

DI:55669

MDR 647 MD 1e



WI: 55669

Ministerie van Verkeer en Waterstaat



Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Meetkundige Dienst

Bibliotheek
MEETKUNDIGE DIENST
RIJKSWATERSTAAT

Multipad onderzoek bij RTK DGPS referentiestations

nieuwe procedure voor het beoordelen van een
potentiële (RTK) DGPS referentiestation locatie

intern MD rapport: MD-GAM-2000-17
maart 2000

13 FEB 2001



Multipad onderzoek bij RTK DGPS referentiestations

nieuwe procedure voor het beoordelen van een
potentiële (RTK) DGPS referentiestation locatie

Opdrachtgever: ir. M.E.E. Haagmans
Opdrachtnemer: ir. G.W. van Willigen

auteurs:
deel 1: J. F. Zomerdijk
deel 2: ing. A.A. Damhuis

eindredactie: ir. M.E.E. Haagmans

intern MD rapport
rapportnummer: MD-GAM-2000-17
maart 2000

Inhoudsopgave

.....

1 Voorwoord	5
2 Deel 1: Voorstel nieuwe procedure	6
3 Huidige selectie procedure	7
3.1 Voorverkenning potentiële locatie	7
3.2 Tijdelijke inrichting potentiële locatie	8
4 Multipad, oorzaak en eigenschappen.	10
4.1 Multipad karakteristieken	10
4.2 Code-Multipad	12
4.3 Fase-Multipad	12
4.4 Effect op de berekende coördinaten	13
5 Multipad, reductie mogelijkheden	15
5.1 GPS Ontvanger	15
5.2 GPS antenne	16
5.3 Signaal en data bewerking	16
5.4 Elevatie afhankelijkheid en data smoothing	19
5.5 Voorverkenning / Realisatie	19
6 Multipad detectie tools	21
6.1 Teqc voorheen QC	21
6.2 Mpcheck	21
6.3 Digmosy	22
6.4 Geogenius	23
6.5 AGRS monitoring software	23
6.6 Tijdcorrelatie	24
7 Recente ontwikkelingen	25
7.1 MMS en VMAT	25
7.2 GPS Calibration System en MCS	25
7.3 Multiple Close-Spaced Antennas	25
7.4 Filtering en Spectraal decompositie	26
7.5 Herhaalbaarheid en SNR	26
8 Opzet nieuwe procedure	27
8.1 Opmerkingen	27
8.2 Adviezen	27
8.3 Aanbevelingen	28
8.4 Nieuwe procedure	28
9 Literatuur	30
10 Deel 2: Locatieonderzoek met behulp van TEQC/Qcview	32
11 Nieuwe procedure	33

11.1 Conclusies uit het rapport van Jeroen zomerdijk	33
11.2 De nieuwe procedure	35
12 veranderingen in de 'basislijn' methode	37
12.1 Operationaliseren van een RTK opstelling	37
12.2 Toetsing Digmosy resultaat	38
12.3 Toetsing 'basislijn' methode na slechte Digmosy resultaten	40
13 Veranderingen in de 'enkel stations' methode	42
13.1 Inwinning en opslag van ruwe GPS-data	42
13.2 Verwerking en beoordeling met GeoGenius	42
13.3 Verwerking met TEQC.	43
13.4 Toetsing op basis van TEQC uitvoer	45
13.4.1 TEQC-toetsen I, II en III	45
13.4.2 TEQC-toetsen IV, V en VI	50
14 Uitspraak over acceptatie nieuwe locatie	53
14.1 Beoordeling en Weging	53
14.2 Mogelijkheden bij onvoldoende toetsing	55
14.3 Tweede onderzoek op potentiële locatie	55
15 BIJLAGE A Opzetten GPS-antennes op potentiële locatie	57
16 BIJLAGE B Tijdvensters en decimeren met TEQC	59
17 BIJLAGE C GeoGenius GPS-data visualisatie	61
18 BIJLAGE D Aantal waarnemingen & opnameduur	66
19 BIJLAGE E Multipad berekening in TEQC	67
20 BIJLAGE F Decimate	69
21 BIJLAGE G Elevatiehoek-grafieken voorbeelden	70
22 BIJLAGE H Alle TEQC opties	72
23 BIJLAGE I Alle 'default settings' in TEQC	76
24 BIJLAGE J QCview.bat	77
25 BIJLAGE K Alle score/ beoordeling tabellen	79
26 BIJLAGE L Beoordelings rekenblad	81

1 Voorwoord

GAM maakt al jaren gebruik van een bepaalde procedure om (RTK) dGPS locaties op hun geschiktheid te toetsen. Een onderdeel hiervan vormt het onderzoeken van multipad op zo'n locatie. Het huidige multipad onderzoek voor RTK dGPS locaties vindt op dezelfde wijze plaats als het onderzoek voor dGPS locaties. De normen waartegen multipad getoetst wordt zijn ervaringscijfers. Het gevoel bestaat dat de voor dGPS locaties ontwikkelde procedure minder van toepassing is voor RTK locaties, waardoor mogelijk locaties ten onrechte niet in aanmerking komen voor een RTK referentiestation. GAM heeft behoefte aan een optimale selectieprocedure met bijbehorende hulpmiddelen. Onder optimaal wordt hier verstaan een procedure die maximaal onderscheid maakt tussen een geschikte en ongeschikte locatie met in minimale kans op fouten van de eerste en tweede soort. (ten onrechte afwijzen van een geschikte locatie en ten onrechte accepteren van een ongeschikte locatie).

GAP heeft in opdracht van GAM twee onderzoeken uitgevoerd. Het eerste onderzoek betrof enerzijds het in kaart brengen en evalueren van de bestaande procedure anderzijds het doen van een voorstel voor een nieuwe procedure. De resultaten van dit onderzoek zijn opgenomen in deel 1 van dit rapport. Het tweede onderzoek betrof het uitwerken van de voorgestelde procedure. De resultaten van dit onderzoek zijn opgenomen in deel 2 van dit rapport.

2 Deel 1: Voorstel nieuwe procedure

Voor het inrichten van referentiestations ten behoeve van DGPS en/of RTK DGPS referentiestations is onderzoek noodzakelijk naar de geschiktheid van de locatie. In de brede context betekent geschiktheid dat de locatie aan eisen die gesteld worden, kan voldoen. In deze rapportage wordt alleen een beschrijving gegeven van een onderdeel van de huidige procedure "verkenning locatie keuze voor RTK GPS referentie stations" waarbij het accent ligt op het signaleren van multipad op de potentiële locatie.

Definitie multipad: Het optreden van indirecte GPS signalen ontvangen door de GPS antenne naast de directe signalen. De oorzaak van indirecte signalen zijn reflecterende vlakken die in de directe omgeving van de antenne aanwezig zijn.

De effecten van multipad zijn mogelijkwerwijs: invloed op de berekende coördinaten, 'loss of lock' van het GPS signaal met daaraan gerelateerd 'cycle slips' en problemen met de bepaling van de ambigüiteiten.

Vooraf wil ik aangeven dat het type GPS systeem (antenne en ontvanger) zeer bepalend is in het reduceren van multipad. Dit staat buiten de geformuleerde vraag gesteld door GAM. Indien de keuze van het type GPS systeem opnieuw aan de orde komt moet het aspect "reductie multipad" direct meegenomen worden bij selectie van een ander type GPS systeem. Het achteraf signaleren en elimineren van multipad wordt daardoor mogelijk beperkt cq. stelt men voor een voldongen feit..

Voor een volledige procedure beschrijving "definitieve inrichting van een GPS referentiestation" kan volstaan worden met een verwijzing naar *Combrinck*. De procedure die GAM hanteert wijkt hier nauwelijks van af.

De huidige deelprocedure beschrijving "multipad onderzoek selectie DGPS referentiestations" is tot stand gekomen door interview van Cees Boogaard GAM door de auteur.

3 Huidige selectie procedure

Nadat een potentiële locatie door een voorverkenning geselecteerd is, volgt het onderzoek naar multipad. Hiervoor wordt lokaal een GPS meting uitgevoerd gedurende 2*24 uur. De opstelling van de antenne en de GPS ontvanger is vaak overeenkomstig met de uiteindelijke situatie. Na inwinning van de data geven geselecteerde parameters (en grafieken) inzicht in het optreden van multipad storingen. Indien de locatie voldoet aan de specificaties, volgt later de definitieve inrichting van het DGPS referentiestation.



Hieronder worden de stappen van het proces nader toegelicht.

3.1 Voorverkenning potentiële locatie

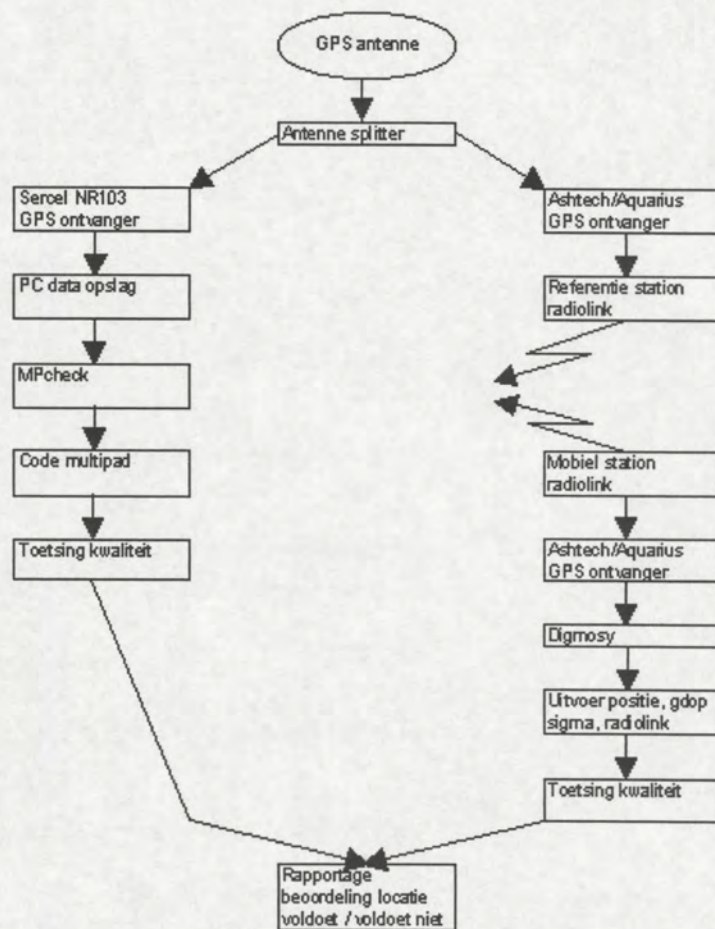
Potentiële locaties worden op basis van criteria geselecteerd. De criteria die GAM hiervoor hanteert staan niet ter discussie.

