GoToXY(0,50);
100  Write('Enter filenaam: ');
101  toets := false;
102  tekst := '';
103  LeesToetsResponse;
104  IF ORD(ch) <> 13 THEN
105    BEGIN
106      toets := true;
107      tekst := ConCat(tekst,ch);
108    END
109    ELSE toets := false;
110  While toets = true DO
111    BEGIN
112      LeesToetsResponse;
113      IF ORD(ch) <> 13 THEN
114        BEGIN
115          toets := true;
116          tekst := ConCat(tekst,ch);
117        END
118        ELSE toets := false;
119      END;
120      File_naam := tekst;
121      IF (EersteKeer = TRUE) THEN
122        BEGIN
123          FindFirst((Drive + Pad + Deelnaam + '.*'),AnyFile,DirInfo);
124          EersteKeer := FALSE;
125        END;
126      ASSIGN(getal_file,Drive + Pad + DirInfo.Name);
127      RESET(getal_file);
128      IOCode:=IORESULT;
129      IF IOCode<>0
130      THEN Writeln('File bestaat niet, probeer opnieuw')
131      {$I+}
132    END;
133
134
135 Procedure Output;
136
137 BEGIN
138   Writeln('No more files');
139   DirInfo.Name:=file_naam;
140   Test:=True;
141   ClrScr;
142   Writeln(fi,'datum: ',buf[13],'- ',buf[12],'- ',buf[11]);
143   Writeln(fi,'aantal bekeken files is ',aantal);
144   Writeln(fi,'                               EINDE
145   HALT(0);
146 END;
147
148
149 PROCEDURE LeesFile;
150
151 BEGIN
152   Write(Drive + Pad + DirInfo.Name);Writeln(' ',aantal+1);
153   Assign(getal_file,Drive + Pad + DirInfo.Name);
154   Reset(getal_file);
155   { De eerste 128 bytes in de file bevatten data, de overigen beelden }
156   REPEAT
157     BLOCKREAD(getal_file,buf,grootte,NumRead);
158   UNTIL NumRead=0;
159   CLOSE(getal_file);
160 END;

```

```

161
162
163 PROCEDURE Solidar;
164
165 {*****}
166 {* Deze procedure berekent de regenintensiteitswaarden op de plaats *}
167 {* van de regenmeters, gemeten met Solidar en gecorrigeerd voor wind *}
168 {*****}
169
170 VAR
171   bbb :INTEGER;
172   bb  :REAL;
173   aa  :STRING[16];
174   rebuf :ARRAY[1..500,1..4] OF REAL;
175   pos  :INTEGER;
176
177 BEGIN
178   pos:=0;
179   x:=x_rm4;y:=y_rm4;pos:=4;
180   IF pos<>0 THEN
181     BEGIN
182       z:=2*x-1;
183       w:=256*y+128;
184       b:=buf[w+z];
185       c:=buf[w+z+1];
186       b:=b+(c SHL 8);
187       bbb:=b;
188       bb:=(35/32768)*bbb+35;
189       r_int[pos]:=bb+6.2;          { dBZ }
190       r_int[pos]:=EXP((r_int[pos]/10)*LN(10)); { Z }
191       rebuf[aantal+1,pos]:=r_int[pos];
192       IF pos=4 THEN
193         BEGIN
194           Append(sol4);
195           Writeln(sol4,' ',r_int[4]:6:2);
196           Close(sol4);
197         END;
198       pos:=0;
199     END;
200 END;
201
202
203 PROCEDURE Regenmeter;
204
205 VAR echtg,echth,echti,echtj:REAL;
206     a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k,l,m:STRING[4];
207     x,y,z :STRING[255];
208 BEGIN
209   IF buf[10]<>0 THEN
210     echtj:=200*EXP(1.6*LN(buf[10]/2.55)) {* van [0..255]}
211   ELSE
212     echtj:=0;
213   Append(reg4);
214   Writeln(reg4,' ',echtj:6:2);
215   Close(reg4);
216 END;
217
218 {*****}
219 {* HOOFDPROGRAMMA *}
220 {*****}
221
222 BEGIN
223   Assign(fi,'c:\guido\data');
224   Rewrite(fi);
225   Assign(reg4,'c:\guido\Zregen4');
226   Rewrite(reg4);
227   Assign(sol4,'c:\guido\Zsoli4');
228   Rewrite(sol4);
229   aantal:=0;
230   Test:=TRUE;
231   Waar:=TRUE;
232   EersteKeer := TRUE;
233   ClrScr;
234   GoToXY(1,1); Write('Geef drive van datafile! bv d: ');
235   GoToXY(1,2); Write('Geef path van datafile! bv \Rora\ ');
236   GoToXY(1,3); Write('Geef deelnaam van datafile! bv D811 ');
237   GoToXY(45,1); ReadLn(Drive);
238   GoToXY(45,2); ReadLn(Pad);
239   GoToXY(45,3); ReadLn(DeelNaam);
240   TestFile;

```



```
241 WHILE (Waar=TRUE) DO
242 BEGIN
243   LeesFile;
244   IF DosError = 18 THEN Output;
245   Regenmeter;
246   Solidar;
247   FindNext(DirInfo);
248   aantal:=aantal+1;
249   Writeln;
250 END;
251 Close(sol4);
252 Close(reg4);
253 Close(fi);
254 END.
```

```

1 PROGRAM regen_intensiteit;
2
3 {$D-,F-,I-,N-,R-,S-,V-}
4
5 USES CRT,DOS;
6
7 {*****}
8 *Programmeur :Luyten G.J.H. *
9 *Datum :maart/april 1990 *
10 * *
11 *Dit programma berekent de reflectiviteitswaarden zoals die worden geregistreerd*
12 *door regenmeter Delft en de reflectiviteit zoals die door Solidar worden *
13 * geregistreerd. De radardata worden gemiddeld over 25 radarpunten *
14 {*****}
15
16 CONST
17 x_rm1 =82; {*****}
18 y_rm1 =100; {x=afstand van de regenmeter tot Solidar *}
19 x_rm2 =69; {y=sector waarin de regenmeter staat *}
20 y_rm2 =99; {*****}
21 x_rm3 =80;
22 y_rm3 =113;
23 x_rm4 =7;
24 y_rm4 =128;
25 grootte =259;
26
27 VAR
28 v_vert,v_wind :REAL; {verticale valsnelheid regen, windsnelheid}
29 windrichting :REAL;
30 regenhoogte :REAL;
31 TAN :ARRAY[1..4] OF REAL;
32 detectiehoogte :ARRAY[1..4] OF REAL; {hoogte waarop radar de regen detecteert}
33 hor_afst :ARRAY[1..4] OF REAL; {lineaire afstand waarover regenmeter}
34 {moet worden verplaatst.}
35 snel,dummy :REAL;
36 xxx,yyy,xy :ARRAY[1..4] OF REAL; {Regressie variabelen}
37 xx,yy :ARRAY[1..4] OF REAL; {Lineaire vector waarover de regen-}
38 {meters verplaatst moeten worden.}
39 aaaa,bbbb :ARRAY[1..4] OF REAL; {regressiecoefficienten}
40 fi :TEXT;
41 reg1,reg2,reg3,reg4 :TEXT;
42 sol1,sol2,sol3,sol4 :TEXT;
43 x,y,z :INTEGER;
44 b,c,w :WORD;
45 file_naam :STRING[40];
46 y_oud,x_oud :ARRAY[1..4] OF REAL; {Oude en nieuwe lineaire coördinaten}
47 y_nieuw,x_nieuw:ARRAY[1..4] OF REAL; {van regenmeters.}
48 phi,r :ARRAY[1..4] OF REAL; {Poolcoördinaten regenmeters.}
49 x_rm_nieuw :ARRAY[1..4] OF REAL; {Nieuwe posities regenmeter in het}
50 y_rm_nieuw :ARRAY[1..4] OF REAL; {polaire vlak.}
51 Stand_afw :ARRAY[1..4] OF REAL; {Standaardafw. gem. assessmentfactor.}
52 assessment :ARRAY[1..4] OF REAL; {Gem. assessment-factor:radar/regenmeter}
53 Assess_kwadraat:ARRAY[1..4] OF REAL;
54 r_int :ARRAY[1..4] OF REAL; {Regen int. op plaats regenmeter gemeten}
55 {met Solidar}
56 a,reg :ARRAY[1..4] OF REAL; {Totale regenintensiteit gemeten met}
57 buf :ARRAY[1..33152] OF BYTE; {Solidar}
58 getal_file :FILE;
59 IOCode :INTEGER;
60 GraphDriver :INTEGER;
61 GraphMode :INTEGER;
62 ErrorCode :INTEGER;
63 NumRead :WORD;
64 Waar :BOOLEAN;
65 Test :BOOLEAN;
66 DirInfo :SearchRec;
67 Drive :STRING[50];
68 Pad :STRING[50];
69 DeelNaam :STRING[50];
70 EersteKeer :BOOLEAN;
71 Tekst_start1 :INTEGER;
72 Tekst_start2 :INTEGER;
73 ch :CHAR;
74 tekst :STRING[50];
75 toets :BOOLEAN;
76 aantal,i,j :INTEGER;
77 NRL,MAG,ZOET,DELFT:REAL; {Totale regenintensiteit gemeten met de regenmeters}
78
79
80 PROCEDURE LeesToetsResponse;

```

```

81
82 VAR
83   FuncKey :BOOLEAN;
84
85 BEGIN
86   ch := ReadKey;
87   IF ch <> #0 THEN FuncKey := false ELSE
88     BEGIN
89       FuncKey := true;
90       ch := ReadKey;
91     END;
92 END;
93
94
95 PROCEDURE TestFile;
96
97 BEGIN
98   {$I-}
99   GoToXY(0,50);
100  Write('Enter filenaam: ');
101  toets := false;
102  tekst := '';
103  LeesToetsResponse;
104  IF ORD(ch) <> 13 THEN
105    BEGIN
106      toets := true;
107      tekst := ConCat(tekst,ch);
108    END
109  ELSE toets := false;
110  While toets = true DO
111    BEGIN
112      LeesToetsResponse;
113      IF ORD(ch) <> 13 THEN
114        BEGIN
115          toets := true;
116          tekst := ConCat(tekst,ch);
117        END
118      ELSE toets := false;
119    END;
120    File_naam := tekst;
121    IF (EersteKeer = TRUE) THEN
122      BEGIN
123        FindFirst((Drive + Pad + Deelnaam + '.*'),AnyFile,DirInfo);
124        EersteKeer := FALSE;
125      END;
126    ASSIGN(getal_file,Drive + Pad + DirInfo.Name);
127    RESET(getal_file);
128    IOCode:=IORESULT;
129    IF IOCode<>0
130    THEN Writeln('File bestaat niet, probeer opnieuw')
131    {$I+}
132  END;
133
134
135 Procedure Output;
136
137 BEGIN
138   Writeln('No more files');
139   DirInfo.Name:=file_naam;
140   Test:=True;
141   HALT(0);
142 END;
143
144
145 PROCEDURE LeesFile;
146
147 BEGIN
148   WRITE(Drive + Pad + DirInfo.Name);Writeln(' ',aantal+1);
149   ASSIGN(getal_file,Drive + Pad + DirInfo.Name);
150   RESET(getal_file);
151   { De eerste 128 bytes in de file bevatten data, de overigen beelden }
152   REPEAT
153     BLOCKREAD(getal_file,buf,grootte,NumRead);
154   UNTIL NumRead=0;
155   CLOSE(getal_file);
156 END;
157
158
159 PROCEDURE Solidar;
160

```

```

161 {*****}
162 {* Deze procedure berekent de regenintensiteitswaarden op de plaats *}
163 {* van de regenmeters, gemeten met Solidar en gecorrigeerd voor wind *}
164 {*****}
165
166 VAR
167   bbb :INTEGER;
168   bb  :REAL;
169   aa   :STRING[16];
170   rebuf :ARRAY[1..500,1..4] OF REAL;
171   pos  :INTEGER;
172
173 BEGIN
174   pos:=0;
175   x:=x_rm3;y:=y_rm3;pos:=4;
176   IF pos<>0 THEN
177     BEGIN
178       r_int[pos]:=0;
179       FOR i:=y-1 TO y+1 DO
180         BEGIN
181           FOR j:=x-1 TO x+1 DO
182             BEGIN
183               z:=2*j-1;
184               w:=256*i+128;
185               b:=buf[w+z];
186               c:=buf[w+z+1];
187               b:=b+(c SHL 8);
188               bbb:=b;
189               bb:=(35/32768)*bbb+35;
190               r_int[pos]:=r_int[pos]+EXP(((bb+6.2)/10)*LN(10));    ( z )
191             END;
192           END;
193           r_int[pos]:=r_int[pos]/9;
194           rebuf[aantal+1,pos]:=r_int[pos];
195           IF pos=4 THEN
196             BEGIN
197               Append(sol4);
198               Writeln(sol4,' ',rebuf[aantal+1,pos]:6:2);
199               Close(sol4);
200             END;
201           pos:=0;
202         END;
203       END;
204
205
206 PROCEDURE Regenmeter;
207
208 VAR echtg,echth,echti,echtj :REAL;
209     a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k,l,m:STRING[4];
210     x,y,z :STRING[255];
211
212 BEGIN
213   IF buf[9]<>0 THEN
214     echtj:=200*EXP(1.6*LN(buf[9]/2.55)) (* van [0..255])
215   ELSE
216     echtj:=0;
217   Append(reg4);
218   Writeln(reg4,' ',echtj:6:2);
219   Close(reg4);
220 END;
221
222 {*****}
223 {* HOOFDPROGRAMMA *}
224 {*****}
225
226 BEGIN
227   Assign(reg4,'d:\guido\Zregen3');
228   Rewrite(reg4);
229   Assign(sol4,'d:\guido\Zsoli3');
230   Rewrite(sol4);
231   aantal:=0;
232   Test:=TRUE;
233   Waar:=TRUE;
234   EersteKeer := TRUE;
235   ClrScr;
236   GoToXY(1,1); Write('Geef drive van datafile! bv d: ');
237   GoToXY(1,2); Write('Geef path van datafile! bv \Rora\ ');
238   GoToXY(1,3); Write('Geef deelnaam van datafile! bv D811 ');
239   GoToXY(45,1); ReadLn(Drive);
240   GoToXY(45,2); ReadLn(Pad);

```

```
241 GoToXY(45,3); ReadLn(DeelNaam);
242 TestFile;
243 WHILE (Waar=TRUE) DO
244 BEGIN
245     LeesFile;
246     IF DosError = 18 THEN Output;
247     Regenmeter;
248     Solidar;
249     FindNext(DirInfo);
250     aantal:=aantal+1;
251     Writeln;
252 END;
253 Close(sol4);
254 Close(reg4);
255 END.
```