Enkele relevante selectie criteria zijn: vrije horizon boven 5° elevatie en geen potentiële reflectievlakken. Daar een beoordeling van een potentiële locatie veel tijd en geld kost moeten de selectie criteria streng opgevolgd worden. Dit impliceert dat pas locaties in aanmerking komen voor tijdelijke inrichting waarvan aannemelijk is dat zij kunnen voldoen aan de gestelde eisen.

De eis geen of nauwelijks ontstaan van multipad is pas toetsbaar nadat GPS data is ingewonnen op de geselecteerde locatie. Dit wordt uitgevoerd door een tijdelijke installatie van GPS hardware op de locatie.

3.2 Tijdelijke inrichting potentiële locatie

De tijdelijke locatie wordt zoveel mogelijk in overeenstemming met een definitieve inrichting ingericht. Maar hierop zijn uitzonderingen mogelijk; opstelling van de mast is een tijdelijke en de gebruikte hardware (type ontvanger en type antenne) is afhankelijk van beschikbaarheid. De opstelhoogte wordt zodanig dat deze op het oog overeenkomt met een mogelijke realisatie. Een geschematiseerde opstelling is weergegeven in het volgende plaatje.



Figuur 1 Schema locatie beoordeling

Het schema geeft aan dat er twee beoordelingsmethoden zijn;

- A) enkelstation of
- B) basislijn.

De enkelstation methode is gebaseerd op inwinning van GPS data op maar één locatie. Hierdoor is toetsing op coördinaat niveau niet mogelijk. Alleen het signaleren van multipad op de code waarnemingen is mogelijk. Mpcheck heeft

een aantal processingparameters, die een beoordeling van de locatie op multipad mogelijk maken.

De processingparameters zijn:

- code/phase filter time constant 600sec
- satellite elevation limit 5°
- multipath limit 1 meter
- position error scale 5 meters

De toetsparameters zijn daarentegen:

- mean position error and the standard should not exceed one meter over 24 hours.
- peak values of position should not exceed 2 meters
- percentage of multipath errors greater than one meter should not exceed 2% - 4%.

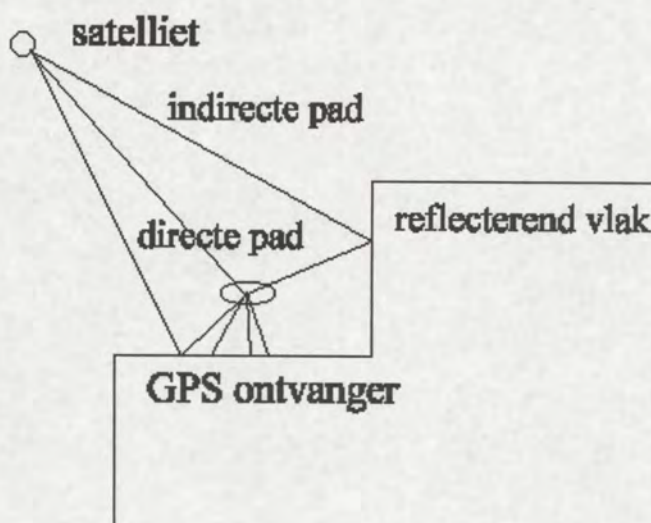
Bij de basislijnmethode is juist de (in)stabiliteit van de coördinaatoplossing het kenmerk. De oorzaak waardoor een oplossing minder stabiel is, is niet altijd eenduidig te achterhalen.

Het uiteindelijke effect op de coördinaten is wel hetgeen je wilt weten.

Beide beoordelingsmethoden worden ingezet bij de huidige multipad detectie test.

4 Multipad, oorzaak en eigenschappen.

Zoals multipad in zijn naamgeving al weergeeft is multipad het verschijnsel waarbij het uitgezonden GPS satelliet signaal via meer dan één afgelegde weg wordt ontvangen. Er wordt onderscheid gemaakt tussen code- en fase-multipad. Met code-multipad wordt hier bedoeld het effect van multipad op de code pseudoranges en met fase-multipad die op de draaggolf van het GPS signaal. Dit onderscheid wordt niet altijd expliciet gemaakt in de literatuur. De fysieke eigenschappen van diverse materialen maken dat multipad niet eenduidig vooraf voorspelbaar is. Ieder materiaal heeft zijn eigen karakteristiek van reflectie waardoor mogelijkwerwijs multipad kan optreden. Zie onder andere *Hofmann-Wellenhof* (pag 111e.v.) en *Seeber* (pag 307 e.v.).



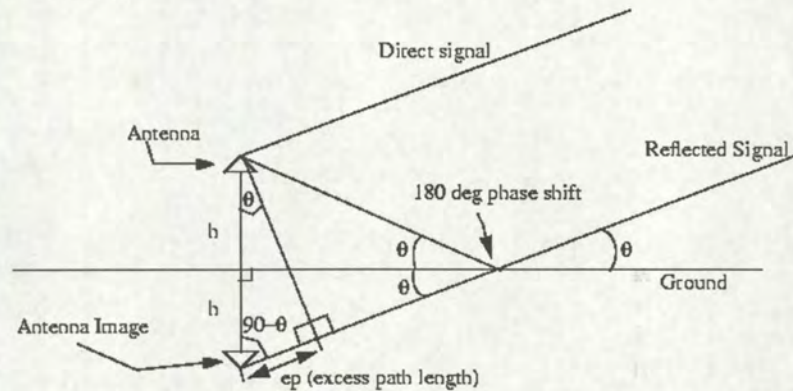
Figuur 2 Multipad schets

4.1 Multipad karakteristieken

Er zijn vier golflengten bij GPS die een directe invloed ondergaan door multipad. Dit zijn de golflengte voor de C- en P-code en de L1 en L2 respectievelijk; 293m, 29.3m, 19.05cm en 24.45 cm. Elke golflengte heeft zijn eigen multipad karakteristiek. Het oorspronkelijke GPS satelliet signaal is Right Hand Circularly Polarized (RHCP). Een gereflecteerd signaal is door het reflecterende vlak juist van polarisatie veranderd naar Left Hand Circularly Polarized (LHCP). In paragraaf 4.2 GPS antenne wordt aangegeven dat dit bijvoorbeeld een ontwerp is kan zijn van een multipad onderdrukkende antenne.

Afhankelijk van de fysieke karakteristieken van het reflecterende materiaal ondergaat het reflectiesignaal een fase- en amplitude verandering. De samenstelling van het reflectiesignaal en het directe signaal geeft het ontvangen GPS signaal. Een simpel model (alleen reflectie) wordt gegeven door *Johnson*, waarbij extra afgelegde weg (excess path) een waarde heeft van

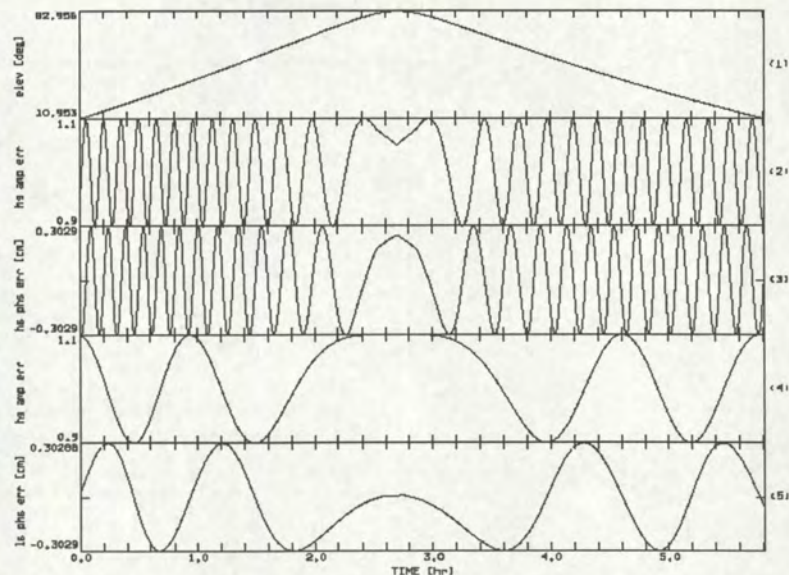
$$ep = 2 \cdot h \cdot \sin \theta.$$



Figuur 3 Multipad simpel model

Een andere karakteristiek van multipad is dat de orde van grootte afhankelijk is van de golflengte. Voor code-multipad is deze grootte meerdere meters voor fase-multipad enkele centimeters.

Als laatste geef ik het cyclische karakter weer van multipad. Bron: *Johnson*.



Figuur 4 Multipad amplitude en fase patroon

In bovenstaande figuur is voor een satelliet weergegeven achtereenvolgens:

- de elevatie
- amplitude patroon bij een opstelhoogte van 1,5 m van de GPS antenne
- fase patroon bij een opstelhoogte van 1,5 m van de GPS antenne
- amplitude patroon bij een opstelhoogte van 0,24 m van de GPS antenne
- fase patroon bij een opstelhoogte van 0,24 m van de GPS antenne.

Evident is dat de hoogte van een antenne opstelling de frekwentie van multipad effecten beïnvloed. Dit resulteert na verwerking in coördinaat veranderingen of (in)stabiliteit. De snelle veranderingen zijn mogelijkwerwijs verantwoordelijk voor

de coördinaat sprongen die tijdens voorgaande multipad detectie testen gesignaleerd zijn. De lage multipad frekwenties zijn waarschijnlijk niet eens waargenomen terwijl deze wel degelijk een invloed op de coördinaat berekening heeft..