```

1 PROGRAM regen_intensiteit;
2
3 {$D-,F-,I-,N-,R-,S-,V-}
4
5 USES CRT,DOS;
6
7 {*****}
8 *Programmeur :Luyten G.J.H. *
9 *Datum       :maart/april 1990 *
10 * * *
11 *Dit programma berekent de regenintensiteiten zoals die worden geregistreerd *
12 *door de regenmeters en de regenintensiteiten gecorrigeerd voor de windrichting*
13 *en windsnelheid zoals die door Solidar worden geregistreerd. *
14 {*****}
15
16 CONST
17   x_rm1      =82;      {*****}
18   y_rm1      =100;     {* x=afstand van de regenmeter tot Solidar *}
19   x_rm2      =69;     {* y=sector waarin de regenmeter staat *}
20   y_rm2      =99;     {*****}
21   x_rm3      =80;
22   y_rm3      =113;
23   x_rm4      =7;
24   y_rm4      =128;
25   grootte    =259;
26
27 VAR
28   reg1,reg2,reg3,reg4 :TEXT;
29   sol1,sol2,sol3,sol4 :TEXT;
30   x,y,z             :INTEGER;
31   b,c,w             :WORD;
32   file_naam         :STRING[40];
33   r_int             :ARRAY[1..4] OF REAL;  (Regen int. op plaats regenmeter gemeten)
34                                           {met Solidar}
35   buf               :ARRAY[1..33152] OF BYTE;  {Solidar}
36   getal_file        :FILE;
37   IOCode            :INTEGER;
38   ErrorCode         :INTEGER;
39   NumRead           :WORD;
40   Waar              :BOOLEAN;
41   Test              :BOOLEAN;
42   DirInfo            :SearchRec;
43   Drive              :STRING[50];
44   Pad                :STRING[50];
45   DeelNaam           :STRING[50];
46   EersteKeer        :BOOLEAN;
47   ch                 :CHAR;
48   tekst              :STRING[50];
49   toets              :BOOLEAN;
50   aantal,i          :INTEGER;
51
52
53
54 PROCEDURE LeesToetsResponse;
55
56 VAR
57   FuncKey :BOOLEAN;
58
59 BEGIN
60   ch := ReadKey;
61   IF ch <> #0 THEN FuncKey := false ELSE
62   BEGIN
63     FuncKey := true;
64     ch := ReadKey;
65   END;
66 END;
67
68
69 PROCEDURE TestFile;
70
71 BEGIN
72 {$I-}
73 IF (EersteKeer = TRUE) THEN
74 BEGIN
75   FindFirst((Drive + Pad + Deelnaam + '.*'),AnyFile,DirInfo);
76   EersteKeer := FALSE;
77 END;
78 ASSIGN(getal_file,Drive + Pad + DirInfo.Name);
79 RESET(getal_file);
80 IOCode:=IORESULT;

```

```

81  {$I+}
82  END;
83
84
85  Procedure Output;
86
87  BEGIN
88    Writeln('No more files');
89    Close(reg1);
90    Close(reg2);
91    Close(reg3);
92    Close(reg4);
93    Close(sol1);
94    Close(sol2);
95    Close(sol3);
96    Close(sol4);
97    HALT(0);
98  END;
99
100
101  PROCEDURE LeesFile;
102
103  BEGIN
104    Write(Drive + Pad + DirInfo.Name);Writeln(' ',aantal+1);
105    Assign(getal_file,Drive + Pad + DirInfo.Name);
106    Reset(getal_file);
107    { De eerste 128 bytes in de file bevatten data, de overigen beelden }
108    REPEAT
109      BLOCKREAD(getal_file,buf,grootte,NumRead);
110    UNTIL NumRead=0;
111    CLOSE(getal_file);
112  END;
113
114
115  PROCEDURE Solidar;
116
117  {*****}
118  {* Deze procedure berekent de regenintensiteitswaarden op de plaats *}
119  {* van de regenmeters, gemeten met Solidar en gecorrigeerd voor wind*}
120  {*****}
121
122  VAR
123    bbb :INTEGER;
124    aa :STRING[16];
125    rebuf :ARRAY[1..500,1..4] OF REAL;
126    pos :INTEGER;
127    bb :REAL;
128    c_waarde,d_waarde :real;
129
130  BEGIN
131    pos:=1;
132    REPEAT
133      IF pos=1 THEN
134        BEGIN
135          x:=x_rm1;y:=y_rm1;
136          c_waarde:=17;d_waarde:=16; {standaard c=23-6=17 in dB's, d=16 (10*d)}
137        END;
138      IF pos=2 THEN
139        BEGIN
140          x:=x_rm2;y:=y_rm2;
141          c_waarde:=17;d_waarde:=16;
142        END;
143      IF pos=3 THEN
144        BEGIN
145          x:=x_rm3;y:=y_rm3;
146          c_waarde:=17;d_waarde:=16;
147        END;
148      IF pos=4 THEN
149        BEGIN
150          x:=x_rm4;y:=y_rm4;
151          c_waarde:=17;d_waarde:=16;
152        END;
153      IF pos<>0 THEN
154        BEGIN
155          z:=2*x-1;
156          w:=256*y+128;
157          b:=buf[w+z];
158          c:=buf[w+z+1];
159          b:=b+(c SHL 8);
160          bbb:=b;

```

```

161     bb:=(35/32768)*bbb+35;
162     IF bb=0 THEN r_int[pos]:=0 ELSE
163     r_int[pos]:=exp(((bb-(c_waarde-6.2))/d_waarde)*ln(10)); {Radarconstante 4,0 = 6 dB}
164     rebuf[aantal+1,pos]:=r_int[pos];
165     IF pos=1 THEN
166     BEGIN
167         Append(sol1);
168         Writeln(sol1,' ',r_int[1]:6:2);
169         Close(sol1);
170     END;
171     IF pos=2 THEN
172     BEGIN
173         Append(sol2);
174         Writeln(sol2,' ',r_int[2]:6:2);
175         Close(sol2);
176     END;
177     IF pos=3 THEN
178     BEGIN
179         Append(sol3);
180         Writeln(sol3,' ',r_int[3]:6:2);
181         Close(sol3);
182     END;
183     IF pos=4 THEN
184     BEGIN
185         Append(sol4);
186         Writeln(sol4,' ',r_int[4]:6:2);
187         Close(sol4);
188     END;
189     pos:=pos+1;
190     END;
191     UNTIL pos=5;
192 END;
193
194
195 PROCEDURE Regenmeter;
196
197     VAR echtg,echth,echti,echtj:REAL;
198     a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k,l,m:STRING[4];
199     x,y,z :STRING[255];
200 BEGIN
201     echtg:=buf[7]/2.55; {*****}
202     echth:=buf[8]/2.55; { * berekening echte waarden gemeten met regenmeter.*}
203     echti:=buf[9]/2.55; { * [0..100 mm/h] is waarde in buf[7,8,9 of 10] *}
204     echtj:=buf[10]/2.55; { * van [0..255]. *}
205     STR(echtg:5:2,g); {*****}
206     STR(echth:5:2,h);
207     STR(echti:5:2,i);
208     STR(echtj:5:2,j);
209     z:=g;
210     Append(reg1);
211     Writeln(reg1,' ',z);
212     Close(reg1);
213     z:=h;
214     Append(reg2);
215     Writeln(reg2,' ',z);
216     Close(reg2);
217     z:=i;
218     Append(reg3);
219     Writeln(reg3,' ',z);
220     Close(reg3);
221     z:=j;
222     Append(reg4);
223     Writeln(reg4,' ',z);
224     Close(reg4);
225 END;
226
227     {*****}
228     { * HOOFDPROGRAMMA *}
229     {*****}
230
231 BEGIN
232     Assign(reg1,'e:\regen1');
233     Rewrite(reg1);
234     Assign(reg2,'e:\regen2');
235     Rewrite(reg2);
236     Assign(reg3,'e:\regen3');
237     Rewrite(reg3);
238     Assign(reg4,'e:\regen4');
239     Rewrite(reg4);
240     Assign(sol1,'e:\soli1');

```



```
241 Rewrite(sol1);
242 Assign(sol2,'e:\soli2');
243 Rewrite(sol2);
244 Assign(sol3,'e:\soli3');
245 Rewrite(sol3);
246 Assign(sol4,'e:\soli4');
247 Rewrite(sol4);
248 aantal:=0;
249 Test:=TRUE;
250 Waar:=TRUE;
251 EersteKeer := TRUE;
252 ClrScr;
253 GoToXY(1,1); Write('Geef drive van datafile! bv d: ');
254 GoToXY(1,2); Write('Geef path van datafile! bv \Rora\ ');
255 GoToXY(1,3); Write('Geef deelnaam van datafile! bv D811 ');
256 GoToXY(45,1); ReadLn(Drive);
257 GoToXY(45,2); ReadLn(Pad);
258 GoToXY(45,3); ReadLn(DeelNaam);
259 TestFile;
260 WHILE (Waar=TRUE) DO
261 BEGIN
262     LeesFile;
263     IF DosError = 18 THEN Output;
264     Regenmeter;
265     Solidar;
266     FindNext(DirInfo);
267     aantal:=aantal+1;
268     Writeln;
269 END;
270 END.
```

```

1 PROGRAM regen_intensiteit;
2
3 {$D-,F-,I-,N-,R-,S-,V-}
4
5 USES CRT,DOS;
6
7 {*****}
8 * Programmeur : Luyten G.J.H. *
9 * Datum      : maart\april 1990 *
10 * * *
11 * Dit programma doet hetzelfde als LUYTEN4.PAS ,alleen worden de waarden van *
12 * Solidar nu over 5 x 5 punten gemiddeld. *
13 {*****}
14
15 CONST
16   x_rm1      =82;      {*****}
17   y_rm1      =100;     { * x=afstand van de regenmeter tot Solidar * }
18   x_rm2      =69;     { * y=sector waarin de regenmeter staat * }
19   y_rm2      =99;     {*****}
20   x_rm3      =80;
21   y_rm3      =113;
22   x_rm4      =7;
23   y_rm4      =128;
24   grootte    =259;
25
26 VAR
27   v_vert,v_wind :REAL;
28   windrichting  :REAL;
29   regenhoogte   :REAL;
30   TAN           :ARRAY[1..4] OF REAL;
31   detectiehoogte:ARRAY[1..4] OF REAL;
32   hor_afst      :ARRAY[1..4] OF REAL;
33   snel          :REAL;
34   xx,yy,xxx,xy  :ARRAY[1..4] OF REAL; {Lineaire vector waarover de regen-}
35                                     {meters verplaatst moeten worden.}
36   fi            :TEXT;
37   sol1,sol2,sol3,sol4:TEXT;
38   reg1,reg2,reg3,reg4:TEXT;
39   x,y,z         :INTEGER;
40   b,c,w         :WORD;
41   file_naam     :STRING[40];
42   y_oud,x_oud   :ARRAY[1..4] OF REAL; {Oude en nieuwe lineaire coördinaten}
43   y_nieuw,x_nieuw:ARRAY[1..4] OF REAL; {van regenmeters.}
44   phi,r        :ARRAY[1..4] OF REAL; {Poolcoördinaten regenmeters.}
45   x_rm_nieuw    :ARRAY[1..4] OF REAL; {Nieuwe posities regenmeter in het}
46   y_rm_nieuw    :ARRAY[1..4] OF REAL; {polaire vlak.}
47   Stand_afw    :ARRAY[1..4] OF REAL; {Standaardafw. gem. assessmentfactor.}
48   assessment    :ARRAY[1..4] OF REAL; {Gem. assessment-factor:radar/regenmeter}
49   Assess_kwadraat:ARRAY[1..4] OF REAL;
50   r_int        :ARRAY[1..4] OF REAL; {Regen int. op plaats regenmeter gemeten}
51                                     {met Solidar}
52   a            :ARRAY[1..4] OF REAL; {Totale regenintensiteit gemeten met}
53   buf         :ARRAY[1..33152] OF BYTE; {Solidar}
54   getal_file   :FILE;
55   IOCode       :INTEGER;
56   GraphDriver  :INTEGER;
57   GraphMode    :INTEGER;
58   ErrorCode    :INTEGER;
59   NumRead      :WORD;
60   Waar         :BOOLEAN;
61   Test        :BOOLEAN;
62   DirInfo      :SearchRec;
63   Drive        :STRING[50];
64   Pad          :STRING[50];
65   DeelNaam     :STRING[50];
66   EersteKeer   :BOOLEAN;
67   Tekst_start1 :INTEGER;
68   Tekst_start2 :INTEGER;
69   ch           :CHAR;
70   tekst        :STRING[50];
71   toets        :BOOLEAN;
72   aantal,i,j  :INTEGER;
73   NRL,MAG,ZOET,DELFT:REAL; {Totale regenintensiteit gemeten met de regenmeters}
74
75
76 PROCEDURE Wind_correctie;
77
78 {*****}
79 { * Deze procedure transformeert de plaats van de regenmeters in het po-* }
80 { * laire vlak naar poolcoördinaten, deze naar lineaire coördinaten.Aan * }

```

```

81  (* de hand van de windsnelheid en -richting wordt de lineaire vector *)
82  (* bepaalt waarover de regenmeters verplaatst moeten worden.Uit deze *)
83  (* nieuwe lineaire plaatscoördinaten worden weer de nieuwe poolcoördi- *)
84  (* naten bepaalt, en met behulp hiervan de nieuwe sectoren en afstanden*)
85  (* van de regenmeters. *)
86  {*****}
87
88 BEGIN
89   phi[1]:=(144-y_rm1)*1.875;phi[2]:=(144-y_rm2)*1.875;
90   phi[3]:=(144-y_rm3)*1.875;phi[4]:=(144-y_rm4)*1.875;
91   r[1]:=x_rm1*120;r[2]:=x_rm2*120;r[3]:=x_rm3*120;r[4]:=x_rm4*120;
92   detectiehoogte[1]:=241.43;detectiehoogte[2]:=218.43;
93   detectiehoogte[3]:=238.46;detectiehoogte[4]:=108.62;
94   FOR i:=1 TO 4 DO
95     BEGIN
96       x_oud[i]:=r[i]*cos(2*pi*phi[i]/360);
97       y_oud[i]:=r[i]*sin(2*pi*phi[i]/360);
98       hor_afst[i]:=detectiehoogte[i]*v_wind/v_vert;
99       yy[i]:=hor_afst[i]*cos(2*pi*windrichting/360);
100      xx[i]:=hor_afst[i]*sin(2*pi*windrichting/360);
101      Write('xoud ',i,': ',x_oud[i]:6:2);
102      Writeln(' youd ',i,': ',y_oud[i]:6:2);
103      write('xverplaats ',i,': ',xx[i]:6:2);
104      Writeln(' yverplaats ',i,': ',yy[i]:6:2);
105
106      {*****}
107      (* Vanwege het feit dat alle regenmeters in het vierde kwadrant liggen, *)
108      (* hoeven we maar 1 formule voor de vector (x,y) te gebruiken.Deze *)
109      (* formule is voor kwadrant 2 hetzelfde en voor regenmeters gelegen in *)
110      (* de kwadranten 3 en 4 *)
111      (* anders! *)
112      (* 3e/4e kwadrant: x = hor_afst*sin(2*pi*windrichting/360) *)
113      (* y = hor_afst*cos(2*pi*windrichting/360) *)
114      {*****}
115
116      x_nieuw[i]:=x_oud[i]+xx[i];
117      y_nieuw[i]:=y_oud[i]+yy[i];
118      write('xnieuw ',i,': ',x_nieuw[i]:6:2);
119      Writeln(' ynieuw ',i,': ',y_nieuw[i]:6:2);
120      r[i]:=SQRT(SQR(x_nieuw[i])+SQR(y_nieuw[i]));
121      IF x_nieuw[i]=0 THEN
122        BEGIN
123          IF y_nieuw[i]>0 THEN phi[i]:=90 ELSE phi[i]:=-90;
124        END
125      ELSE
126        BEGIN
127          TAN[i]:=y_nieuw[i]/x_nieuw[i];
128          PHI[i]:=(360/(2*PI))*ARCTAN(TAN[i]);
129          writeln('PHI: ',phi[i]:6:2);
130        END;
131      x_rm_nieuw[i]:=ROUND(r[i]/120);
132      IF x_nieuw[i]>=0 THEN
133        BEGIN
134          IF y_nieuw[i]<0 THEN y_rm_nieuw[i]:=ROUND(144+PHI[i]/1.875) ELSE
135            y_rm_nieuw[i]:=ROUND(144-PHI[i]/1.875);
136        END;
137      IF x_nieuw[i]<0 THEN
138        BEGIN
139          IF y_nieuw[i]<0 THEN y_rm_nieuw[i]:=ROUND(48-PHI[i]/1.875) ELSE
140            y_rm_nieuw[i]:=ROUND(48-PHI[i]/1.875);
141        END;
142      Writeln('positie van regenmeter ',i,' wordt nu (' ,x_rm_nieuw[i]:3:0,' , ',y_rm_nieuw[i]:3:0,')');
143    END;
144  END;
145
146
147 PROCEDURE LeesToetsResponse;
148
149 VAR
150   FuncKey :BOOLEAN;
151
152 BEGIN
153   ch := ReadKey;
154   IF ch <> #0 THEN FuncKey := false ELSE
155     BEGIN
156       FuncKey := true;
157       ch := ReadKey;
158     END;
159 END;
160

```

```

161
162 PROCEDURE TestFile;
163
164 BEGIN
165   {$I-}
166   GoToXY(0,50);
167   Write('Enter filenaam: ');
168   toets := false;
169   tekst := '';
170   LeesToetsResponse;
171   IF ORD(ch) <> 13 THEN
172     BEGIN
173       toets := true;
174       tekst := ConCat(tekst,ch);
175     END
176   ELSE toets := false;
177   While toets = true DO
178     BEGIN
179       LeesToetsResponse;
180       IF ORD(ch) <> 13 THEN
181         BEGIN
182           toets := true;
183           tekst := ConCat(tekst,ch);
184         END
185       ELSE toets := false;
186     END;
187     File_naam := tekst;
188     IF (EersteKeer = TRUE) THEN
189       BEGIN
190         FindFirst((Drive + Pad + Deelnaam + '.*'),AnyFile,DirInfo);
191         EersteKeer := FALSE;
192       END;
193       ASSIGN(getal_file,Drive + Pad + DirInfo.Name);
194       RESET(getal_file);
195       IOCode:=IORESULT;
196       IF IOCode<>0
197       THEN Writeln('File bestaat niet, probeer opnieuw')
198       {$I+}
199 END;
200
201
202 PROCEDURE Output;
203
204 BEGIN
205   Writeln('No more files');
206   Writeln(fi,'datum: ',buf[13],'- ',buf[12],'- ',buf[11]);
207   Writeln(fi,'aantal bekeken files is ',aantal);
208   Writeln(fi,'windsnelheid is ',v_wind:6:3);
209   Writeln(fi,'windrichting is ',windrichting:6:3);
210   Writeln(fi,'gemiddeld over 25 punten');
211   FOR i:=1 TO 4 DO
212     BEGIN
213       a[i]:=a[i]/aantal;
214       stand_afw[i]:=SQRT((Assess_kwadraat[i]-(SQR(Assessment[i]))/(aantal)))/(aantal-1));
215       assessment[i]:=assessment[i]/(aantal);
216       Writeln(fi,'REGENMETER ',i,':');
217       Writeln(fi,'gemiddelde assessmentfactor is      : ',assessment[i]:6:3);
218       Writeln(fi,'standaardafwijking gemid. assess. is: ',stand_afw[i]:6:3);
219       Writeln(fi,'gemid. regint. volgens Solidar is   : ',a[i]:6:3);
220       Writeln(fi,'som van r_int*radar is : ',xy[i]:6:3);
221       Writeln(fi,'som van r_int*r_int is : ',xxx[i]:6:3);
222       Writeln(fi);
223     END;
224     NRL:=NRL/(2.55*(aantal));MAG:=MAG/(2.55*(aantal));
225     DELFT:=DELFT/(2.55*(aantal));ZOET:=ZOET/(2.55*(aantal));
226     Writeln(fi,'gemiddelde regenintensiteit bij  NRL: ',NRL:6:3);
227     Writeln(fi,'                                MAG: ',MAG:6:3);
228     Writeln(fi,'                                ZOET: ',ZOET:6:3);
229     Writeln(fi,'                                DELFT: ',DELFT:6:3);
230     Writeln(fi,'                                ');Writeln(fi,'                                ');
231     Writeln(fi,'                                ');Writeln(fi,'                                ');
232     Writeln(fi,'                                EINDE                                ');
233     HALT(0);
234 END;
235
236
237 PROCEDURE LeesFile;
238
239 BEGIN
240   Write(Drive + Pad + DirInfo.Name);Writeln(' ',aantal+1);

```

```

241 ASSIGN(getal_file,Drive + Pad + DirInfo.Name);
242 RESET(getal_file);
243 { De eerste 128 bytes in de file bevatten data, de overigen beelden }
244 REPEAT
245     BLOCKREAD(getal_file,buf,grootte,NumRead);
246 UNTIL NumRead=0;
247 CLOSE(getal_file);
248 END;
249
250
251 PROCEDURE Solidar;
252
253 {*****}
254 {* Deze procedure berekent de regenintensiteitswaarden op de plaats *}
255 {* van de regenmeters, gemeten met Solidar. *}
256 {*****}
257
258 VAR
259     bbb :INTEGER;
260     bb  :REAL;
261     aa  :STRING[16];
262     rebuf :ARRAY[1..500,1..4] OF REAL;
263     pos,dummy1,dummy2 :INTEGER;
264
265 BEGIN
266     pos:=0;
267     FOR y:=1 TO 128 DO
268     BEGIN
269         FOR x:=1 TO 128 DO
270         BEGIN
271             IF (x=x_rm_nieuw[1]) AND (y=y_rm_nieuw[1]) THEN pos:=1;
272             IF (x=x_rm_nieuw[2]) AND (y=y_rm_nieuw[2]) THEN pos:=2;
273             IF (x=x_rm_nieuw[3]) AND (y=y_rm_nieuw[3]) THEN pos:=3;
274             IF (x=x_rm_nieuw[4]) AND (y=y_rm_nieuw[4]) THEN pos:=4;
275             IF pos<>0 THEN
276             BEGIN
277                 r_int[pos]:=0;
278                 IF y<=126 THEN
279                 BEGIN
280                     dummy1:=2;dummy2:=25;
281                 END
282             ELSE
283             BEGIN
284                 dummy1:=0;dummy2:=15;
285             END;
286             FOR i:=y-2 TO y+dummy1 DO
287             BEGIN
288                 FOR j:=x-2 TO x+2 DO
289                 BEGIN
290                     z:=2*j-1;
291                     w:=256*i+128;
292                     b:=buf[w+z];
293                     c:=buf[w+z+1];
294                     b:=b+(c SHL 8);
295                     bbb:=b;
296                     bb:=(35/32768)*bbb+35;
297                     IF bb<>0 THEN
298                         r_int[pos]:=r_int[pos]+exp(((bb-10.8)/16)*ln(10)); {radarconst 6 dB}
299                     END;
300                 END;
301                 r_int[pos]:=r_int[pos]/dummy2;
302                 rebuf[aantal+1,pos]:=r_int[pos];
303                 a[pos]:=a[pos]+rebuf[aantal+1,pos];
304                 IF pos=1 THEN
305                 BEGIN
306                     Append(sol1);
307                     Writeln(sol1,' ',r_int[1]:6:2);
308                     Close(sol1);
309                 END;
310                 IF pos=2 THEN
311                 BEGIN
312                     Append(sol2);
313                     Writeln(sol2,' ',r_int[2]:6:2);
314                     Close(sol2);
315                 END;
316                 IF pos=3 THEN
317                 BEGIN
318                     Append(sol3);
319                     Writeln(sol3,' ',r_int[3]:6:2);
320                     Close(sol3);

```

```

321 END;
322 IF pos=4 THEN
323 BEGIN
324     Append(sol4);
325     Writeln(sol4,' ',r_int[4]:6:2);
326     Close(sol4);
327 END;
328 IF (buf[7]<>0) AND (pos=1) THEN
329 BEGIN
330     Assessment[pos]:=Assessment[pos] + rebuf[aantal+1,pos]/(buf[7]/2.55);
331     Assess_kwadraat[pos]:=Assess_kwadraat[pos]+SQR(rebuf[aantal+1,pos]/(buf[7]/2.55));
332 END;
333 IF (buf[8]<>0) AND (pos=2) THEN
334 BEGIN
335     Assessment[pos]:=Assessment[pos] + rebuf[aantal+1,pos]/(buf[8]/2.55);
336     Assess_kwadraat[pos]:=Assess_kwadraat[pos]+SQR(rebuf[aantal+1,pos]/(buf[8]/2.55));
337 END;
338 IF (buf[9]<>0) AND (pos=3) THEN
339 BEGIN
340     Assessment[pos]:=Assessment[pos] + rebuf[aantal+1,pos]/(buf[9]/2.55);
341     Assess_kwadraat[pos]:=Assess_kwadraat[pos]+SQR(rebuf[aantal+1,pos]/(buf[9]/2.55));
342 END;
343 IF (buf[10]<>0) AND (pos=4) THEN
344 BEGIN
345     Assessment[pos]:=Assessment[pos] + rebuf[aantal+1,pos]/(buf[10]/2.55);
346     Assess_kwadraat[pos]:=Assess_kwadraat[pos]+SQR(rebuf[aantal+1,pos]/(buf[10]/2.55));
347 END;
348 pos:=0;
349 END;
350 END;
351 END;
352 END;
353
354
355 PROCEDURE Regenmeter;
356
357 VAR
358     echtg,echth,echti,echtj:REAL;
359     a,b,c,d,e,f,g,h,i,j,k,l,m:STRING[4];
360     x,y,z :STRING[255];
361
362 BEGIN
363     echtg:=buf[7]/2.55; {*****}
364     echth:=buf[8]/2.55; {* berekening echte waarden gemeten met regenmeter.*}
365     echti:=buf[9]/2.55; {* [0..100 mm/h] is waarde in buf[7,8,9 of 10] *}
366     echtj:=buf[10]/2.55; {* van [0..255]. *}
367     STR(echtg:5:2,g); {*****}
368     STR(echth:5:2,h);
369     STR(echti:5:2,i);
370     STR(echtj:5:2,j);
371     z:=g;
372     Append(reg1);
373     Writeln(reg1,' ',z);
374     Close(reg1);
375     z:=h;
376     Append(reg2);
377     Writeln(reg2,' ',z);
378     Close(reg2);
379     z:=i;
380     Append(reg3);
381     Writeln(reg3,' ',z);
382     Close(reg3);
383     z:=j;
384     Append(reg4);
385     Writeln(reg4,' ',z);
386     Close(reg4);
387     NRL:=NRL+buf[7];MAG:=MAG+buf[8];ZOET:=ZOET+buf[9];DELFT:=DELFT+buf[10];
388 END;
389
390 {*****}
391 {* HOOFDPROGRAMMA *}
392 {*****}
393
394 BEGIN
395     Assign(fi,'e:\gdata');
396     Rewrite(fi);
397     Assign(reg1,'e:\regen1');
398     Rewrite(reg1);
399     Assign(reg2,'e:\regen2');
400     Rewrite(reg2);

```

```

401 Assign(reg3,'e:\regen3');
402 Rewrite(reg3);
403 Assign(reg4,'e:\regen4');
404 Rewrite(reg4);
405 Assign(sol1,'e:\gsoli1');
406 Rewrite(sol1);
407 Assign(sol2,'e:\gsoli2');
408 Rewrite(sol2);
409 Assign(sol3,'e:\gsoli3');
410 Rewrite(sol3);
411 Assign(sol4,'e:\gsoli4');
412 Rewrite(sol4);
413 FOR i:=1 TO 4 DO
414 BEGIN
415     a[i]:=0;xxx[i]:=0;xy[i]:=0;
416     assessment[i]:=0;
417     Assess_kwadraat[i]:=0;
418 END;
419 NRL:=0;MAG:=0;ZOET:=0;DELFT:=0;
420 aantal:=0;
421 Test:=TRUE;
422 Waar:=TRUE;
423 EersteKeer := TRUE;
424 ClrScr;
425 GoToXY(1,1); Write('Geef drive van datafile! bv d: ');
426 GoToXY(1,2); Write('Geef path van datafile! bv \Rora\ ');
427 GoToXY(1,3); Write('Geef deelnaam van datafile! bv D811 ');
428 GoToXY(1,4); Write('Geef de windrichting in graden (0-360): ');
429 GoToXY(1,5); Write('Geef de windsnelheid in m/s: ');
430 GoToXY(1,6); Write('Geef de verticale valsnelheid van de regen: ');
431 GoToXY(45,1); ReadLn(Drive);
432 GoToXY(45,2); ReadLn(Pad);
433 GoToXY(45,3); ReadLn(DeelNaam);
434 GoToXY(45,4); ReadLn(windrichting);
435 GoToXY(45,5); ReadLn(v_wind);
436 GoToXY(45,6); ReadLn(v_vert);
437 Wind_correctie;
438 TestFile;
439 WHILE(Waar=TRUE)DO
440 BEGIN
441     LeesFile;
442     IF DosError = 18 THEN Output;
443     Regenmeter;
444     Solidar;
445     FOR i:=1 TO 4 DO
446 BEGIN
447     xy[i]:=xy[i]+r_int[i]*buf[6+i]; {berekenen voor regressieanalyse}
448     xxx[i]:=xxx[i]+SQR(buf[i+6]);
449 END;
450 FindNext(DirInfo);
451 aantal:=aantal+1;
452 Writeln;
453 END;
454 Close(reg1);
455 Close(reg2);
456 Close(reg3);
457 Close(reg4);
458 Close(sol1);
459 Close(sol2);
460 Close(sol3);
461 Close(sol4);
462 Close(fi);
463 END.

```