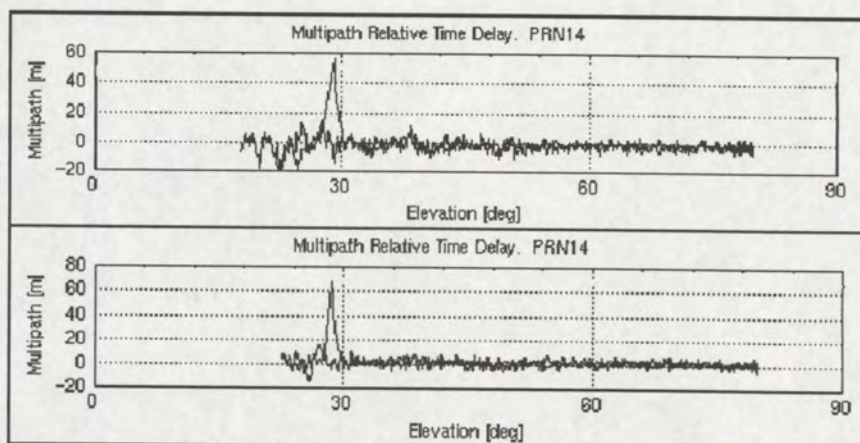
4.2 Code-Multipad

De bias in de range van code-multipad per satelliet kan door de lokale omstandigheden variëren in grootte tussen:

	rustig	slecht
C-code	5 m	60 m
P-code	+/- 1m	5 m

Een rustige omgeving betekent dat er weinig reflecterende vlakken in de directe omgeving van de antenne aanwezig zijn. Daarentegen is een slechte omstandigheid daar waar veel multipad ontstaat door allerlei reflectiebronnen.

Multipad fluctueert door lokale omstandigheden, waarbij uitschieters grote waarden kunnen aannemen.



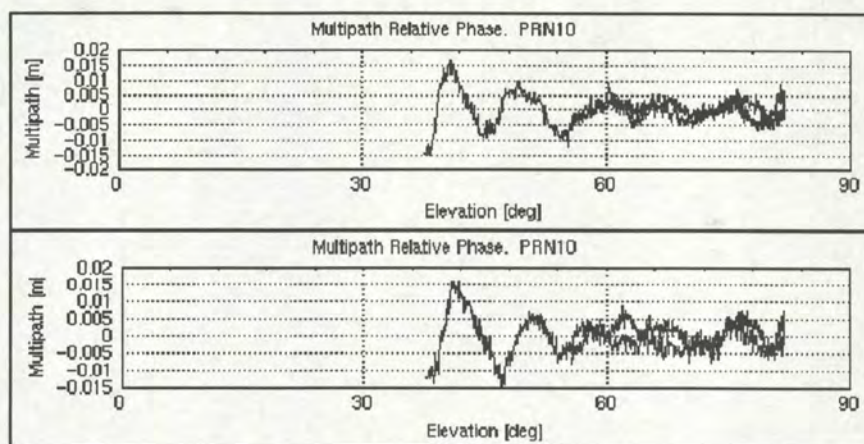
Figuur 5 Multipad code karakteristiek

Dit is sterk afhankelijk van de gebruikte hardware specifiek; het type antenne en GPS ontvanger en de daarin toegepaste signaalbewerking. Bronnen: Mora-Castro en Seeber.

4.3 Fase-Multipad

De bias van fase-multipad is uiteraard ook afhankelijk van de lokale omstandigheden. Deze varieert in grootte van enkele millimeters tot zelfs 5 centimeters in multipad gevoelige lokaties. Zie figuur 6 Multipad fase karakteristiek. Duidelijk hierin is de cyclische aard van fase multipad. De orde is

een 100* kleiner dan die van code-multipad. In beide gevallen is de relatie met de elevatie identiek.



Figuur 6 Multipad fase karakteristiek

4.4 Effect op de berekende coördinaten

Het effect op de coördinaten is afhankelijk van het type meting; DGPS of RTK GPS en bijgevolg van het type waarneming. Met DGPS metingen worden code-waarnemingen en correcties op de pseudoranges gebruikt. Daarentegen met RTK GPS zijn dit fase- en codemetingen.

Voor DGPS is het effect op de coördinaten door het ondervinden van multipad op het referentiestation enkele decimeters tot zelfs enkele meters. Bepalend is het aantal ontvangen satellieten, de geometrie, de verwerkmethode die is toegepast.

Bij RTK GPS zijn beide effecten code- en fase-multipad die het eindresultaat beïnvloeden. Voor initialisatie van de meerduidigheden zijn zowel de code- als de fase-waarnemingen die gebruikt worden. De waarnemingsgrootheden hebben elk een eigen gewicht waarbij de code-waarnemingen een lager gewicht krijgen. Afhankelijk van de toegepaste verwerkmethode vindt een meerduidigheidsschatting plaats;

- A) voor initialisatie
- B) bij een cycle slip of
- C) elke epoche bij verwerking van de meerduidigheden.

Tijdens een initialisatie proces (meerduidigheidsbepaling) worden de code- en fase-waarnemingen gebruikt. Na een initialisatie wordt doorgerekend met alleen de fase-waarnemingen.

De invloed van code-multipad tijdens een initialisatie proces is ingrijpend voor de coördinaat berekening. Het effect op de coördinaten is mogelijkwerijs decimeters tot zelfs meters. Na initialisatie is het extra effect van fase-multipad op de uiteindelijke coördinaten beperkt tot maar enkele centimeters (<5cm). Het optreden van multipad is het meest nadelig tijdens een initialisatie proces omdat de code-multipad dan een rol speelt in de meerduidigheidsbepaling. Het

vasthouden van de meerduidigheden tijdens de vervolgmetering impliceert dat coördinaatsprongen pas kunnen optreden na een cycle slip, geometrie wijziging of stroomuitval en dergelijke.

Multipad gevoelige omgeving geeft grotere variaties op de code-waarnemingen, een gevolg daarvan is mogelijk een tracking probleem van het GPS signaal door de GPS ontvanger. Uiteindelijk ontstaan hierdoor cycle slips en start een nieuwe meerduidigheidsbepaling.

5 Multipad, reductie mogelijkheden

Het voorkomen van multipad kan op drie plaatsen binnen het productieproces aangepakt worden:

- selectie van type GPS ontvanger en antenne op multipad reductie,
- selectie van locatie op het beperken van multipad gevoelige omgevingen en
- multipad modellering of eliminatie in het verwerkingsproces.

Huidige status is dat het eerste item het meeste rendement oplevert ten aanzien van multipad onderdrukking. Dit zou de basis moeten vormen voor het verwerkingsproces.

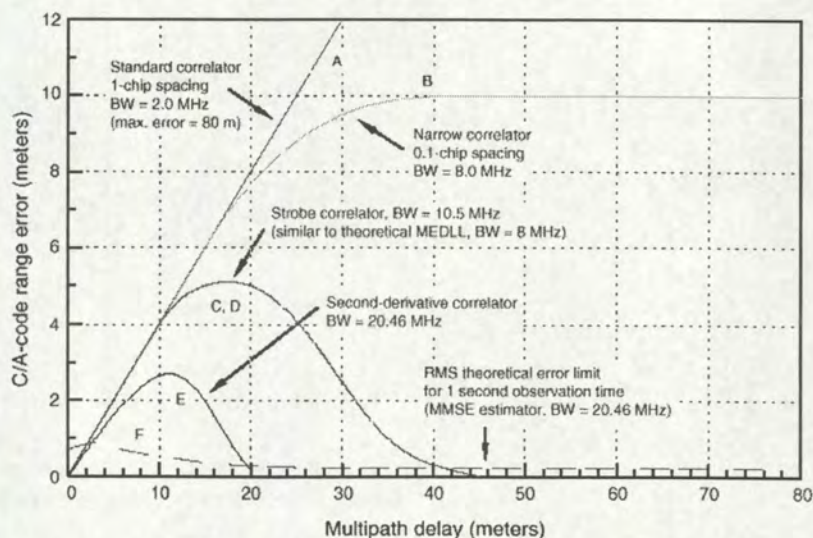
Selectie van locatie blijft altijd noodzakelijk alleen heeft dan minder aandacht en interpretatie nodig.

Het proces van multipad modellering staat nog in de kinderschoenen.

Hierna volgen beschrijvingen van hardware en data verwerkingsaspecten.

5.1 GPS Ontvanger

Hardware leveranciers hebben bijna allemaal een eigen soms gepatenteerde multipad onderdrukking methodiek. Intern in een GPS ontvanger bevinden zich de Delay Lock Loop (DLL) en de Phase Lock Loop (PLL). De DLL correleert de ontvangen pseudorange met een gegenereerde PRN code. Voor de correlatie zijn diverse technieken bedacht: Narrow Correlator, MEDLL, MET (NovAtel), Everest, SuperTrak (Trimble), ClearTrak (Leica), niet nader gespecificeerde Multipath mitigation techniques (Sercel), Z-Tracking (Ashtech) en bij Allen Osborne Associates is alleen vermeld "Choke ring antenna for maximum Multipath Rejection". Deze technieken realiseren een zeer grote reductie van code-multipad tot zelfs 90% van de oorspronkelijke multipadwaarde.



Figuur 7 invloed GPS hardware C/A correlator. Bron: Weill

De fase-multipad is eenduidig te signaleren in de PLL indien de relatieve fase van de multipad bekend is. Dit is wel het geval bij een simulatie of ijkruimte met

bekende reflecterende vlakken en de daarbij behorende relatieve fasen. In de praktijk is dit geen reële situatie en kan de fase-multipad niet binnen de GPS ontvanger geëlimineerd worden. Bron: *Mora-Castro*.

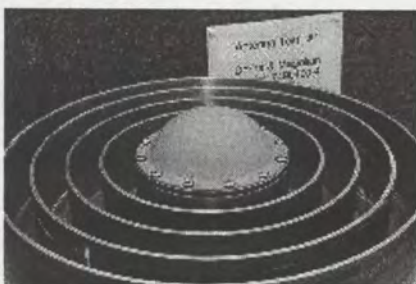
Zie paragraaf recente ontwikkelingen Multipath Measurement System (MMS) en Virtual Multipath Analysis Tool (VMAT) die in combinatie met een DXF-file de omgeving drie dimensionaal vastgeleggen en dit als invoer gebruikt voor het simuleren van multipad.

5.2 GPS antenne

Bij het ontwerp van een antenne is het gevoeligheidspatroon essentieel om multipad tegen te gaan. Een ontwerp eis kan zijn de ongevoeligheid voor gereflecteerde (LHCP) signalen, zie paragraaf 1.1 of een sterke ongevoeligheid voor signalen onder een bepaalde elevatiehoek.

Daarnaast is effectief een grondplaat die reflecties vanaf de grond tegen gaat en een choke ring antenne. Deze laatste zorgt door de concentrische opstaande cirkelranden voor reductie van multipad. De firma Javad (JPS) heeft zelfs de bodem van de cirkelranden op twee hoogte aangebracht zodat de reflecties minimaal zijn in beide L-frekwenties. Het principe van de choke ring is eenvoudig: de hoogte van de cirkelrand is $\frac{1}{4}$ golflengte zodat een reflectie via de bodem een $\frac{1}{2}$ golflengte bedraagt en uitdooft in het oorspronkelijke signaal. In de GPS nieuwsbrief mei 1999 is weergegeven het effect van zo'n choke ring en geeft ook duidelijk het cyclische karakter weer van multipad. Bron: *Jong de [1]* en ook *Jonkman*.