```

1 PROGRAM regen_intensiteit;
2
3 {$D-,F-,I-,N-,R-,S-,V-}
4
5 USES CRT,DOS;
6
7 {*****}
8 *Programmeur :Luyten G.J.H. *
9 *Datum       :november 1990 *
10 * * *
11 *Dit programma berekent de optimale coëfficiënten c en d in de Z/R relatie via *
12 *een niet lineaire regressiemethode. Dit is gedaan voor de vier regenmeters *
13 *in het radargebied van Solidar. *
14 ***** }
15
16 CONST
17   x_rm1      =82;      {*****}
18   y_rm1      =100;     { * x=afstand van de regenmeter tot Solidar * }
19   x_rm2      =69;      { * y=sector waarin de regenmeter staat * }
20   y_rm2      =99;      {*****}
21   x_rm3      =80;
22   y_rm3      =113;
23   x_rm4      =7;
24   y_rm4      =128;
25   grootte    =259;
26
27 VAR
28   x,y,z      :INTEGER;
29   b,c,w      :WORD;
30   file_naam   :STRING[40];
31   buf         :ARRAY[1..33152] OF BYTE;
32   getal_file  :FILE;
33   IOCode      :INTEGER;
34   NumRead     :WORD;
35   Waar        :BOOLEAN;
36   Test        :BOOLEAN;
37   DirInfo     :SearchRec;
38   Drive       :STRING[50];
39   Pad         :STRING[50];
40   DeelNaam    :STRING[50];
41   EersteKeer  :BOOLEAN;
42   ch          :CHAR;
43   tekst       :STRING[50];
44   toets       :BOOLEAN;
45   aantal,i,ii,j :INTEGER;
46   r_int       :ARRAY[1..40,1..4] OF REAL;
47   echt        :ARRAY[1..512,1..4] OF REAL;
48   dummy_r_int :ARRAY[1..512,1..4] OF REAL;
49   som_verschil_regint: ARRAY[1..40,1..4] OF REAL;
50   som_rad_regint_kwad: ARRAY[1..40,1..4] OF REAL;
51   d_waarde    :ARRAY[1..40] OF REAL; {d.i. de inverse van de d-parameter}
52   c_waarde_rnl,c_waarde_mag :ARRAY[1..40] OF REAL;
53   c_waarde_zoet,c_waarde_delft :ARRAY[1..40] OF REAL;
54   c_rnl,c_mag,c_zoet,c_delft :REAL;
55   d_rnl,d_mag,d_zoet,d_delft :REAL;
56   variantie_rnl,variantie_mag :ARRAY[1..40] OF REAL;
57   variantie_zoet,variantie_delft :ARRAY[1..40] OF REAL;
58   variantiernl,variantiemag,dummy1,dummy2 :REAL;
59   variantiezoet,variantiedelft,dummy3,dummy4 :REAL;
60
61
62
63 PROCEDURE LeesToetsResponse;
64
65 VAR
66   FuncKey :BOOLEAN;
67
68 BEGIN
69   ch := ReadKey;
70   IF ch <> #0 THEN FuncKey := false ELSE
71     BEGIN
72       FuncKey := true;
73       ch := ReadKey;
74     END;
75 END;
76
77
78 PROCEDURE TestFile;
79
80 BEGIN

```



```

81 {$I-}
82 IF (EersteKeer = TRUE) THEN
83 BEGIN
84     FindFirst((Drive + Pad + Deelnaam + '.*'),AnyFile,DirInfo);
85     EersteKeer := FALSE;
86 END;
87 ASSIGN(getal_file,Drive + Pad + DirInfo.Name);
88 RESET(getal_file);
89 IOcode:=IOResult;
90 {$I+}
91 END;
92
93
94 Procedure Output;
95
96 BEGIN
97 FOR ii:=1 TO 40 DO
98 BEGIN
99     variantie_rnl[ii]:=0;variantie_mag[ii]:=0;
100    variantie_zoet[ii]:=0;variantie_delft[ii]:=0;
101 END;
102 FOR ii:=1 TO 40 DO
103 BEGIN
104     c_waarde_rnl[ii]:=som_verschil_regint[ii,1]/(som_rad_regint_kwad[ii,1]);
105     c_waarde_mag[ii]:=som_verschil_regint[ii,2]/(som_rad_regint_kwad[ii,2]);
106     c_waarde_zoet[ii]:=som_verschil_regint[ii,3]/(som_rad_regint_kwad[ii,3]);
107     c_waarde_delft[ii]:=som_verschil_regint[ii,4]/(som_rad_regint_kwad[ii,4]);
108 END;
109 FOR ii:=1 TO 40 DO
110 BEGIN
111     FOR j:=1 TO aantal-1 DO
112     BEGIN
113         IF dummy_r_int[j,1] <> 0 THEN
114         BEGIN
115             dummy1:=(echt[j,1]-EXP(d_waarde[ii]*LN(c_waarde_rnl[ii]))*EXP(d_waarde[ii]*LN(dummy_r_int[j,1])));
116             variantie_rnl[ii]:=variantie_rnl[ii]+dummy1;
117         END;
118         IF dummy_r_int[j,2] <> 0 THEN
119         BEGIN
120             dummy2:=(echt[j,2]-EXP(d_waarde[ii]*LN(c_waarde_mag[ii]))*EXP(d_waarde[ii]*LN(dummy_r_int[j,2])));
121             variantie_mag[ii]:=variantie_mag[ii]+dummy2;
122         END;
123         IF dummy_r_int[j,3] <> 0 THEN
124         BEGIN
125             dummy3:=(echt[j,3]-EXP(d_waarde[ii]*LN(c_waarde_zoet[ii]))*EXP(d_waarde[ii]*LN(dummy_r_int[j,3])));
126             variantie_zoet[ii]:=variantie_zoet[ii]+dummy3;
127         END;
128         IF dummy_r_int[j,4] <> 0 THEN
129         BEGIN
130             dummy4:=(echt[j,4]-EXP(d_waarde[ii]*LN(c_waarde_delft[ii]))*EXP(d_waarde[ii]*LN(dummy_r_int[j,4])));
131             variantie_delft[ii]:=variantie_delft[ii]+dummy4;
132         END;
133     END;
134 END;
135 c_rnl:=c_waarde_rnl[1];
136 d_rnl:=d_waarde[1];
137 c_mag:=c_waarde_mag[1];
138 d_mag:=d_waarde[1];
139 c_zoet:=c_waarde_zoet[1];
140 d_zoet:=d_waarde[1];
141 c_delft:=c_waarde_delft[1];
142 d_delft:=d_waarde[1];
143 variantiernl:=variantie_rnl[1];
144 variantiemag:=variantie_mag[1];
145 variantiezoet:=variantie_zoet[1];
146 variantiedelft:=variantie_delft[1];
147 FOR ii:=2 TO 40 DO
148 BEGIN
149     IF variantie_rnl[ii] < variantiernl THEN
150     BEGIN
151         variantiernl:=variantie_rnl[ii];
152         c_rnl:=c_waarde_rnl[ii];
153         d_rnl:=d_waarde[ii];
154     END;
155     IF variantie_mag[ii] < variantiemag THEN
156     BEGIN
157         variantiemag:=variantie_mag[ii];
158         c_mag:=c_waarde_mag[ii];
159         d_mag:=d_waarde[ii];
160     END;

```

```

161 IF variantie_zoet[ii] < variantiezoet THEN
162 BEGIN
163     variantiezoet:=variantie_zoet[ii];
164     c_zoet:=c_waarde_zoet[ii];
165     d_zoet:=d_waarde[ii];
166 END;
167 IF variantie_delft[ii] < variantiedelft THEN
168 BEGIN
169     variantiedelft:=variantie_delft[ii];
170     c_delft:=c_waarde_delft[ii];
171     d_delft:=d_waarde[ii];
172 END;
173 END;
174 writeln('RNL:      c = ',EXP(1/d_rnl*LN(1/c_rnl)),', d = ',1/d_rnl);
175 writeln('Mag:      c = ',EXP(1/d_mag*LN(1/c_mag)),', d = ',1/d_mag);
176 writeln('Zoet:      c = ',EXP(1/d_zoet*LN(1/c_zoet)),', d = ',1/d_zoet);
177 writeln('Delft:     c = ',EXP(1/d_delft*LN(1/c_delft)),', d = ',1/d_delft);
178 HALT(0);
179 END;
180
181
182 PROCEDURE LeesFile;
183
184 BEGIN
185     Write(Drive + Pad + DirInfo.Name);Writeln(' ',aantal+1);
186     Assign(getal_file,Drive + Pad + DirInfo.Name);
187     Reset(getal_file);
188     { De eerste 128 bytes in de file bevatten data, de overigen beelden }
189     REPEAT
190         BLOCKREAD(getal_file,buf,grootte,NumRead);
191     UNTIL NumRead=0;
192     CLOSE(getal_file);
193 END;
194
195
196 PROCEDURE Solidar;
197
198 {*****}
199 {* Deze procedure berekent de regenintensiteitswaarden op de plaats *}
200 {* van de regenmeters, gemeten met Solidar en gecorrigeerd voor wind*}
201 {*****}
202
203 VAR
204     bbb :INTEGER;
205     pos :INTEGER;
206     bb  :REAL;
207
208 BEGIN
209     FOR ii:=1 TO 40 DO
210     BEGIN
211         pos:=1;
212         REPEAT
213             IF pos=1 THEN
214             BEGIN
215                 x:=x_rm1; y:=y_rm1;
216             END;
217             IF pos=2 THEN
218             BEGIN
219                 x:=x_rm2; y:=y_rm2;
220             END;
221             IF pos=3 THEN
222             BEGIN
223                 x:=x_rm3; y:=y_rm3;
224             END;
225             IF pos=4 THEN
226             BEGIN
227                 x:=x_rm4; y:=y_rm4;
228             END;
229             IF pos<>0 THEN
230             BEGIN
231                 z:=2*x-1;
232                 w:=256*y+128;
233                 b:=buf[w+z];
234                 c:=buf[w+z+1];
235                 b:=b+(c SHL 8);
236                 bbb:=b;
237                 bb:=(35/32768)*bbb+35;
238                 IF bb=0 THEN
239                 BEGIN
240                     r_int[ii,pos]:=0;

```

```

241     dummy_r_int[aantal+1,pos]:=0;
242     END
243     ELSE
244     BEGIN
245     r_int[ii,pos]:=exp(d_waarde[ii]*LN(EXP(1*(bb+6.2)/10*LN(10)))); {Radarconstante 4,0 = 6 dB}
246     dummy_r_int[aantal+1,pos]:=EXP(1*(bb+6.2)/10*LN(10));
247     END;
248     pos:=pos+1;
249     END;
250 UNTIL pos=5;
251 END;
252 END;
253
254
255 PROCEDURE Regenmeter;
256
257 BEGIN
258     echt[aantal+1,1]:=buf[7]/2.55; {*****}
259     echt[aantal+1,2]:=buf[8]/2.55; {* berekening echte waarden gemeten met regenmeter.*}
260     echt[aantal+1,3]:=buf[9]/2.55; {* [0..100 mm/h] is waarde in buf[7,8,9 of 10] *}
261     echt[aantal+1,4]:=buf[10]/2.55; {* van [0..255]. *}
262     {*****}
263 END;
264
265     {*****}
266     {*      HOOFDPROGRAMMA      *}
267     {*****}
268
269 BEGIN
270     aantal:=0;
271     Test:=TRUE;
272     Waar:=TRUE;
273     EersteKeer := TRUE;
274     ClrScr;
275     GoToXY(1,1); Write('Geef drive van datafile! bv d: ');
276     GoToXY(1,2); Write('Geef path van datafile! bv \Rora\ ');
277     GoToXY(1,3); Write('Geef deelnaam van datafile! bv D811 ');
278     GoToXY(45,1); ReadLn(Drive);
279     GoToXY(45,2); ReadLn(Pad);
280     GoToXY(45,3); ReadLn(DeelNaam);
281     d_waarde[1]:=0.6644518;
282     FOR ii:=2 TO 40 DO d_waarde[ii]:=d_waarde[ii-1]-0.005;
283     FOR ii:=1 TO 40 DO
284     BEGIN
285         FOR i:=1 TO 4 DO
286         BEGIN
287             som_vershil_regint[ii,i]:=0;
288             som_rad_regint_kwad[ii,i]:=0;
289         END;
290     END;
291     TestFile;
292     WHILE (Waar=TRUE) DO
293     BEGIN
294         LeesFile;
295         IF DosError = 18 THEN Output;
296         Regenmeter;
297         Solidar;
298         FOR ii:=1 TO 40 DO
299         BEGIN
300             FOR i:=1 TO 4 DO
301             BEGIN
302                 IF r_int[ii,i]>0 THEN
303                 BEGIN
304                     som_vershil_regint[ii,i]:=som_vershil_regint[ii,i]+echt[aantal+1,i]*r_int[ii,i];
305                     som_rad_regint_kwad[ii,i]:=som_rad_regint_kwad[ii,i]+SQR(r_int[ii,i]);
306                 END;
307             END;
308         END;
309         FindNext(DirInfo);
310         aantal:=aantal+1;
311         Writeln;
312     END;
313 END.

```

```

1 PROGRAM regressie;
2
3 {$D-,F-,I-,N-,R-,S+,V-}
4 USES CRT,DOS;
5
6 {*****}
7 {* Programmeur : G.J.H. Luyten *}
8 {* Datum : september 1990 *}
9 {* Functie : De optimale parameters a en b in de demping-R relatie *}
10 {* worden via een niet-lineaire regressie bepaald. Voor 40 *}
11 {* verschillende b waarden (0,05 tot 2) worden de optimale *}
12 {* a waarden bepaald via lineaire regressie. Voor deze 40 *}
13 {* paren a en b waarden wordt dan de variantie bepaald door *}
14 {* deze in te vullen in de via regressie te minimaliseren *}
15 {* relatie S (A - a L S R ) *}
16 {* Waar we de minimale variantie vinden vinden we ook de *}
17 {* optimale a en b waarden voor zowel Delft als Leidschdam. *}
18 {*****}
19
20 CONST
21 grootte =259;
22 k_h_12=0.020;
23 k_v_12=0.020;
24 a_h_12=1.207;
25 a_v_12=1.188;
26 dzeta_12=13.9E-06;
27 nu_12=1;
28 mu_12=1;
29 eta_12=-5.5;
30 k_h_20=0.0751;
31 k_v_20=0.0691;
32 a_h_20=1.099;
33 a_v_20=1.065;
34 dzeta_20=21.3E-06;
35 nu_20=1;
36 mu_20=1;
37 eta_20=-6.3;
38 k_h_30=0.187;
39 k_v_30=0.167;
40 a_h_30=1.021;
41 a_v_30=1.000;
42 dzeta_30=20E-06;
43 nu_30=1;
44 mu_30=1;
45 eta_30=-6.7;
46
47 TYPE
48 Pointer = ^TNPointer;
49 TNPointer = ARRAY[1..30] OF REAL;
50 Buffer = ARRAY[1..512] OF Pointer; {Maximaal 512 files te bekijken vanwege}
51 {geheugenomvang door alle variabelen}
52
53 VAR
54 freq:REAL;
55 Demp_Gassen_30 :REAL;
56 Demp_Gassen_20 :REAL;
57 Demp_Gassen_12 :REAL;
58 polarisatie :REAL;
59 regenhoogte :REAL;
60 x,y,z :INTEGER;
61 b,c,w :WORD;
62 T_sky_Leidsch :REAL; {Ruistemperatuur gemeten door radiometer Leidschendam}
63 T_sky_Delft :REAL; {Ruistemperatuur gemeten door radiometer Delft}
64 Radio_Delft_20 :ARRAY[1..512] OF REAL; {20 GHz demping gemeten door radiometer Delft}
65 Radio_Leidsch_20 :ARRAY[1..512] OF REAL; {20 GHz demping gemeten door radiometer Leidschendam}
66 sat_delft_12,sat_leidsch_12:ARRAY[1..512] OF REAL;
67 sat_delft_30,sat_leidsch_30:ARRAY[1..512] OF REAL;
68 file_naam :STRING[40];
69 buf :ARRAY[1..33152] OF BYTE;
70 getal_file :FILE;
71 IOCode :INTEGER;
72 ErrorCode :INTEGER;
73 NumRead :WORD;
74 Waar :BOOLEAN;
75 Test :BOOLEAN;
76 DirInfo :SearchRec;
77 Drive :STRING[50];
78 Pad :STRING[50];
79 DeelNaam :STRING[50];
80 EersteKeer :BOOLEAN;

```

```

81  ch                :CHAR;
82  tekst             :STRING[50];
83  toets              :BOOLEAN;
84  r_int_leidsch,r_int_delft :Buffer;
85  TAN,r_int          :ARRAY[1..2] OF REAL;
86  x_rm,y_rm          :ARRAY[1..2] OF REAL; {positie regenmeter/fictief satellietbaken}
87                                     {in het polaire vlak}
88  y_nieuw,x_nieuw    :ARRAY[1..2] OF REAL; {van regenmeters.}
89  phi,r              :ARRAY[1..2] OF REAL; {Poolcoordinaten regenmeters.}
90  x_rm_nieuw         :ARRAY[1..2] OF REAL; {Nieuwe posities regenmeter in het}
91  y_rm_nieuw         :ARRAY[1..2] OF REAL; {polaire vlak.}
92  i,j,ii,iii,aantal  :INTEGER;
93  teller,L_teller,D_teller :INTEGER;
94  som_reg_int,reg_int :ARRAY[1..40,1..10] OF REAL;
95  som                :REAL;
96  variantie_leidsch_30,variantie_delft_30:ARRAY[1..40] OF REAL;
97  variantie_leidsch_12,variantie_delft_12:ARRAY[1..40] OF REAL;
98  variantie_leidsch_20,variantie_delft_20:ARRAY[1..40] OF REAL;
99  som_sat_leidsch_12,som_sat_delft_12:ARRAY[1..40] OF REAL;
100 som_sat_leidsch_30,som_sat_delft_30:ARRAY[1..40] OF REAL;
101 som_radio_leidsch_20,som_radio_delft_20:ARRAY[1..40] OF REAL;
102 b_waarde            :ARRAY[1..40] OF REAL;
103 gamma_excess_12,gamma_excess_20,gamma_excess_30:REAL;
104 gamma_12,gamma_20,gamma_30:REAL;
105 K,A :REAL;
106 Z_vert_12,Z_vert_20,Z_vert_30,Z_hor_12,Z_hor_20,Z_hor_30:REAL;
107 Z_dr_12,Z_dr_20,Z_dr_30,Z_xm_12,Z_xm_20,Z_xm_30:REAL;
108 Z_r_12,Z_r_20,Z_r_30:REAL;
109
110 PROCEDURE LeesToetsResponse;
111
112 VAR
113   FuncKey :BOOLEAN;
114
115 BEGIN
116   ch := ReadKey;
117   IF ch <> #0 THEN FuncKey := false ELSE
118   BEGIN
119     FuncKey := true;
120     ch := ReadKey;
121   END;
122 END;
123
124
125 PROCEDURE TestFile;
126
127 BEGIN
128   {$I-}
129   IF (EersteKeer = TRUE) THEN
130   BEGIN
131     FindFirst((Drive + Pad + Deelnaam + '*.*'),AnyFile,DirInfo);
132     EersteKeer := FALSE;
133   END;
134   ASSIGN(getal_file,Drive + Pad + DirInfo.Name);
135   RESET(getal_file);
136   IOCode:=IORESULT;
137   {$I+}
138 END;
139
140
141 Procedure Output;
142
143 VAR
144   a_waarde_leidsch_30: ARRAY[1..40] OF REAL;
145   a_waarde_delft_30  : ARRAY[1..40] OF REAL;
146   a_waarde_leidsch_12: ARRAY[1..40] OF REAL;
147   a_waarde_delft_12  : ARRAY[1..40] OF REAL;
148   a_waarde_leidsch_20: ARRAY[1..40] OF REAL;
149   a_waarde_delft_20  : ARRAY[1..40] OF REAL;
150   leidsch_waarde_12,leidsch_waarde_20,leidsch_waarde_30:INTEGER;
151   delft_waarde_12,delft_waarde_20,delft_waarde_30:INTEGER;
152   var_leidsch_12,var_leidsch_20,var_leidsch_30:REAL;
153   var_delft_12,var_delft_20,var_delft_30:REAL;
154
155
156 BEGIN
157   ClrScr;
158   GoToXY(1,10);
159   Writeln('          IK BEN EVEN AAN HET REKENEN. TOT ZO ');
160   FOR ii:=1 TO 40 DO

```

```

161 BEGIN
162
163 {*****}
164 {* Bepalen voor elke b_waarde de bijbehorende optimale a *}
165 {*****}
166
167 a_waarde_leidsch_30[ii]:=som_sat_leidsch_30[ii]/som_reg_int[ii,1];
168 a_waarde_delft_30[ii]:=som_sat_delft_30[ii]/som_reg_int[ii,2];
169 a_waarde_leidsch_12[ii]:=som_sat_leidsch_12[ii]/som_reg_int[ii,1];
170 a_waarde_delft_12[ii]:=som_sat_delft_12[ii]/som_reg_int[ii,2];
171 a_waarde_leidsch_20[ii]:=som_radio_leidsch_20[ii]/som_reg_int[ii,1];
172 a_waarde_delft_20[ii]:=som_radio_delft_20[ii]/som_reg_int[ii,2];
173 END;
174 FOR ii:=1 TO 40 DO
175 BEGIN
176   variantie_leidsch_30[ii]:=0;
177   variantie_delft_30[ii]:=0;
178   variantie_leidsch_12[ii]:=0;
179   variantie_delft_12[ii]:=0;
180   variantie_leidsch_20[ii]:=0;
181   variantie_delft_20[ii]:=0;
182 END;
183
184 {*****}
185 {* Bepalen van de variantie voor elk paar a en b waarden voor zowel Delft *}
186 {* als Leidschendam. *}
187 {*****}
188
189 FOR ii:=1 TO 40 DO
190 BEGIN
191   som:=0;
192   write(b_waarde[ii]:6:2);
193   FOR i:=1 TO aantal DO
194     BEGIN
195       FOR iii:=0 TO L_teller DO
196         IF (r_int_leidsch[aantal]^[iii]>0) AND (r_int_leidsch[aantal]^[iii]<100) THEN
197           som:=som+EXP(b_waarde[ii]*LN(r_int_leidsch[aantal]^[iii]));
198           variantie_leidsch_12[ii]:=variantie_leidsch_12[ii]+SQRT(sat_leidsch_12[ii]-a_waarde_leidsch_12[ii]*0.2793*som);
199           variantie_leidsch_20[ii]:=variantie_leidsch_20[ii]+SQRT(radio_leidsch_20[ii]-a_waarde_leidsch_20[ii]*0.2793*som);
200           variantie_leidsch_30[ii]:=variantie_leidsch_30[ii]+SQRT(sat_leidsch_30[ii]-a_waarde_leidsch_30[ii]*0.2793*som);
201       END;
202     END;
203   var_leidsch_12:=variantie_leidsch_12[ii];
204   var_leidsch_20:=variantie_leidsch_20[ii];
205   var_leidsch_30:=variantie_leidsch_30[ii];
206   leidsch_waarde_12:=1;
207   leidsch_waarde_20:=1;
208   leidsch_waarde_30:=1;
209   writeln('variantie Leidschendam');
210   writeln('  12.5 GHz      20 GHz      30 GHz  ');
211   writeln;
212   FOR ii:=1 TO 40 DO
213     BEGIN
214       write(ii,' ',variantie_leidsch_12[ii]);
215       write(' ',variantie_leidsch_20[ii]);
216       writeln(' ',variantie_leidsch_30[ii]);
217       IF variantie_leidsch_12[ii]<var_leidsch_12 THEN
218         BEGIN
219           var_leidsch_12:=variantie_leidsch_12[ii];
220           leidsch_waarde_12:=ii;
221         END;
222       IF variantie_leidsch_20[ii]<var_leidsch_20 THEN
223         BEGIN
224           var_leidsch_20:=variantie_leidsch_20[ii];
225           leidsch_waarde_20:=ii;
226         END;
227       IF variantie_leidsch_30[ii]<var_leidsch_30 THEN
228         BEGIN
229           var_leidsch_30:=variantie_leidsch_30[ii];
230           leidsch_waarde_30:=ii;
231         END;
232     END;
233   FOR ii:=1 TO 40 DO
234     BEGIN
235       som:=0;
236       IF ii=1 THEN
237         BEGIN
238           writeln('    IK BEN NU VOOR DELFT AAN HET REKENEN    ');
239         END;
240       write(b_waarde[ii]:6:2);

```

```

241 FOR i:=1 TO aantal DO
242 BEGIN
243     FOR iii:=0 TO D_teller DO
244     IF (r_int_delft[aantal]^[iii]>0) AND (r_int_delft[aantal]^[iii]<100) THEN
245     som:=som+EXP(b_waarde[iii]*LN(r_int_delft[aantal]^[iii]));
246     variantie_delft_12[iii]:=variantie_delft_12[iii]+SQR(sat_delft_12[i]-a_waarde_delft_12[iii]*0.2793*som);
247     variantie_delft_20[iii]:=variantie_delft_20[iii]+SQR(radio_delft_20[i]-a_waarde_delft_20[iii]*0.2793*som);
248     variantie_delft_30[iii]:=variantie_delft_30[iii]+SQR(sat_delft_30[i]-a_waarde_delft_30[iii]*0.2793*som);
249 END;
250 END;
251 REPEAT UNTIL KEYPRESSED;
252 var_delft_12:=variantie_delft_12[1];
253 var_delft_20:=variantie_delft_20[1];
254 var_delft_30:=variantie_delft_30[1];
255 delft_waarde_12:=1;
256 delft_waarde_20:=1;
257 delft_waarde_30:=1;
258 writeln('variantie Delft');
259 writeln(' 12.5 GHz          20 GHz          30 GHz  ');
260 writeln;
261 FOR ii:=1 TO 40 DO
262 BEGIN
263     write(ii,' ',variantie_delft_12[ii]);
264     write(' ',variantie_delft_20[ii]);
265     writeln(' ',variantie_delft_30[ii]);
266     IF variantie_delft_12[ii]<var_delft_12 THEN
267     BEGIN
268         var_delft_12:=variantie_delft_12[ii];
269         delft_waarde_12:=ii;
270     END;
271     IF variantie_delft_20[ii]<var_delft_20 THEN
272     BEGIN
273         var_delft_20:=variantie_delft_20[ii];
274         delft_waarde_20:=ii;
275     END;
276     IF variantie_delft_30[ii]<var_delft_30 THEN
277     BEGIN
278         var_delft_30:=variantie_delft_30[ii];
279         delft_waarde_30:=ii;
280     END;
281 END;
282 Writeln('12.5 GHz Leidschendam: a = ',a_waarde_leidsch_12[leidsch_waarde_12]);
283 Writeln('                          b = ',b_waarde[leidsch_waarde_12]);
284 Writeln('20 GHz Leidschendam   : a = ',a_waarde_leidsch_20[leidsch_waarde_20]);
285 Writeln('                          b = ',b_waarde[leidsch_waarde_20]);
286 Writeln('30 GHz Leidschendam   : a = ',a_waarde_leidsch_30[leidsch_waarde_30]);
287 Writeln('                          b = ',b_waarde[leidsch_waarde_30]);
288 Writeln('12.5 GHz Delft        : a = ',a_waarde_delft_12[delft_waarde_12]);
289 Writeln('                          b = ',b_waarde[delft_waarde_12]);
290 Writeln('20 GHz Delft          : a = ',a_waarde_delft_20[delft_waarde_20]);
291 Writeln('                          b = ',b_waarde[delft_waarde_20]);
292 Writeln('30 GHz Delft          : a = ',a_waarde_delft_30[delft_waarde_30]);
293 Writeln('                          b = ',b_waarde[delft_waarde_30]);
294 FOR i:=1 TO 512 DO
295 BEGIN
296     DISPOSE(r_int_leidsch[i]);
297     DISPOSE(r_int_delft[i]);
298 END;
299 HALT(0);
300 END;
301
302
303 PROCEDURE LeesFile;
304
305 BEGIN
306     Write(Drive + Pad + DirInfo.Name);Writeln(' ',aantal+1);
307     Assign(getal_file,Drive + Pad + DirInfo.Name);
308     Reset(getal_file);
309     REPEAT
310     BLOCKREAD(getal_file,buf,grootte,NumRead);
311     UNTIL NumRead=0;
312     CLOSE(getal_file);
313 END;
314
315
316 PROCEDURE Solidar;
317
318 VAR
319     bbb :INTEGER;
320     bb  :Real;

```