Het effect van een grondplaat op de code-multipad is +/- 10% reductie. Een choke ring antenne reduceert de code-multipad met nog eens 10%. Ten aanzien van de fase reductie geen informatie beschikbaar. Bronnen: *Ray, Mora-Castro* en *Cannon*.



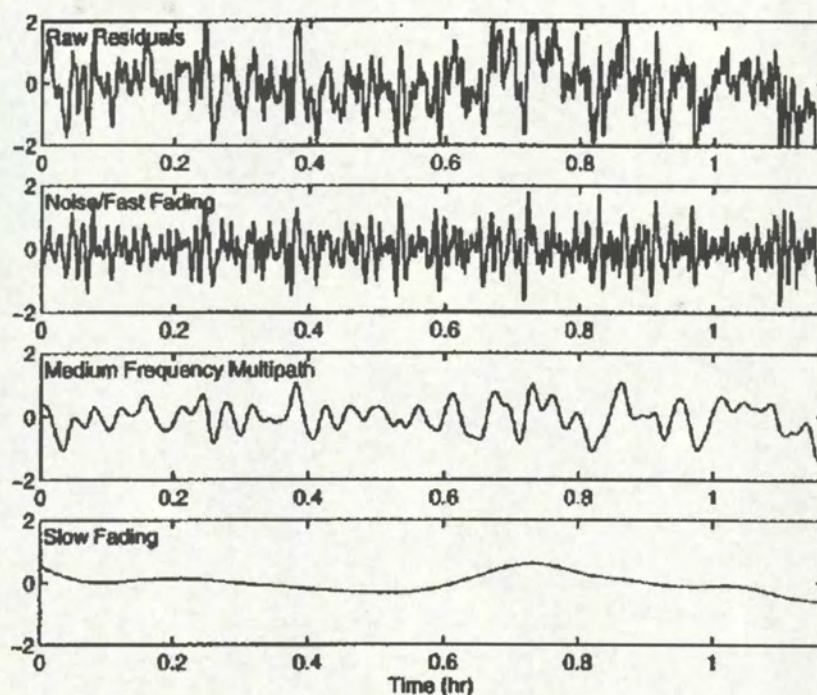
Figuur 8 Choke ring antenne

5.3 Signaal en data bewerking

Fase-multipad eliminatie is tot op heden niet beschikbaar in de (post)processing software. Soms is geïmplementeerd dat bij het overschrijden van een bepaalde drempelwaarde van de ruis deze waarneming wordt verworpen. Daarna volgt een meerduidigheid bepaling welke mogelijk niet oplosbaar is in verband met (code- en fase) multipad.

Fase-multipad reductie is beschikbaar door carrier smoothing technieken en het combineren met S/N waarnemingen. Diverse Kalman filtering methoden en spectraal decompositie waarbij de multipad effecten in drie frekwentie bereiken

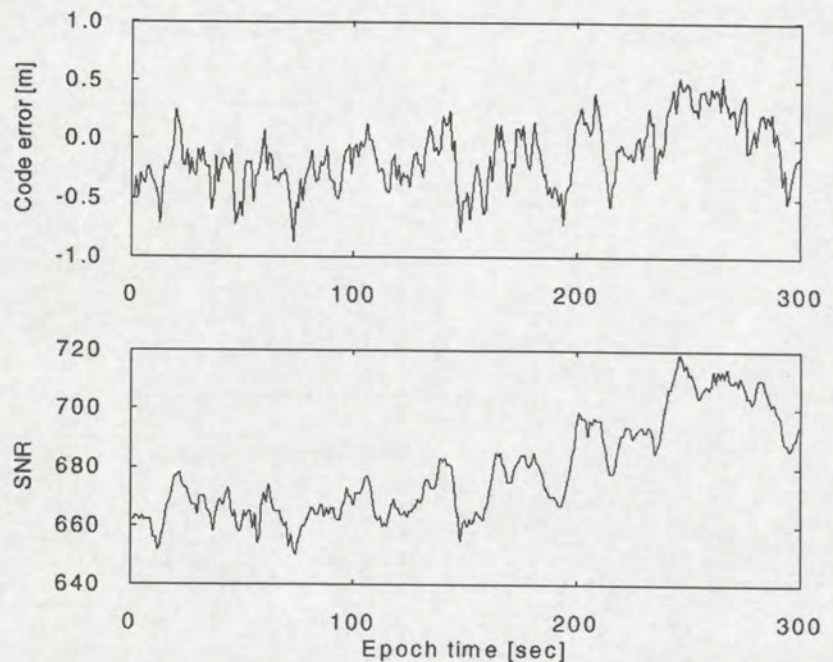
worden ingedeeld. *Dai* gebruikt deze technieken om daarmee een multipad calibratie strategie te realiseren.



Figuur 9 Multipad frekwenties ($<1m$, $1 < t < 8m$, $< 8m$)

Sommige softwarepakketten schatten de meerduidigheden juist elke epoche omdat dit inzicht geeft in de homogeniteit van de oplossingen (software van Frank Boon GAP, software is overigens niet in het bezit van de MD).

Sleewaegen[1] laat ook zien dat een combinatie van herhaalbaarheid en S/N een reductie van code-multipad is te realiseren van 68%. Dit impliceert wel dat S/N data wordt uitgevoerd door de ontvanger.



Figuur 10 Verschil code-multipad en S/N tussen 2 opeenvolgende dagen gecorrigeerd voor siderische dag.

Fase-multipad is wel te signaleren door het inwinnen van twee dagen GPS-data op de potentiële locatie en op een multipad vrije locatie daar dichtbij in de buurt (<20m). Door vorming van double differences van de basislijn en de verkregen ruis op de waarnemingen van de eerste dag en hierna te correleren met die van de tweede dag. Doordat de GPS satellieten na een siderische dag weer dezelfde positie inneemt en dan hetzelfde multipad effect leveren moet er een zeer hoge tijdcorrelatie zijn. Is deze er niet dan is er geen multipad. Bron: *Tiberius*.

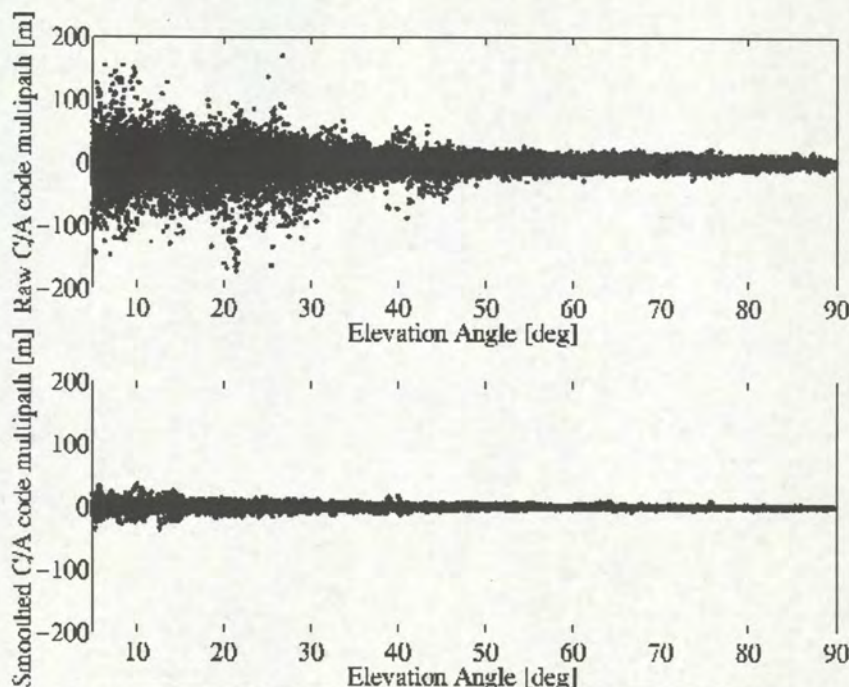
Bij de Absolute Field Calibration of GPS Antenna PCV wordt juist het verschil tussen twee siderische dagen gebruikt (eliminatie van multipad en geometrie) om GPS antennes absoluut drie dimensionaal te calibreren. Bron: *Menge*.

Voor het schatten van de meerduidigheden zijn code-waarnemingen noodzakelijk omdat bij alleen fase data er teveel epochen data nodig zijn voordat een meerduidigheid schatting mogelijk en/of effectief is. Nadat de meerduidigheden bepaald zijn, kan volstaan worden met alleen fase data mits men continue "in lock" blijft.

Bij het beoordelen of een potentiële RTK GPS referentie locatie geschikt is, is het onmogelijk om dit op basis van een enkelstation dataset te beoordelen. De diverse waarnemingscombinaties die gevormd kunnen met een enkel station dataset zijn beperkt tot een MPC, MP1 of MP2 code-multipad waarnemingscombinaties. In deze waarnemingscombinaties is niet de fase-multipad te onderscheiden omdat deze een orde 100 kleiner is. De multipad lineaire combinaties zijn beschreven in onder andere *Unavco[2]* en *Jonkman*.

5.4 Elevatie afhankelijkheid en data smoothing

Het optreden van multipad is mede afhankelijk van de elevatie van de waargenomen satellieten. De onderstaande figuur geeft dit weer.



Figuur 11 Multipad afhankelijk van elevatie en smoothing van data. Bron: Collins.

Door data van voorgaande epochen te combineren met de huidige epoche "het smoothen van data" is het effect van multipad te reduceren.

5.5 Voorverkenning / Realisatie

Naast de kennis die al beschikbaar is voor het uitvoeren van een verkenning (RTK) DGPS referentielocatie maak ik de lezer alleen attent op een paar aandachtspunten.

1. De opstelhoogte van de antenne is het meest bepalend in het wel of niet ondervinden van multipad. Bij een testmeting is het daarom raadzaam meerdere opstelhoogten te testen.
2. Bij een testmeting moet dezelfde hardware (GPS ontvanger en antenne) gebruikt worden als tijdens de definitieve inrichting. Testdata waarbij andere hardware is ingezet dan die welke bij een definitieve inrichting gebruikt gaat worden is nutteloos. Dit omdat elke hardware zijn eigen karakteristieken heeft.
3. Metalen hekwerken, dakranden zijn potentiële multipad veroorzakers.
4. Bomen of struikgewas groeit in hoogte waardoor dit een obstakel wordt of multipad kan veroorzaken. Daarnaast kunnen deze door regen/sneeuw een diffuus multipad veroorzaken. Dit gaat ook op voor andere objecten waar zich water/sneeuw kan verzamelen.

5. Diffuus multipad doet zich bij antenne radiomasten en hekwerken. Deze objecten genereren een "verspreid" multipad omdat er veel reflecterende oppervlakken dichtbij elkaar aanwezig zijn. Wees hierop bedacht tijdens een voorverkenning.
6. Probeer near field fase-multipad te voorkomen door de opstelling niet direct op een betonnen vlak of pilaar te plaatsen maar door de opstelling enkele decimeters hoger uit te voeren. Dit ondersteunt met een choke ring antenne.

Bronnen: *Unavco*[1], *Combrinck*.

6 Multipad detectie tools

Er zijn diverse multipad detectie softwarepakketten beschikbaar. Deze software pakketten zijn vaak voor diverse operating systemen beschikbaar.

6.1 Teqc voorheen QC

Binnen het Unavco programma Teqc (Translate, Edit, Quality Check) zijn diverse waarnemingscombinaties te vormen. De belangrijkste zijn die waarbij inzicht gekregen wordt van de ionosferische vertraging, ionosferische versnelling, en code-multipad op P1 en ook P2. Indien de multipad groot is dan kan deze ook in de ionosferische vertraging terugkomen. Dit omdat de multipadwaarden dan dermate groot zijn dat deze niet meer in de ionosferische ruis wegvalt.

De multipad waarnemingscombinaties zijn wel vrij van ionosfeer invloeden (alleen 1^e orde term). Bij vorming van multipad vergelijkingen wordt gebruik gemaakt van L1 en L2 data. Bron: *Unavco*[2].

Code-multipad heeft een cyclus van ongeveer 8-12 minuten. Teqc geeft geen fase-multipad uitvoer.

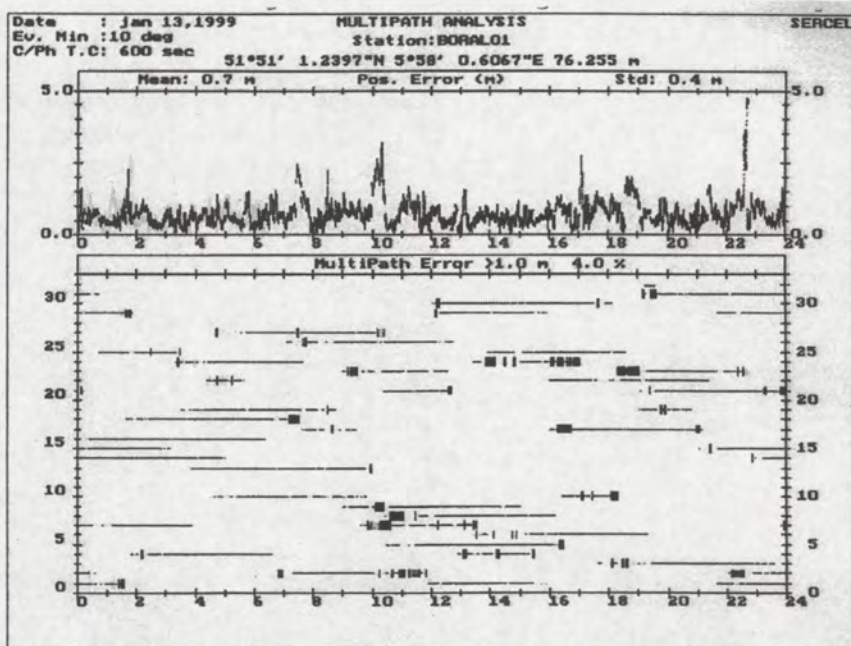
Er is wel sprake van een "improved multipath algorithm". Waaruit dit improved bestaat is onduidelijk maar wordt binnenkort gepubliceerd op de Webpagina's van Unavco (www.unavco.ucar.edu) of in GPS Solutions bron: *Estey*. Er wordt niet nader gespecificeerd wat de invloed is op de uiteindelijke coördinaten.

In paragraaf 7.4 Nieuwe procedure worden een aantal praktische tips gegeven voor de interpretatie van Teqc uitvoer.

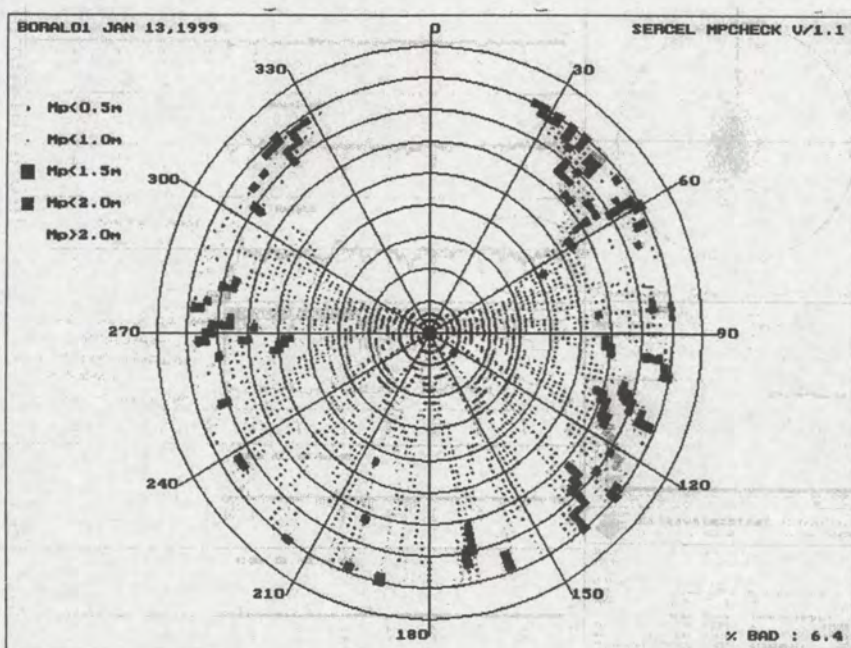
6.2 Mpcheck

Mpcheck is een software pakket van Sercel. Het verwerkt alleen een L1 fase en C/A code waarnemingen. De waarnemingscombinatie die gebruikt wordt voor detectie van multipad is niet identiek aan die van Teqc. Er wordt simpel de code en de fase-waarnemingen van elkaar afgetrokken. Hierdoor wordt de ionosferische term $2 \times$ zo groot en blijft de ruis van de code- en fase-waarnemingen aanwezig en de fase-meerduidigheid. Hierna wordt de data door een band-pass filter geleid die de ionosferische en ruis frekwenties elimineert. De uitvoer is onder andere een polar plaatje met per elevatie en azimuth grafisch beeld van multipad effecten. Dit is weer in kleurcodering onderverdeeld multipad klasse. Een percentage "bad data" geeft aan het percentage multipadwaarden die een (zelf)bepaalde grenswaarde overschrijdt. Andere uitvoer is onder andere een satelliet plaatje met multipadwaarde en elevatie per tijd, vervolgens een positie plaatje met positie errors en standaard deviatie. Bron: *Mpcheck manual sept 1995*.

Door de verhoogde ionosferische activiteit en bijgevolg de frekwenties die daarmee samenhangen heb ik geen inzicht of dit band-pass filter nog volstaat. Aanbevolen wordt gebruik te maken van L1 en L2 data waardoor de eerste orde term ionosfeer in ieder geval wordt geelimineerd.



Figuur 12 Mpcheck: coördinaat invloed en multipad per satelliet.

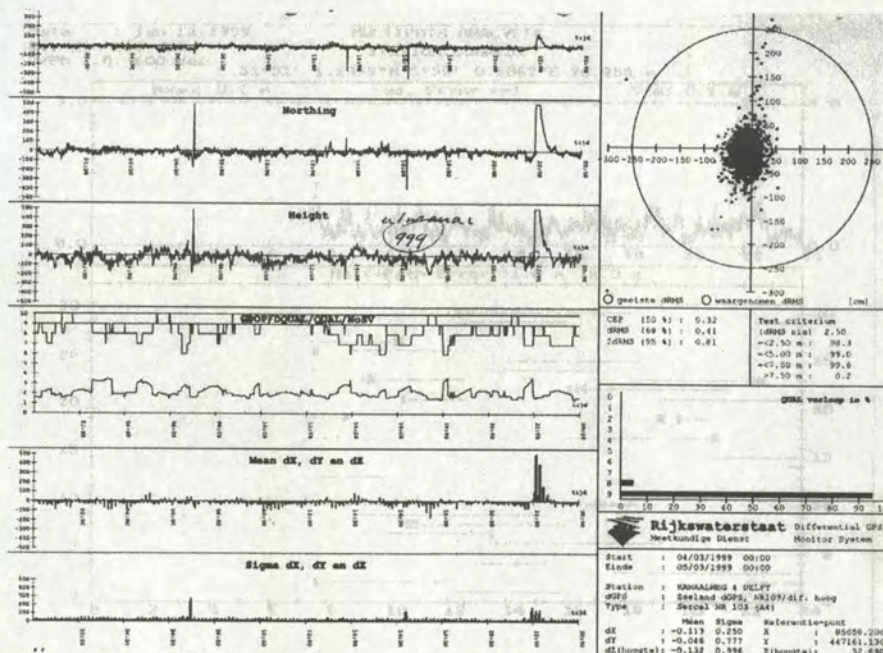


Figuur 13 Mpcheck: multipad skyplot.

6.3 Digmosy

Dit door RWS ontwikkeld software pakket geeft een aantal kwaliteiten weer. De invoer zijn coördinaten en info als datalink kwaliteit, GDOP en aantal waargenomen satellieten. Op basis van deze informatie wordt een gemiddelde offset ten opzichte van de referentie coördinaten berekend, de standaard afwijking en dx , dy dh verschillen weergegeven voor een dag data. Alle ruis die

in de waarnemingsdata aanwezig is (inclusief multipad) levert zo een coördinaat oplossing die vergeleken wordt met de referentiewaarde. Indien de datalink, Gdop geen slechte informatie levert dan wordt een coördinaat offset veroorzaakt door een niet nader bekend fenomeen. Door een vergelijking met de voorgaande dagen is te constateren of dit patroon zich dagelijks herhaalt. Het vergelijking moet dan per dag met ongeveer -4 minuten (per satelliet afhankelijk!) verschoven worden. De verschuiving is het gevolg van identieke geometrie die zich na een siderische dag herhaalt. Als het fenomeen zich dagelijks herhaalt dan is de oorzaak bijvoorbeeld; multipad of een gewijzigde satelliet geometrie. Bij een herhaald cyclisch fenomeen is multipad op de locatie zeer waarschijnlijk.