```

321 aa :STRING[16];
322 pos :INTEGER;
323
324 BEGIN
325 pos:=0;
326 y:=ROUND(y_rm_nieuw[i]);x:=ROUND(x_rm_nieuw[i]);pos:=i;
327 IF (pos<>0) AND (y<=128) AND (y<>0) THEN (we nemen geen data buiten)
328 BEGIN (het radargebied)
329 z:=2*x-1;
330 w:=256*y+128;
331 b:=buf[w+z];
332 c:=buf[w+z+1];
333 b:=b+(c SHL 8);
334 bbb:=b;
335 bb:=(35/32768)*bbb+35; (bb = dBSol)
336 IF bb=0 THEN r_int[pos]:=0 ELSE
337 r_int[pos]:=exp(((bb-10.8)/16)*ln(10));
338 IF Teller=26 THEN
339 BEGIN
340
341
342 {*****}
343 (* Berekenen van de extra demping door de melting layer (gamma_excess) *)
344 {*****}
345
346 K:=(k_h_12+k_v_12+(k_h_12-k_v_12)*sqr(cos(0.4817108))*cos(2*90*2*PI/360))/2;
347 A:=(k_h_12*a_h_12+k_v_12*a_v_12+(k_h_12*a_h_12-k_v_12*a_v_12)*sqr(cos(0.4817108))*cos(2*90*2*pi/360))/(2*K);
348 IF r_int[pos]=0 THEN gamma_excess_12:=0 ELSE
349 BEGIN
350 gamma_12:=K*EXP(A*LN(r_int[pos]));
351 Z_vert_12:=EXP(1/(0.625*A)*LN(gamma_12*EXP(0.625*A*LN(200))/K));
352 K:=(k_h_12+k_v_12+(k_h_12-k_v_12)*sqr(cos(0.4817108))*cos(2*0*2*PI/360))/2;
353 A:=(k_h_12*a_h_12+k_v_12*a_v_12+(k_h_12*a_h_12-k_v_12*a_v_12)*sqr(cos(0.4817108))*cos(2*0*2*pi/360))/(2*K);
354 Z_hor_12:=EXP(1/(0.625*A)*LN(gamma_12*EXP(0.625*A*LN(200))/K));
355 Z_dr_12:=Z_hor_12/Z_vert_12;
356 Z_xm_12:=12.6;
357 Z_r_12:=EXP((bb+6.2)/10*LN(10));
358 gamma_excess_12:=dzeta_12*EXP(nu_12*LN(Z_r_12))*EXP(mu_12*LN(Z_xm_12))*EXP(eta_12*LN(Z_dr_12));
359 END;
360 K:=(k_h_20+k_v_20+(k_h_20-k_v_20)*sqr(cos(0.4817108))*cos(2*90*2*PI/360))/2;
361 A:=(k_h_20*a_h_20+k_v_20*a_v_20+(k_h_20*a_h_20-k_v_20*a_v_20)*sqr(cos(0.4817108))*cos(2*90*2*pi/360))/(2*K);
362 IF r_int[pos]=0 THEN gamma_excess_20:=0 ELSE
363 BEGIN
364 gamma_20:=K*EXP(A*LN(r_int[pos]));
365 Z_vert_20:=EXP(1/(0.625*A)*LN(gamma_20*EXP(0.625*A*LN(200))/K));
366 K:=(k_h_20+k_v_20+(k_h_20-k_v_20)*sqr(cos(0.4817108))*cos(2*0*2*PI/360))/2;
367 A:=(k_h_20*a_h_20+k_v_20*a_v_20+(k_h_20*a_h_20-k_v_20*a_v_20)*sqr(cos(0.4817108))*cos(2*0*2*pi/360))/(2*K);
368 Z_hor_20:=EXP(1/(0.625*A)*LN(gamma_20*EXP(0.625*A*LN(200))/K));
369 Z_dr_20:=Z_hor_20/Z_vert_20;
370 Z_xm_20:=12.6;
371 Z_r_20:=EXP((bb+6.2)/10*LN(10));
372 gamma_excess_20:=dzeta_20*EXP(nu_20*LN(Z_r_20))*EXP(mu_20*LN(Z_xm_20))*EXP(eta_20*LN(Z_dr_20));
373 END;
374 K:=(k_h_30+k_v_30+(k_h_30-k_v_30)*sqr(cos(0.4817108))*cos(2*90*2*PI/360))/2;
375 A:=(k_h_30*a_h_30+k_v_30*a_v_30+(k_h_30*a_h_30-k_v_30*a_v_30)*sqr(cos(0.4817108))*cos(2*90*2*pi/360))/(2*K);
376 IF r_int[pos]=0 THEN gamma_excess_30:=0 ELSE
377 BEGIN
378 gamma_30:=K*EXP(A*LN(r_int[pos]));
379 Z_vert_30:=EXP(1/(0.625*A)*LN(gamma_30*EXP(0.625*A*LN(200))/K));
380 K:=(k_h_30+k_v_30+(k_h_30-k_v_30)*sqr(cos(0.4817108))*cos(2*0*2*PI/360))/2;
381 A:=(k_h_30*a_h_30+k_v_30*a_v_30+(k_h_30*a_h_30-k_v_30*a_v_30)*sqr(cos(0.4817108))*cos(2*0*2*pi/360))/(2*K);
382 Z_hor_30:=EXP(1/(0.625*A)*LN(gamma_30*EXP(0.625*A*LN(200))/K));
383 Z_dr_30:=Z_hor_30/Z_vert_30;
384 Z_xm_30:=12.6;
385 Z_r_30:=EXP((bb+6.2)/10*LN(10));
386 gamma_excess_30:=dzeta_30*EXP(nu_30*LN(Z_r_30))*EXP(mu_30*LN(Z_xm_30))*EXP(eta_30*LN(Z_dr_30));
387 END;
388 END;
389 IF pos=1 THEN
390 BEGIN
391 IF bb=0 THEN r_int_leidsch[aantal+1]^teller:=0 ELSE
392 r_int_leidsch[aantal+1]^teller:=exp(((bb-10.8)/16)*ln(10)); (regenintensiteit bij aanname)
393 END
394 ELSE
395 BEGIN
396 IF bb=0 THEN r_int_delft[aantal+1]^teller:=0 ELSE
397 r_int_delft[aantal+1]^teller:=exp(((bb-10.8)/16)*ln(10));
398 END;
399 IF pos=1 THEN (* b waarden voor Leidsch en som r_int over te nemen cellen *)
400 BEGIN

```



```

401 IF (r_int_leidsch[aantal+1]^[teller]>0) AND (r_int_leidsch[aantal+1]^[teller]<=100) THEN
402 FOR ii:=1 TO 40 DO
403   reg_int[ii,pos]:=reg_int[ii,pos]+exp(b_waarde[ii]*LN(r_int_leidsch[aantal+1]^[teller]));
404 END
405 ELSE      (* b waarden voor Delft en som r_int over te nemen cellen *)
406 BEGIN
407   IF (r_int_delft[aantal+1]^[teller]>0) AND (r_int_delft[aantal+1]^[teller]<=100) THEN
408     FOR ii:=1 TO 40 DO
409       reg_int[ii,pos]:=reg_int[ii,pos]+exp(b_waarde[ii]*LN(r_int_delft[aantal+1]^[teller]));
410     END;
411     pos:=0;
412   END;
413 END;
414
415
416 PROCEDURE Meetpunten;
417
418 BEGIN
419   x_nieuw[i]:=x_nieuw[i]-120;
420   y_nieuw[i]:=y_nieuw[i]-216;
421   r[i]:=SQRT(SQR(x_nieuw[i])+SQR(y_nieuw[i]));
422   IF x_nieuw[i]=0 THEN
423     phi[i]:=90
424   ELSE
425     BEGIN
426       TAN[i]:=y_nieuw[i]/x_nieuw[i];
427       PHI[i]:=(360/(2*PI))*ARCTAN(TAN[i]);
428     END;
429   x_rm_nieuw[i]:=ROUND(r[i]/120);
430   IF x_nieuw[i]>=0 THEN
431     y_rm_nieuw[i]:=ROUND(144-PHI[i]/1.875);
432   IF x_nieuw[i]<0 THEN
433     y_rm_nieuw[i]:=ROUND(48-PHI[i]/1.875);
434 END;
435
436
437 PROCEDURE Radiometer;
438
439 BEGIN
440   T_sky_Leidsch:=buf[21]*(267/255)+58;
441   T_sky_Delft:=buf[22]*(267/255)+58;
442   IF T_sky_Leidsch>272 THEN T_sky_Leidsch:=272;
443   IF T_sky_Delft>272 THEN T_sky_Delft:=272;
444   Radio_Leidsch_20[aantal+1]:=10*LN((4.7-273)/(T_sky_Leidsch-273))/LN(10)-demp_gassen_20-1.08*gamma_excess_20;
445   Radio_Delft_20[aantal+1]:=10*LN((4.7-273)/(T_sky_Delft-273))/LN(10)-demp_gassen_20-1.08*gamma_excess_20;
446 END;
447
448
449 PROCEDURE Satellietbaken;
450
451 {*****}
452 (* Deze procedure bepaalt de demping die wordt gemeten met de satelliet- *)
453 (* bakens in Delft en Leidschendam op 12.5 en 30 GHz. Deze waarden worden *)
454 (* vervolgens gebruikt voor de voorspelling van de demping volgens een *)
455 (* satellietbaken op 20 GHz. Ook wordt de kruispolarisatiedemping bepaald *)
456 (* op genoemde frequenties. *)
457 {*****}
458
459
460
461 BEGIN
462   sat_delft_12[aantal+1]:=0;sat_delft_30[aantal+1]:=0;
463   sat_leidsch_12[aantal+1]:=0;;sat_leidsch_30[aantal+1]:=0;
464   ( IF freq=12.5 THEN)
465     FOR i:=0 TO 9 DO sat_leidsch_12[aantal+1]:=buf[211+8*i]+buf[39+8*i]+sat_leidsch_12[aantal+1];
466     FOR i:=0 TO 9 DO sat_delft_12[aantal+1]:=buf[125+8*i]+buf[297+8*i]+sat_delft_12[aantal+1];
467
468   ( IF freq=30 THEN)
469     FOR i:=0 TO 9 DO sat_leidsch_30[aantal+1]:=buf[43+8*i]+buf[215+8*i]+sat_leidsch_30[aantal+1];
470     FOR i:=0 TO 9 DO sat_delft_30[aantal+1]:=buf[129+8*i]+buf[301+8*i]+sat_delft_30[aantal+1];
471   sat_leidsch_12[aantal+1]:=sat_leidsch_12[aantal+1]/20;
472   sat_delft_12[aantal+1]:=sat_delft_12[aantal+1]/20;
473   sat_leidsch_12[aantal+1]:=-(48/255)*sat_leidsch_12[aantal+1]+48-demp_gassen_12-1.08*gamma_excess_12;
474   sat_delft_12[aantal+1]:=-(48/255)*sat_delft_12[aantal+1]+48-demp_gassen_12-1.08*gamma_excess_12;
475   sat_leidsch_30[aantal+1]:=sat_leidsch_30[aantal+1]/20;
476   sat_delft_30[aantal+1]:=sat_delft_30[aantal+1]/20;
477   sat_leidsch_30[aantal+1]:=-(48/255)*sat_leidsch_30[aantal+1]+48-demp_gassen_30-1.08*gamma_excess_30;
478   sat_delft_30[aantal+1]:=-(48/255)*sat_delft_30[aantal+1]+48-demp_gassen_30-1.08*gamma_excess_30;
479 END;
480

```

```

481
482 PROCEDURE Gassen;
483
484 {*****}
485 {* Deze procedure berekent de demping ten gevolge van de atmosferische gassen*}
486 {* zuurstof en waterdamp. We nemen voor rho de waarde 7,5 g/m3. *}
487 {*****}
488
489 CONST rho=7.5;
490
491 VAR Spec_Demp_H2O,Spec_demp_O2 :REAL;
492     Pad_Lengte_H2O,Pad_Lengte_O2:REAL;
493
494 BEGIN
495     freq:=30;
496     Spec_demp_H2O:=(0.067+3/(SQR(freq-22.3)+7.3)+9/(SQR(freq-183.3)+6)+4.3/(SQR(freq-323.8)+10))*SQR(freq)*rho*EXP(-
497     Pad_Lengte_H2O:=2.2+3/(SQR(freq-22.3)+1)+1/(SQR(freq-183.3)+1)+1/(SQR(freq-323.8)+1);
498     Spec_demp_O2:=(7.19*EXP(-3*LN(10))+6.09/(SQR(freq)+0.227)+4.81/(SQR(freq-57)+1.5))*SQR(freq)*EXP(-3*LN(10));
499     Pad_Lengte_O2:=6;
500     Demp_Gassen_30:=(Spec_demp_H2O*Pad_lengte_H2O+Spec_demp_O2*Pad_Lengte_O2)/SIN(2*PI*27.6/360);
501     freq:=20;
502     Spec_demp_H2O:=(0.067+3/(SQR(freq-22.3)+7.3)+9/(SQR(freq-183.3)+6)+4.3/(SQR(freq-323.8)+10))*SQR(freq)*rho*EXP(-
503     Pad_Lengte_H2O:=2.2+3/(SQR(freq-22.3)+1)+1/(SQR(freq-183.3)+1)+1/(SQR(freq-323.8)+1);
504     Spec_demp_O2:=(7.19*EXP(-3*LN(10))+6.09/(SQR(freq)+0.227)+4.81/(SQR(freq-57)+1.5))*SQR(freq)*EXP(-3*LN(10));
505     Pad_Lengte_O2:=6;
506     Demp_Gassen_20:=(Spec_demp_H2O*Pad_lengte_H2O+Spec_demp_O2*Pad_Lengte_O2)/SIN(2*PI*27.6/360);
507     freq:=12.5;
508     Spec_demp_H2O:=(0.067+3/(SQR(freq-22.3)+7.3)+9/(SQR(freq-183.3)+6)+4.3/(SQR(freq-323.8)+10))*SQR(freq)*rho*EXP(-
509     Pad_Lengte_H2O:=2.2+3/(SQR(freq-22.3)+1)+1/(SQR(freq-183.3)+1)+1/(SQR(freq-323.8)+1);
510     Spec_demp_O2:=(7.19*EXP(-3*LN(10))+6.09/(SQR(freq)+0.227)+4.81/(SQR(freq-57)+1.5))*SQR(freq)*EXP(-3*LN(10));
511     Pad_Lengte_O2:=6;
512     Demp_Gassen_12:=(Spec_demp_H2O*Pad_lengte_H2O+Spec_demp_O2*Pad_Lengte_O2)/SIN(2*PI*27.6/360);
513 END;
514
515
516 PROCEDURE Plaats;
517
518 BEGIN
519     FOR i:=1 TO 2 DO
520     BEGIN
521         x_rm_nieuw[i]:=0;
522         IF (x_rm[i]<=128) AND (y_rm[i]<=128) THEN
523             Phi[i]:=(144-y_rm[i])*1.875
524         ELSE
525             BEGIN
526                 Writeln('Dit grondstation ligt niet binnen het radar-bereik !');
527                 Writeln('Het Programma wordt afgebroken!');
528                 DELAY(5000);
529                 ClrScr;
530                 HALT(0);
531             END;
532             r[i]:=120*x_rm[i];
533             x_nieuw[i]:=r[i]*cos(2*pi*phi[i]/360);
534             y_nieuw[i]:=r[i]*sin(2*pi*phi[i]/360);
535         END;
536     END;
537
538     {*****}
539     {* HOOFDPROGRAMMA *}
540     {*****}
541
542 BEGIN
543     ClrScr;
544     GoToXY(1,1); Write('Geef drive van datafile! bv d: ');
545     GoToXY(1,2); Write('Geef path van datafile! bv \Rora\ ');
546     GoToXY(1,3); Write('Geef deelnaam van datafile! bv D811 ');
547     GoToXY(1,4); Write('Geef de regenhoogte in kilometers: ');
548     GoToXY(45,1); ReadLn(Drive);
549     GoToXY(45,2); ReadLn(Pad);
550     GoToXY(45,3); ReadLn(DeelNaam);
551     GoToXY(45,4); ReadLn(regenhoogte);
552     x_rm[1]:=82;y_rm[1]:=100; {d.i coördinaten Leidschendam}
553     x_rm[2]:=0;y_rm[2]:=0 ; {d.i coördinaten Delft}
554     Plaats;
555     FOR i:=1 TO 2 DO
556     BEGIN
557         FOR ii:=1 TO 40 DO
558         BEGIN
559             som_reg_int[ii,i]:=0;
560             reg_int[ii,i]:=0;

```