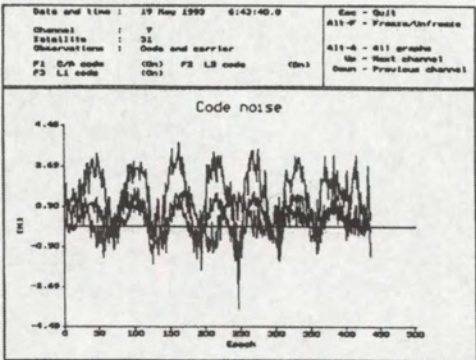
Figuur 14 Digmosy: coördinaat, kwaliteit en statistische informatie .

6.4 Geogenius

Geogenius 1.6 of juist het onderdeel GPS-Edit vormt geen multipad waarnemingscombinaties. Daardoor is een multipad analyse met Geogenius zinloos. Bron: *Spectra Precision Terrasat*.

6.5 AGRS monitoring software

De AGRS monitoring software vormt onder ander de lineaire combinaties zoals weergegeven bij paragraaf 5.1. De noise van een lineaire combinatie geeft bij het optreden van multipad duidelijk het cyclische patroon weer die daarbij hoort. Bron: *Jong de[1]*.



Figuur 15 AGRSmonitor: code noise.

6.6 Tijdcorrelatie

Fase-multipad is te signaleren na inwinning van GPS-data van twee op een volgende dagen op de potentiële locatie en op een multipad vrije locatie daar dichtbij in de buurt (<20m) en beide datasets in tijd te correleren. Vorming van double differences van de waarnemingen en de daarna verkregen ruis op de waarnemingen van de eerste dag en hierna te correleren met die van de tweede dag levert de correlatie en een indruk van het optreden van multipad. Doordat de GPS satellieten na een siderische dag weer dezelfde positie innemen is de tijdcorrelatie verschoven over ongeveer -4 minuten. Deze software is niet op de markt aanwezig en daardoor niet inzetbaar.

7 Recente ontwikkelingen

Van de recente ontwikkelingen geef ik alleen een beschrijving van de signaalverwerking die leiden tot multipad reductie. Aan de GPS hardware ontvanger en antenne is nauwelijks meer te verbeteren. In de volgende beschrijvingen wordt altijd gemaakt van een multipad onderdrukkende techniek in de ontvanger en van een choke ring antenne naast de nieuwe ontwikkeling.

7.1 MMS en VMAT

Multipath Measurement System is een systeem waarbij op basis van een volledige digitale drie dimensionale kaart (DXF file) van de omgeving gecombineerd met GPS-metingen de lokatie onderzoekt op potentiële multipad haarden. De analyse is gebaseerd op signaalanalyse en bekendheid van multipad karakteristieken. Bron: *Hickman*.

Een ongeveer vergelijkbaar systeem is het Virtual Multipath Analysis Tool (VMAT). Software pakketten zijn beschikbaar. Bron: *Hannah*.

Dit zijn softwarepakketten die inzicht geven in de object en die multipad kunnen veroorzaken.

7.2 GPS Calibration System en MCS

Het Multipath Calibration System (MCS) is een onderdeel van GPS Calibration System. Dit systeem is in ontwikkel stadium bij MIT Haystack observatory. Het MCS omvat een "multipad vrije antenne" welke gebruikt wordt om lokaal een korte basislijn (<20m) te meten bij het referentiestation. De multipad vrije antenne is een 3 m diameter antenne. De bron geeft niet meer details kwijt behalve dat Unavco het beheer krijgt en vervolgens coördinerend optreed van lokaties te bezoeken. Deze opstelling wordt tijdelijk gemaakt naast de eigenlijke opstelling. Op basis van de multipad vrije waarnemingen en de met multipad besmette waarnemingen van de referentieontvanger wordt een drie dimensionaal ruimtelijk beeld gecreëerd. De waarnemingen van de referentieontvanger kunnen hiermee realtime gecorrigeerd worden. Het systeem zou in de lente 1999 operationeel worden. Bron: *Mader*.

Tijdens de IGS analysis workshop juni 1999 in La Jolla is dit systeem opnieuw aan de orde gekomen. Niell (MIT) gaf een presentatie van het systeem. Blijkbaar is het MCS nog niet operationeel. Bron: *Jong de[2]*.

7.3 Multiple Close-Spaced Antennas

Deze methode heeft als karakteristiek dat meerdere antennes (6 stuks) dicht (<20cm) bij elkaar geplaatst worden op een stabiele stijve plaat. Doordat alle antennes multipad meten in hun eigen tijd kan het multipad effect op de centrale antenne geëlimineerd worden. Het voordeel van deze methode is dat continue een mogelijke variatie aan multipad (in tijd of omgevingsfactoren) kan worden bepaald. Dit betekent een vaste opstelling. Het nadeel is dat relatief eenvoudige antennes gebruikt worden in verband met de dimensie. Juist

hierdoor wordt ook weer meer multipad ontvangen. Dit is nog niet operationeel. Bron: Ray.

7.4 Filtering en Spectraal decompositie

Eigenlijk de meest fundamentele benadering om multipad te elimineren. In dit geval worden diverse technieken bovenop elkaar toegepast. De technieken die achtereenvolgens toegepast worden: multipad stochastische modellering en Kalman filtering, een spectraal decompositie en gebruik maken van de herhaalbaarheid met SNR data. Geen productie software beschikbaar. Bron: Dai Zie ook hierna.

7.5 Herhaalbaarheid en SNR

De laatste methodiek is dicht bij huis ontwikkeld. Multipad komt elke dag herhaald voor op praktisch hetzelfde tijdstip. Dit effect treedt op doordat de geometrie van de satellieten niet precies na 24 uur herhaald wordt maar na een siderische dag. Daarnaast wordt ook gebruikt gemaakt van de SNR van de waarnemingsdata. De beschreven routine ziet er relatief eenvoudig uit. Het voordeel is dat er geen lokatie DXF file nodig is, zoals bij MMS en VMAT systeem paragraaf 6.1. Het kan realtime uitgevoerd worden mits data van de dag daarvoor aanwezig is. Een mogelijk nadeel is de SNR verslechtering bij gebruik van een ander type correlator in de ontvanger. Bron: Sleewaegen[1].

8 Opzet nieuwe procedure

8.1 Opmerkingen

Multipad analyseren is moeilijk. Er zijn pakketten die multipad kunnen detecteren maar dan volgt een ander probleem: Multipad is niet te beschrijven met een of twee parameters. De consequentie is dat de analyse omslachtig en tijdrovend wordt. Zowel de afdeling GAP en GAM hebben geen of weinig ervaring met multipad detectie.

Multipad analyse tools zoals MMS en MAT zijn arbeidsintensief en lijkt mij niet zinvol. Je moet multipad proberen te voorkomen. Naderhand analyseren welk object het multipad effect veroorzaakt is in deze niet relevant.

Code-multipad kan per satelliet in slechte condities oplopen tot 40-60m. Fase-Multipad is daarentegen per satelliet 2-4 cm. Bij gebruik van een DPGS referentiestation is het resulterende effect afhankelijk van aantal waargenomen satellieten, Gdop en de mate van multipad in de orde van enkele meters. Dit is alleen afhankelijk van de code-waarnemingen. RTK DGPS referentiestations is de fase- en code-waarnemingen allebei relevant. De code-waarnemingen zijn noodzakelijk voor de meerduidigheid bepaling. Ruis op de code-waarnemingen door multipad impliceert een initialisatie probleem. Indien de meerduidigheden zijn bepaald en er geen cycle slips optreden, zijn alleen de fase-waarnemingen nog relevant. Het effect op de coördinaten is dan maximaal enkele centimeters.

8.2 Adviezen

Advies: Zowel GAP als GAM moeten meer ervaring opdoen met multipad analyse. Op dit moment ontbreekt deze ervaring.

Advies: hardware en antenne moeten multipad onderdrukkend zijn. Het voorkomen van multipad is beter dan achteraf proberen te verklaren en te elimineren. Het elimineren van multipad is veel efficiënter geïmplementeerd door hardwarefabrikanten en daarentegen nog nauwelijks toegepast in de software.

Navraag bij Sercel waaruit bestaat de "Multipath mitigation techniques" en wat zijn daarvan de prestaties? Indien de multipad reductie in vergelijking met andere type GPS ontvangers achterblijft overweeg dan ander type GPS ontvanger te gebruiken (Ashtech Z-FX, de Javad's, Leica system 500, Trimble 4000SSI). Als er een test overwogen wordt is een opstelling als in Mora-Castro aanbevelenswaardig.

Gebruik choke ring antennes met grondplaat alleen deze zijn code- en fase-multipad onderdrukkend.

Advies: geen Mpcheck.

Door de verhoogde ionosferische activiteit zijn de "cut-off" frekquenties van het band-pass filter in MPcheck niet meer in staat om ruis en ionosferische fouten te elimineren. Aanbevolen wordt gebruik te maken van L1 en L2 data waardoor de eerste orde term ionosfeer in ieder geval wordt geëlimineerd. Alternatief is Teqc, invoer door middel van RINEX data files. Dit is minder grafisch dan Mpcheck kortom er is een interpretatieslag nodig.

Advies: doorgaan met minimaal 2 dagen testdata verzamelen met dezelfde hardware als de beoogde inrichting. Voor het signaleren van multipad met hoge frekwenties is een hoge inwinrate noodzakelijk bijvoorbeeld met een epoche kleiner dan 5 seconden.

Advies: hardware en antenne moeten tijdens een testmeting identiek zijn aan de hardware welke bij een definitieve inrichting ingezet wordt.

Advies: Verzamel data op een of meer opstelhoogten. Juist de opstelhoogte is bepalend in het min of meer optreden van multipad. Voorstel is om bijvoorbeeld de opstelhoogten 1,5-2,0m en 2,0-2,5 m boven het maaiveld/dak te situeren.

Advies: Inzet signaal verwerking wanneer deze beschikbaar komt. Operationele software is nog niet voorhanden. Als dit afkomt sterk overwegen dit te implementeren in de eigen productie verwerkingslijn.

Advies: Blijf Digmosy gebruiken voor signaleren van het effect op de uiteindelijke coördinaten. De toetsing met Digmosy veranderd niet.

Advies: Voor de voorverkenning van een locatie hoeft geen onderscheid gemaakt te worden tussen een DGPS of RTK referentie locatie. Ten aanzien van het signaleren van wel of geen multipad is de procedure identiek.

8.3 Aanbevelingen

Blijf de situatie volgen ten aanzien van vier zaken die potentieel veel kunnen bieden in de toekomst:

1. GPS Calibration System inclus het Multipath Calibration System (MCS), van MIT Haystack Observatory. Zie ook IGS mededelingen daarover.
2. In-situ Site Calibrations of Absolute Antenna Calibrations, Universität Hannover,
3. Multiple Close-Spaced Antennas, University of Calgary en
4. Kalman filtering met Spectraal decompositie, herhaalbaarheid en SNR, Stanford University en Royal Observatory of Belgium.

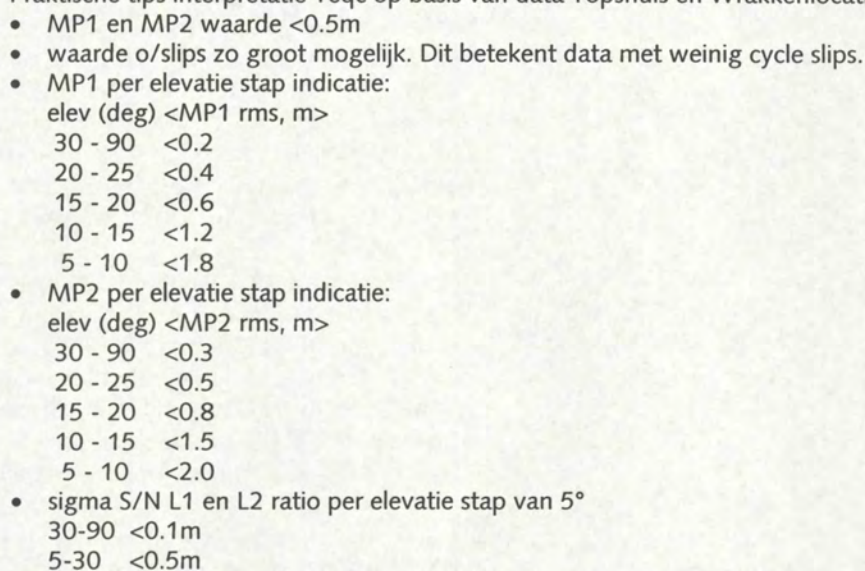
8.4 Nieuwe procedure

Schematisch is de procedure haast identiek aan de oorspronkelijke procedure. Er zijn wel een aantal detail verschillen; inzet van dezelfde gps/antenne hardware als tijdens de definitieve inrichting van de locatie.

Inwinning met een hoge inwinrate: <5 seconden.

De antenne op meerdere opstelhoogte testen omdat juist de antennehoogte cruciaal is in het wel of niet ontstaan van multipad.

Toetsing van Teqc: hiervan zijn nog weinig praktische ervaringcijfers beschikbaar. Oorzaak hiervan is dat elk antenne- en ontvangertype zijn eigen karakteristieken heeft. Dit is de reden waarom voor de test en de uiteindelijke inrichting dezelfde gps configuratie ingezet moet worden.



9 Literatuur

- Bisnath S.B., Collins J.P., Langley R.B., Geodetic Research Laboratory, Department of Geodesy and Geomatics Engineering, University of New Brunswick, New Brunswick, July 1997.*
- Bock Y., Springer T., IGSmail 2213, IGS Analysis Center Workshop, 22/3/99.*
- Cannon M.E., Lachapelle G., Development of Rapid and Precise GPS Static Survey Methods, University of Calgary, 1992.*
- Collins J.P., Stewart P.J., Langley R.B., Multipath and Atmospheric Propagation; Errors in Offshore Aviation DGPS Positioning, 2nd Workshop on Offshore Aviation Research, Geodetic Research Laboratory, Department of Geodesy and Geomatics Engineering, University of New Brunswick, New Brunswick, September 1998.*
- Combrinck L., Schmidt M., Physical Site Specifications: Geodetic Site Monumentation, IGS Network Systems Workshop November 2-5, 1998, Annapolis.*
- Dai D., Walter T., Comp C.J., Tsai Y.J., Ko P.Y., Enge P., Powel J.D., High Integrity Multipath Mitigation techniques for Ground Reference Stations, Stanford University, ION GPS-97.*
- Estey L.H., persoonlijke email, feedback TEQC, 19 mei 1999.*
- Hannah B.M., Walker R.A., Kubik K., Towards a Complete Virtual Multipath Analysis Tool, ION GPS-98.*
- Hickman D., Multipath Measurement System (MMS) A System to detect Multipath Effects and the causing Reflectors, ION GPS-98.*
- Hofmann-Wellenhof B., Lichtenegger H. and Collins J., Global Positioning System Theory and Practice, 1992, Springer-Verlag, Wien New York.*
- Johnson J., Braun J., Rocken C., VanHove T., The Role of Multipath in Antenna height Tests at Table Mountain, Unavco, July 1995.*
- Jong de C.D.[1], Jonkman N.F., GPS/Glonass integrity monitoring, GPS nieuwsbrief, mei 1999.*
- Jong de C.D.[2], verslag IGS Analysis Center Workshop, La Jolla, juni 1999.*
- Jonkman N.F., JPS Single- and Dual-Depth Antenna Code-Multipath Test, draft June 22 1999, TUD Geodesie.*
- Langley L.B., RTK GPS, GPS-world, September 1998.*
- Mader G., Physical Site Specifications: GPS Antenna Calibrations, IGS Network Systems Workshop November 2-5, 1998, Annapolis.*
- Menge F., Seeber G., Völksen C., Wübbenna G., Schmitz M., Results of Absolute Field Calibration of GPS Antenna PCV, ION GPS-98.*
- Mora-Castro E.J., Carrascosa-Sanz C., Ortega G., Characterisation of the Multipath Effects on the GPS Pseudorange and Carrier Phase Measurements, ION GPS-98.*
- Ray J.K., Cannon M.E., Fenton P., Mitigation of Static Carrier Phase Multipath Effects Using Multiple Closely-Spaced Antennas, ION GPS-98.*
- Seeber G., Satellite Geodesy, 1993, de Gruyter, Berlin New York.*
- Sleewaegen J.M.[1], Multipath Mitigation, Benefits from using the signal-to-Noise Ratio, Royal Observatory of Belgium, ION GPS-97.*
- Sleewaegen J.M.[2], persoonlijke email, vragen multipath, 19 maart 1999.*
- Spectra precision Terrasat, Geogenius user's manual version 1.5, April 1999, Germany.*
- Tiberius C.C.J.M., persoonlijke email, vragen multipath, 23 maart 1999.*
- Werner W., Eissfeller B., Fu Z., Hein G.W., Performance of the TCAR Method in Multipath and Jamming Environments, ION GPS-98.*

*Unavco [1], Site Planning and Reconnaissance Guidelines,
<http://www.unavco.ucar.edu/projects/continuous/recon.html>.*

Unavco [2], QC v3 users guide, ???, ???, 19???

Weill L.R., Conquering multipath: The GPS accuracy battle, GPS-world, april 1997.

10 Deel 2: Locatieonderzoek met behulp van TEQC/Qcview

GAM maakt al jaren gebruik van een bepaalde procedure om (RTK) dGPS locaties op hun geschiktheid te toetsen. Een onderdeel hiervan vormt het onderzoeken van multipad op zo'n locatie. Het huidige multipad onderzoek voor RTK dGPS locaties vindt op dezelfde wijze plaats als het onderzoek voor dGPS locaties. De normen waartegen multipad getoetst wordt zijn ervaringscijfers. Het gevoel bestaat dat de voor dGPS locaties ontwikkelde procedure minder van toepassing is voor RTK locaties, waardoor mogelijk locaties ten onrechte niet in aanmerking komen voor een RTK referentiestation. GAM heeft behoefte aan een optimale selectieprocedure met bijbehorende hulpmiddelen. Onder optimaal wordt hier verstaan een procedure die maximaal onderscheid maakt tussen een geschikte en ongeschikte locatie met in minimale kans op fouten van de eerste en tweede soort. (ten onrechte afwijzen van een geschikte locatie en ten onrechte accepteren van een ongeschikte locatie).

Onlangs heeft GAP voor GAM de volgende activiteiten verricht en vastgelegd in een rapport:

- vastleggen huidige procedure voor multipad onderzoek
- evalueren huidige procedure voor multipad onderzoek

Als vervolg op deze voorgaande activiteiten, is een volgende fase gestart waarin getracht wordt om op korte termijn meer inzicht te krijgen over de werking en het gebruik van multipad analyse programmatuur. Dit alles in relatie tot specifieke hardware welke bij GAM en de meetdiensten in gebruik is.

De volgende activiteiten dienen hiervoor uitgevoerd te worden:

1. kennismaking met de multipad problematiek in het algemeen en de multipad programmatuur 'TEQC' en 'Quick Look' in het bijzonder. Voor de kennismaking met de programmatuur kan gebruik gemaakt worden van bestaande Sercel datasets.
2. Inzicht krijgen in hoe de multipad indicatoren van de multipad programmatuur te interpreteren op basis van bestaande datasets; kort schriftelijk verslag.
3. inzicht krijgen in de verschillen tussen TEQC en Quick-Look als analyse hulpmiddel specifiek de Sercel ontvanger / antenne combinatie; kort schriftelijk verslag.
4. opstellen rapportage waarin bovengenoemde punten zijn uitgewerkt.

11 Nieuwe procedure

11.1 Conclusies uit het rapport van Jeroen zomerdijk

In het rapport: 'Multipad onderzoek bij (RTK) dGPS-referentiestations' van Jeroen Zomerdijk (ex GAP) wordt ingegaan op het fenomeen Multipad op GPS signalen. Enkele onderwerpen welke in het rapport ter sprake kwamen zijn:

- Huidige selectieprocedure voor het beoordelen van een potentiële locatie.
- Uitleg wat exact multipad is en de nadelige effecten ervan.
- Wijzen waarop we multipad kunnen elimineren c.q. minimaliseren.
- Bestaande programmatuur waarmee multipad gedetecteerd kan worden.
- Recente ontwikkelingen op multipad analyse gebied.
- Globale opzet nieuwe procedure voor het beoordelen van een nieuwe locatie.