```

561 END;
562 END;
563 FOR i:=1 TO 512 DO
564 BEGIN
565     NEW(r_int_leidsch[i]);
566     NEW(r_int_delft[i]);
567 END;
568 FOR ii:=1 TO 40 DO
569 BEGIN
570     som_sat_delft_12[ii]:=0;som_sat_delft_30[ii]:=0;
571     som_sat_leidsch_12[ii]:=0;som_sat_leidsch_30[ii]:=0;
572     som_radio_delft_20[ii]:=0;som_radio_leidsch_20[ii]:=0;
573     b_waarde[ii]:=0;
574 END;
575 b_waarde[1]:=0.05;      {de 40 b-waarden van 0,05 tot 2,00}
576 ii:=2;
577 REPEAT
578     b_waarde[ii]:=b_waarde[ii-1]+0.05;
579     ii:=ii+1;
580 UNTIL ii=41;
581 aantal:=0;
582 Test:=TRUE;
583 Waar:=TRUE;
584 EersteKeer:=TRUE;
585 Testfile;
586 ClrScr;
587 WHILE (Waar=TRUE) DO
588 BEGIN
589     LeesFile;
590     IF (DosError=18) THEN Output;
591     FOR i:=1 TO 2 DO
592     BEGIN
593         teller:=0;
594         REPEAT
595             Meetpunten;
596             Solidar;
597             teller:=teller+1;
598             UNTIL (x_rm_nieuw[i]>=127) OR (teller=ROUND(1000*regenhoogte/SIN(0.4817108)/COS(0.4817108)/247.5)+1);
599             {d.w.z we komen buiten radargebied}
600             IF i=1 THEN L_teller:=Teller-1;
601             IF i=2 THEN D_teller:=Teller-1;
602             FOR ii:=1 TO 40 DO
603             BEGIN
604                 som_reg_int[ii,i]:=som_reg_int[ii,i]+0.2793*SQR(reg_int[ii,i]);
605             END;
606         END;
607         Gassen;
608         Satellietbaken;
609         FOR ii:=1 TO 40 DO
610         BEGIN
611             som_sat_delft_30[ii]:=som_sat_delft_30[ii]+sat_delft_30[aantal+1]*reg_int[ii,2];
612             som_sat_leidsch_30[ii]:=som_sat_leidsch_30[ii]+sat_leidsch_30[aantal+1]*reg_int[ii,1];
613             som_sat_delft_12[ii]:=som_sat_delft_12[ii]+sat_delft_12[aantal+1]*reg_int[ii,2];
614             som_sat_leidsch_12[ii]:=som_sat_leidsch_12[ii]+sat_leidsch_12[aantal+1]*reg_int[ii,1];
615         END;
616         Radiometer;
617         FOR ii:=1 TO 40 DO
618         BEGIN
619             som_radio_delft_20[ii]:=som_radio_delft_20[ii]+radio_Delft_20[aantal+1]*reg_int[ii,2];
620             som_radio_leidsch_20[ii]:=som_radio_leidsch_20[ii]+radio_leidsch_20[aantal+1]*reg_int[ii,1] ;
621         END;
622         Plaats;      {terugplaatsen van begin-coordinaten voor volgende file}
623         writeln;
624         FOR ii:=1 TO 40 DO
625         BEGIN
626             reg_int[ii,1]:=0;reg_int[ii,2]:=0;
627         END;
628         FindNext(DirInfo);
629         aantal:=aantal+1;
630     END;

```

```

1 PROGRAM regen_intensiteit;
2
3 {$D-,F-,I-,N-,R-,S-,V-}
4
5 USES CRT,DOS;
6
7 {*****}
8 *Programmeur :Luyten G.J.H. *
9 *Datum       :maart/april 1990 *
10 * * *
11 * Dit programma maakt de radardata geschikt om in te lezen in matlab m.b.v de *
12 * in matlab te plaatsen file guido1.m. In lijn 146 kan de grootte van het 3D - *
13 * lineaire plaatje gekozen worden en in lijn 157 of 158 welke grootte te zien*
14 * zal zijn: regenintensiteit of lineaire Z-waarde. *
15 {*****}
16
17 CONST
18   x_rm1      =82;      {*****}
19   y_rm1      =100;     { * x=afstand van de regenmeter tot Solidar * }
20   x_rm2      =69;     { * y=sector waarin de regenmeter staat * }
21   y_rm2      =99;     {*****}
22   x_rm3      =80;
23   y_rm3      =113;
24   x_rm4      =7;
25   y_rm4      =128;
26   grootte    =259;
27
28 TYPE
29   POINTER = ^Ptr;
30   Ptr = ARRAY[1..128] OF REAL;
31   BUFFER = ARRAY[1..128] OF POINTER;
32
33 VAR
34   v_vert,v_wind :REAL;      {verticale valsnelheid regen, windsnelheid}
35   windrichting  :REAL;
36   regenhoogte   :REAL;
37   TAN            :ARRAY[1..4] OF REAL;
38   detectiehoogte:ARRAY[1..4] OF REAL; {hoogte waarop radar de regen detecteert}
39   hor_afst      :ARRAY[1..4] OF REAL; {lineaire afstand waarover regenmeter}
40                                     {moet worden verplaatst.}
41   snel,dummy    :REAL;
42   xxx,yyy,xy    :ARRAY[1..4] OF REAL; {Regressie variabelen}
43   xx,yy         :ARRAY[1..4] OF REAL; {Lineaire vector waarover de regen-}
44                                     {meters verplaatst moeten worden.}
45   aaaa,bbbb     :ARRAY[1..4] OF REAL; {regressiecoefficienten}
46   fi            :TEXT;
47   reg1,reg2,reg3,reg4 :TEXT;
48   sol1,sol2,sol3,sol4 :TEXT;
49   x,y,z         :INTEGER;
50   b,c,w         :WORD;
51   file_naam     :STRING[40];
52   y_oud,x_oud   :ARRAY[1..4] OF REAL; {Oude en nieuwe lineaire coördinaten}
53   y_nieuw,x_nieuw:ARRAY[1..4] OF REAL; {van regenmeters.}
54   phi,r        :ARRAY[1..4] OF REAL; {Poolcoördinaten regenmeters.}
55   x_rm_nieuw    :ARRAY[1..4] OF REAL; {Nieuwe posities regenmeter in het}
56   y_rm_nieuw    :ARRAY[1..4] OF REAL; {polaire vlak.}
57   r_int        :Buffer; {Regen int. op plaats regenmeter gemeten}
58                                     {met Solidar}
59   a,reg        :ARRAY[1..4] OF REAL; {Totale regenintensiteit gemeten met}
60   buf          :ARRAY[1..33152] OF BYTE; {Solidar}
61   getal_file   :FILE;
62   IOCode       :INTEGER;
63   GraphDriver  :INTEGER;
64   GraphMode    :INTEGER;
65   ErrorCode    :INTEGER;
66   NumRead      :WORD;
67   Waar         :BOOLEAN;
68   Test        :BOOLEAN;
69   DirInfo     :SearchRec;
70   Drive       :STRING[50];
71   Pad         :STRING[50];
72   DeelNaam    :STRING[50];
73   EersteKeer  :BOOLEAN;
74   Tekst_start1 :INTEGER;
75   Tekst_start2 :INTEGER;
76   ch          :CHAR;
77   tekst       :STRING[50];
78   toets       :BOOLEAN;
79   aantal,i   :INTEGER;
80

```

```

81
82
83 PROCEDURE LeesToetsResponse;
84
85 VAR
86   FuncKey :BOOLEAN;
87
88 BEGIN
89   ch := ReadKey;
90   IF ch <> #0 THEN FuncKey := false ELSE
91     BEGIN
92       FuncKey := true;
93       ch := ReadKey;
94     END;
95 END;
96
97
98 PROCEDURE TestFile;
99
100 BEGIN
101 {$I-}
102   IF (EersteKeer = TRUE) THEN
103     BEGIN
104       FindFirst((Drive + Pad + Deelnaam + '.*'),AnyFile,DirInfo);
105       EersteKeer := FALSE;
106     END;
107   ASSIGN(getal_file,Drive + Pad + DirInfo.Name);
108   RESET(getal_file);
109   IOCode:=IORESULT;
110   IF IOCode<>0
111     THEN Writeln('File bestaat niet, probeer opnieuw')
112     {$I+}
113 END;
114
115
116 PROCEDURE LeesFile;
117
118 BEGIN
119   Write(Drive + Pad + DirInfo.Name);Writeln(' ',aantal+1);
120   Assign(getal_file,Drive + Pad + DirInfo.Name);
121   Reset(getal_file);
122   { De eerste 128 bytes in de file bevatten data, de overigen beelden }
123   REPEAT
124     BLOCKREAD(getal_file,buf,grootte,NumRead);
125   UNTIL NumRead=0;
126   CLOSE(getal_file);
127 END;
128
129
130 PROCEDURE Solidar;
131
132   {*****}
133   {* Deze procedure berekent de regenintensiteitswaarden op de plaats *}
134   {* van de regenmeters, gemeten met Solidar en gecorrigeerd voor wind*}
135   {*****}
136
137 VAR
138   bbb :INTEGER;
139   bb :REAL;
140   aa :STRING[16];
141   rebuf :ARRAY[1..500,1..4] OF REAL;
142   pos :INTEGER;
143
144 BEGIN
145   pos:=0;
146   FOR y:=120 TO 129 DO
147     BEGIN
148       FOR x:=1 TO 20 DO
149         BEGIN
150           z:=2*x-1;
151           w:=256*y+128;
152           b:=buf[w+z];
153           c:=buf[w+z+1];
154           b:=b+(c SHL 8);
155           bbb:=b;
156           bb:=(35/32768)*bbb+35;
157           IF y=129 THEN r_int[x]^y:=0 ELSE
158             r_int[x]^y:=EXP(((bb+6.2)/10)*LN(10)); {Z-waarden}
159           r_int[x]^y:=exp((bb-10.8)/16*ln(10)); {regenintensiteit}
160           write(fi,r_int[x]^y:6:3,' ');

```

```
161     If x=20 then writeln(fi);
162     END;
163 END;
164 END;
165
166
167     {*****}
168     {*      HOOFDPROGRAMMA      *}
169     {*****}
170
171 BEGIN
172 Assign(fi,'e:\dguido\matlab\c130990.mat');
173 Rewrite(fi);
174 aantal:=0;
175 Test:=TRUE;
176 Waar:=TRUE;
177 EersteKeer := TRUE;
178 ClrScr;
179 GoToXY(1,1); Write('Geef drive van datafile! bv d: ');
180 GoToXY(1,2); Write('Geef path van datafile! bv \Rora\ ');
181 GoToXY(1,3); Write('Geef deelnaam van datafile! bv D811 ');
182 GoToXY(45,1); ReadLn(Drive);
183 GoToXY(45,2); ReadLn(Pad);
184 GoToXY(45,3); ReadLn(DeelNaam);
185 FOR i:=1 TO 128 DO NEW(r_int[i]);
186 TestFile;
187 WHILE (Waar=TRUE) DO
188 BEGIN
189     LeesFile;
190     IF DosError = 18 THEN
191 BEGIN
192     FOR i:=1 TO 128 DO DISPOSE(r_int[i]);
193     Close(fi);
194     Halt(0);
195     END;
196     Solidar;
197     FindNext(DirInfo);
198     aantal:=aantal+1;
199     Writeln;
200 END;
201
202 END.
```

```

1 PROGRAM matlab2;
2
3 {$D-,F-,I-,N-,R-,S-,V-}
4
5 USES CRT,DOS;
6
7 {*****
8 *Programmeur :Luyten G.J.H. *
9 *Datum      :oktober 1990 *
10 * * *
11 *Dit programma maakt de radardata geschikt om in te lezen in het programma *
12 *matlab, met behulp van de in de directory matlab te plaatsen file guido1.m. *
13 *De data wordt zo in de file geplaatst dat de 3-D plot in matlab het radiale *
14 *radargebied tekent. In lijn 355 of 356 kunt U kiezen om de regenintensiteiten *
15 *te laten zien of de lineaire Z-waarden. *
16 ***** }
17
18 CONST
19   grootte      =259;
20   offset1      =-19848;
21   offset       =12920;
22   faktor       =11;
23
24 TYPE
25   POINTER = ^Ptr;
26   Ptr = ARRAY[1..192] OF REAL;
27   BUFFER = ARRAY[0..255] OF POINTER;
28
29 VAR
30   fi          :TEXT;
31   x,y         :INTEGER;
32   file_naam   :STRING[40];
33   r_int       :Buffer; {Regen int. op plaats regenmeter gemeten}
34                                     {met Solidar}
35                                     {Solidar}
36   buf         :ARRAY[1..33152] OF BYTE;
37   getal_file  :FILE;
38   IOCode      :INTEGER;
39   GraphDriver :INTEGER;
40   GraphMode   :INTEGER;
41   ErrorCode   :INTEGER;
42   NumRead     :WORD;
43   Waar        :BOOLEAN;
44   Test        :BOOLEAN;
45   DirInfo     :SearchRec;
46   Drive       :STRING[50];
47   Pad         :STRING[50];
48   DeelNaam    :STRING[50];
49   EersteKeer  :BOOLEAN;
50   Tekst_start1 :INTEGER;
51   Tekst_start2 :INTEGER;
52   ch          :CHAR;
53   tekst       :STRING[50];
54   toets       :BOOLEAN;
55   aantal,i,j :INTEGER;
56   reg_int     :ARRAY[1..3072] OF REAL;
57   iphiar      :ARRAY[1..25] OF INTEGER;
58   carray,sarray :ARRAY[1..25] OF REAL;
59   i2x,i2y     :INTEGER;
60   iphi1,iphi2 :INTEGER;
61   ir1kw,ir2kw :INTEGER;
62   iatan       :ARRAY[1..512] OF INTEGER;
63   ixykw       :ARRAY[1..255] OF INTEGER;
64   ioctnr,k    :INTEGER;
65   lyncel      :ARRAY[1..128] OF INTEGER;
66   n           :INTEGER;
67   s1,s2,c1,c2 :REAL;
68   irkwa       :ARRAY[1..129] OF INTEGER;
69   mb          :INTEGER;
70   mstep,ih    :INTEGER;
71   m,nmax,mmax,mmod :INTEGER;
72   delphi,phi,c,s,h :REAL;
73   p           :REAL;
74   iymn,iymax,i2yh :INTEGER;
75   ixmin,ixmax  :INTEGER;
76   itan,ih1,ih2,irkw :INTEGER;
77   ixv,iyv,ixh,iyh :INTEGER;
78   max         :INTEGER;
79   FileBeeld   :BOOLEAN;
80   sector,element :INTEGER;
81   kleur       :ARRAY[1..128] OF REAL;

```

```

81
82
83 Procedure ClrKleu;
84
85 BEGIN
86   FOR x:=0 TO 255 DO
87     FOR y:=1 TO 192 DO
88       r_int[x]^y:=0;
89   END;
90
91 PROCEDURE LeesToetsResponse;
92
93 VAR
94   FuncKey :BOOLEAN;
95
96 BEGIN
97   ch := ReadKey;
98   IF ch <> #0 THEN FuncKey := false ELSE
99     BEGIN
100       FuncKey := true;
101       ch := ReadKey;
102     END;
103 END;
104
105
106 PROCEDURE TestFile;
107
108 BEGIN
109   {$I-}
110   GoToXY(0,50);
111   Write('Enter filenaam: ');
112   toets := false;
113   tekst := '';
114   LeesToetsResponse;
115   IF ORD(ch) <> 13 THEN
116     BEGIN
117       toets := true;
118       tekst := ConCat(tekst,ch);
119     END
120   ELSE toets := false;
121   While toets = true DO
122     BEGIN
123       LeesToetsResponse;
124       IF ORD(ch) <> 13 THEN
125         BEGIN
126           toets := true;
127           tekst := ConCat(tekst,ch);
128         END
129       ELSE toets := false;
130     END;
131   File_naam := tekst;
132   IF (EersteKeer = TRUE) THEN
133     BEGIN
134       FindFirst((Drive + Pad + Deelnaam + '*..*'),AnyFile,DirInfo);
135       EersteKeer := FALSE;
136     END;
137   ASSIGN(getal_file,Drive + Pad + DirInfo.Name);
138   RESET(getal_file);
139   IOCode:=IORESULT;
140   IF IOCode<>0
141   THEN Writeln('File bestaat niet, probeer opnieuw')
142   {$I+}
143 END;
144
145
146 PROCEDURE LeesFile;
147
148 BEGIN
149   ClrKleu;
150   Write(Drive + Pad + DirInfo.Name);Writeln(' ',aantal+1);
151   Assign(getal_file,Drive + Pad + DirInfo.Name);
152   Reset(getal_file);
153   { De eerste 128 bytes in de file bevatten data, de overigen beelden }
154   REPEAT
155     BLOCKREAD(getal_file,buf,grootte,NumRead);
156   UNTIL NumRead=0;
157   CLOSE(getal_file);
158 END;
159
160

```



```

161
162
163 PROCEDURE VullYncel;
164
165 BEGIN
166     sector:=0;
167     FileBeeld:=TRUE;
168     mstep:=1;
169 END;
170
171
172 FUNCTION SIGNF :BOOLEAN;
173
174 VAR phi      :INTEGER;
175
176 BEGIN
177     IF i2y>60 THEN itan:=((i2y SHL 7)DIV i2x) SHL 2
178         ELSE itan:= (i2y SHL 9)DIV i2x;
179     IF itan>512 THEN
180         BEGIN
181             itan:=512;
182         END;
183     IF((iphi1<=iatan[itan])AND(iatan[itan]<=iphi2))THEN
184         BEGIN
185             ih1:=ixykw[i2x];
186             ih2:=ixykw[i2y];
187             irkw:=ih1+ih2;
188             IF((ir1kw<=irkw)AND(irkw<ir2kw))THEN
189                 BEGIN
190                     SIGNF:=TRUE
191                 END
192             ELSE SIGNF:=FALSE;
193         END
194     ELSE SIGNF:=FALSE;
195 END;
196
197
198 PROCEDURE RCELT;
199
200 BEGIN
201     CASE ioctnr OF
202         2:BEGIN
203             ixv:=320+i2y;
204             iyv:=320-i2x;
205         END;
206         3:BEGIN
207             ixv:=320-i2y;
208             iyv:=320-i2x;
209         END;
210         4:BEGIN
211             ixv:=320-i2x;
212             iyv:=320-i2y;
213         END;
214         5:BEGIN
215             ixv:=320-i2x;
216             iyv:=320+i2y;
217         END;
218         6:BEGIN
219             ixv:=320-i2y;
220             iyv:=320+i2x;
221         END;
222         7:BEGIN
223             ixv:=320+i2y;
224             iyv:=320+i2x;
225         END;
226     END;
227     ixh:=TRUNC(ixv/2);
228     iyh:=TRUNC(iyv/2);
229     x:=iyh-32;
230     y:=ixh-31;
231     r_int[x]^y:=kleur[n];
232 END;
233
234
235 PROCEDURE SECST;
236
237 VAR
238     r1,r2      :INTEGER;
239     x,y        :REAL;
240

```

```

241 BEGIN
242   r1:=n-1;
243   r2:=n;
244   y:=r1*s1;                { Bepaal ymin voor strookrooster}
245   ymin:=TRUNC(y+0.3);
246   y:=r2*s2;
247   ymax:=TRUNC(y-0.3);
248   IF ymin<=ymax THEN
249     BEGIN
250       x:=r1*c2;
251       xmin:=TRUNC(x+0.375);
252       x:=r2*c1;
253       xmax:=TRUNC(x-0.375);
254       IF xmin<=xmax THEN
255         BEGIN
256           i2x:=2*xmin-1;
257           i2y:=2*ymin-1;
258           ir1kw:=irkwa[n];
259           ir2kw:=irkwa[n+1];
260           FOR i:=xmin TO xmax DO
261             BEGIN
262               INC(i2x,2);
263               i2y:=i2y;
264               FOR j:=ymin TO ymax DO
265                 BEGIN
266                   INC(i2y,2);
267                   IF SIGNF THEN RCELT;
268                 END;
269               END;
270             END;
271           END;
272         END;
273       END;
274     END;
275   PROCEDURE VulArrays;          {en vul sin,cos en phi tabel}
276
277   VAR
278     roez,roew      :WORD;
279     roeb,roec      :INTEGER;
280     ixstr,iystr    :STRING[50];
281     bbb:INTEGER;
282     bb,regen :REAL;
283
284   BEGIN
285     m:=0;
286     mmax:=128;
287     nmax:=128;
288     delphi:=PI/96;
289     phi:=0;
290     iphiar[1]:=0;
291     sarray[1]:=0;
292     carray[1]:=1;
293     FOR i:=2 TO 24 DO
294       BEGIN
295         phi:=phi+delphi;
296         iphiar[i]:=TRUNC(1000*phi-2.3);
297         sarray[i]:=TRUNC(1000*SIN(phi))/1000;
298         carray[i]:=TRUNC(1000*COS(phi))/1000;
299       END;
300     phi:=PI/4;
301     sarray[25]:=TRUNC(1000*SIN(PI/4))/1000;
302     carray[25]:=TRUNC(1000*COS(PI/4))/1000;
303     iphiar[25]:=TRUNC(250*PI+0.5);
304     FOR i:=1 TO 255 DO          {vullen ixkw tabel}
305       BEGIN
306         ixkw[i]:=0
307       END;
308     FOR i:=1 TO 128 DO
309       BEGIN
310         j:=2*i-1;
311         ih:=i*(i-1);
312         ixkw[j]:=ih;
313       END;
314     FOR i:=1 TO 129 DO          {vullen irkwa}
315       BEGIN
316         ih:=(i-1)*(i-1);
317         irkwa[i]:=ih;
318       END;
319     FOR i:=1 TO 512 DO          {vullen iatan}
320       BEGIN

```

```

321     p:=i/512;
322     ih:=TRUNC((1000*ARCTAN(p))+0.5);
323     iatan[i]:=ih;
324 END;
325 m:=1;                                {bepaal polaire transformatie van lyn m}
326 WHILE m<=128 DO
327     BEGIN
328         h:=(m+7)/24;                {bepaal ioctnr en mb}
329         ioctnr:=2+TRUNC(h);
330         mmod:=(m+7)MOD 24;
331         CASE ioctnr OF
332             3,5,7:BEGIN
333                 mb:=mmod+1;
334             END;
335             2,4,6:BEGIN
336                 mb:=24-mmod;
337             END;
338         END;
339         iphi1:=iphiar[mb];           {bepaal iphi1,iphi2,c1,c2,s1,s2}
340         iphi2:=iphiar[mb+1];
341         c1:=carray[mb];
342         c2:=carray[mb+1];
343         s1:=sarray[mb];
344         s2:=sarray[mb+1];
345         IF FileBeeld THEN
346             BEGIN
347                 sector:=sector+1;
348                 roew:=(sector SHL 8)+128; {was -128}
349                 FOR element:=1 TO 128 DO
350                     BEGIN
351                         roez:=2*element-1;
352                         roeb := buf[roew+roez]+(buf[roew+roez+1] SHL 8);
353                         bbb:=roeb;
354                         bb:=(35/32768)*bbb+35;
355                         { regen:=EXP(((bb+6.2)/10)*LN(10)); } {Z waarden}
356                         regen:=exp(((bb-10.8)/16)*ln(10)); {regenintensiteit}
357                         kleur[element]:=regen;
358                         if (roeb < offset1) then roeb := -32768
359                             else roeb := roeb - offset;
360                         lyncel[element] := roeb SHR faktor;
361                     END;
362                 END;
363                 FOR n:=1 TO 128 DO
364                     BEGIN
365                         IF(kleur[n]<>0)THEN SECST;
366                     END;
367                     m:=m+mstep;
368                 END;
369             END;
370         END;
371
372 PROCEDURE Solidar;
373
374 {*****}
375 {* Deze procedure berekent de regenintensiteitswaarden op de plaats *}
376 {* van de regenmeters, gemeten met Solidar en gecorrigeerd voor wind*}
377 {*****}
378
379 VAR
380
381     regen1      :REAL;
382     pos         :INTEGER;
383     k           :INTEGER;
384     result:REAL;
385
386 BEGIN
387     pos:=0;
388     FOR k:=1 TO 3072 DO
389         BEGIN
390             result:=0;
391             y:=4*TRUNC((k-1)/64);
392             x:=TRUNC(256*FRAC((k-1)/64));
393             FOR i:=1 TO 4 DO
394                 FOR j:=1 TO 4 DO
395                     result:=result+r_int[i+x]^j+y;
396                 regen1:=result/16;
397                 reg_int[k]:=regen1;    {Z}
398                 IF k mod 64 <> 0 THEN
399                     write(fi,reg_int[k]:11:3,' ')
400                 ELSE

```

```
401 BEGIN
402     write(fi,0.1,' ');
403 END;
404 If k mod 64 = 0 then
405 BEGIN
406     writeln(fi);
407 END;
408 END;
409 END;
410
411
412     {*****}
413     {*      HOOFDPROGRAMMA      *}
414     {*****}
415
416 BEGIN
417 Assign(fi,'c:\d0304.mat');
418 Rewrite(fi);
419 aantal:=0;
420 Test:=TRUE;
421 Waar:=TRUE;
422 EersteKeer := TRUE;
423 ClrScr;
424 GoToXY(1,1); Write('Geef drive van datafile! bv d: ');
425 GoToXY(1,2); Write('Geef path van datafile! bv \Rora\ ');
426 GoToXY(1,3); Write('Geef deelnaam van datafile! bv D811 ');
427 GoToXY(45,1); ReadLn(Drive);
428 GoToXY(45,2); ReadLn(Pad);
429 GoToXY(45,3); ReadLn(DeelNaam);
430 FOR i:=0 TO 255 DO NEW(r_int[i]);
431 TestFile;
432 WHILE (Waar=TRUE) DO
433 BEGIN
434     LeesFile;
435     IF DosError = 18 THEN
436 BEGIN
437     FOR i:=0 TO 255 DO DISPOSE(r_int[i]);
438     Close(fi);
439     Halt(0);
440     END;
441     Vullyncel;
442     VulArrays;
443     Solidar;
444     FindNext(DirInfo);
445     aantal:=aantal+1;
446     Writeln;
447 END;
448 END.
```

```
1 chdir c:\matlab;
2 clear;
3 pack;
4 clg;
5 clc;
6
7 n=input('welke file moet geladen worden: (c:\guido\matlab\*.mat) ','s');
8
9 eval(['load c:\guido\matlab\' ,n])
10 eval(['regen=',n])
11 B = max(regen);
12 C = max(B);
13 D = regen(9,7);
14 subplot(111);
15 mesh(regen);
16 title('reflectiviteit');
17 text(0,0.99,['Z-max = ' sprintf('%g',C)]);
18 text(0,0.9,['Z regenmeter Delft = ' sprintf('%g',D)]);
```