Aan het eind van de rapportage staan enkele adviezen en voorstellen opgesomd. Hieronder is getracht de voorstellen uit het rapport: 'Multipad onderzoek bij (RTK) dGPS-referentiestations' nog eens te herhalen en op een andere wijze te rangschikken.

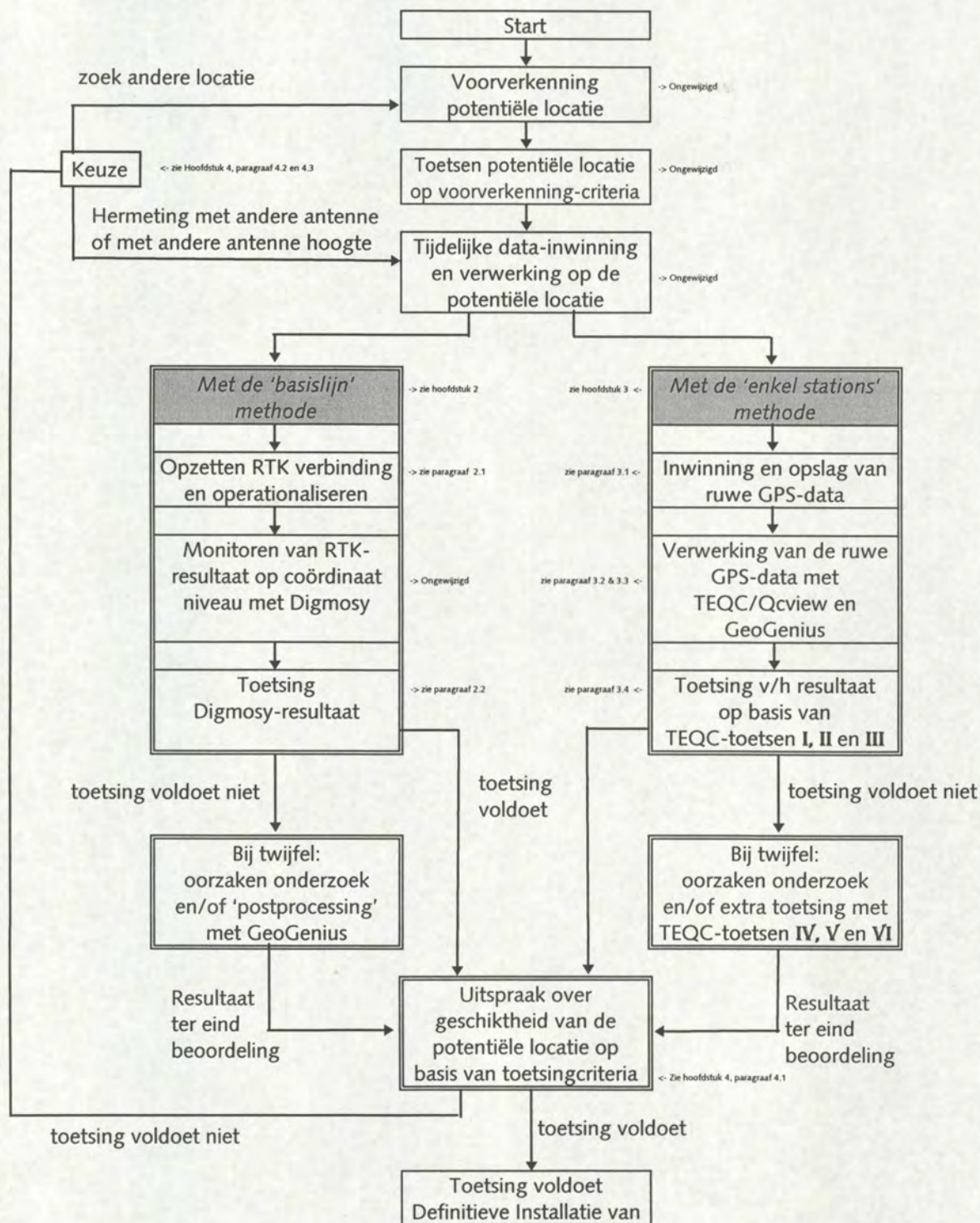
- **Algemene adviezen**
 - GAP en GAM moeten meer ervaring opdoen met multipad analyse, met name in de kwantificering van de output van multipad analyse programma's.
 - Geen onderscheidt maken of de locatie gebruikt wordt voor RTK-referentiestations of voor 'gewone' Code-referentiestations.
 - Blijf de ontwikkelingen volgen bij een aantal universiteiten en instellingen die zich bezig houden met multipad onderzoek.
- **Adviezen op de procedure**
 - Bij de voorverkenning van een potentiële locatie de verkenningprocedure ongewijzigd laten en de zelfde criteria hanteren als voorheen.
 - Doorgaan met de wijze waarop de geschiktheid van een potentiële locatie wordt onderzocht. Dit door met een tijdelijke inrichting de locatie te onderzoeken.
 - Handhaaf de huidige wijze van data verwerking met de 'basislijn' methode en 'enkel stations' methode.
- **Adviezen op detail niveau**
 - Apparatuur
 - Voorop moet staan dat de apparatuur bij het testen identiek moet zijn aan die onder gewone omstandigheden.
 - De voorkeur gaat uit naar een GPS-antenne die vanuit z'n constructie reeds de mogelijkheden heeft om multipad te onderdrukken (chokering antenne)
 - Tijdelijke inrichting potentiële locatie
 - Doorgaan met minimaal 2 dagen data verzamelen
 - Verzamel GPS-data met een hoge inwinrate (<5 seconden)
 - Verzamel GPS-data op meerdere opstel hoogten omdat juist de antenne hoogte cruciaal is in het wel of niet

ontvangen van een signaal dat via een ander pad tot de antenne komt

- Data verwerking
 - Gebruik geen MP-check van DSNP (= alleen L1), vervang de verwerking met MP-check door verwerking met TEQC/Qcview en GeoGenius (Scan-functie)
- Toetsing resultaat
 - Toetsing van de 'enkel stations' methode zal geschieden m.b.v. TEQC/Qcview. De beoordeling (acceptatie) moet geschieden aan de hand van vastgelegde richtlijnen waarin gekwantificeerd is welke waarden bepaalde parameters mogen hebben.
 - Toetsing van de 'basislijn' methode procedure met Digmosy zal ongewijzigd blijven.

11.2 De nieuwe procedure

Deze rapportage draait geheel om de procedure rond het beoordelen van een potentiële locatie en aangezien de adviezen van Jeroen zowel op de procedure als wel op de details betrekking hebben, staat hieronder de nieuwe procedure in zijn geheel, inclusief alle details en opmerkingen, gedeclareerd.



GPS-ontvanger op
potentiële locatie

-> hoi, game over

12 veranderingen in de 'basislijn' methode

In dit hoofdstuk worden die zaken belicht welke betrekking hebben op de veranderingen van de oude procedure naar de nieuwe procedure in de 'basislijn' methode. Paragraaf 2.1 belicht de veranderingen in het proces rond het operationaliseren van een RTK opstelling en Paragraaf 2.2 belicht de toetsing van de opstelling in een Digmosy resultaat.

De reden waarom de 'basislijn' methode in de nieuwe verwerkingslijn wordt gehandhaafd is:

- De uiteindelijke gebruiker is niet geïnteresseerd in de hoeveelheid (kwantiteit) multipad op een locatie maar wat de invloed is van die multipad op de uiteindelijke coördinaten (de nadelige effecten). Als vuistregel geldt namelijk dat locaties met veel multipad slechte Digmosy resultaten voortbrengen en locaties met weinig multipad goede Digmosy resultaten.
- Multipad controle met TEQC is alleen op de Code-waarneming van de GPS-data. Eventuele Multipad op de fase-waarneming zijn niet gecontroleerd. Deze nadelige effecten vinden z'n weergave in een Digmosy uitvoer.

12.1 Operationaliseren van een RTK opstelling

Hieronder staan de belangrijke punten (wellicht ten overvloede) waarop gelet moet worden bij een monitoring met Digmosy, nog eens opgesomd.

- Voorop moet staan dat de apparatuur bij testen identiek moet zijn aan die onder 'gewone' omstandigheden, het geen in de praktijk betekent dat de GPS-antenne van DSNP wordt gebruikt.
- De basislijn lengte tussen 'potentiële locatie' (ref) en de Digmosy 'monitor locatie' (mobile) moet klein zijn, in ieder geval niet groter dan 15 km. a 18 km. Dit om de nadelige effecten in de ionosfeer te minimaliseren tijdens het Multipad onderzoek.
- De epoche interval moet kleiner zijn dan 5 seconden. Dit in navolging van het rapport : 'Multipad onderzoek bij (RTK) dGPS-referentiestations' waar gesteld wordt dat bij intervallen kleiner dan 5 seconden hoog frequent Multipad beter te detecteren is.
- Doorgaan met minimaal 2 dagen data verzamelen per opstelling
- De afstand tussen de potentiële locatie en de locatie waar de definitieve antenne eventueel zal worden geïnstalleerd mag niet groot zijn. Een vuistregel is: kleiner dan een decimeter. Het gelijktijdig meten met twee GPS-ontvangers, met elk een eigen antenne, wordt door deze afstand beperking dan ook afgeraden. De multipad omstandigheden zijn sterk locatie afhankelijk, dit is vooral het geval bij hoog frequent fluctuerend multipad.

12.2 Toetsing Digmosy resultaat

In de toetsing van de Digmosy resultaten komt geen wijzigingen. Bij de acceptatie van de resultaten zal op de volgende zaken gelet moeten worden:

- Het aantal blunders of uitschieters¹. Afhankelijk van het type GPS-ontvanger, lengte van de basislijn (afstand tussen referentie ontvanger en potentiële locatie), Multipad en andere externe factoren kan dit aantal variëren.
- Het aantal oplossingen die worden geaccepteerd in het vooraf bepaalde testcriterium (dRMS eis).
- De standaard deviaties en gemiddelde-offset welke worden berekend uit de puntenwolk van geaccepteerde GPS-coördinaten. Ook deze waarden zijn afhankelijk van de lengte van de basislijn, type GPS-ontvanger, Multipad en andere externe factoren.

In het Najaar van 2000 zal door de afdeling Marine Geodesie van de Meetkundige Dienst van Rijkswaterstaat een interne rapport zijn vervaardigd waarin de bovenstaande zaken nader zullen worden uitgeschreven. In het rapport zal gedetailleerd worden beschreven hoe een Digmosy resultaat moet worden geïnterpreteerd.

Een globale opzet van hoe een Digmosy resultaat kan orden geïnterpoleerd staat hieronder weergeven.

Beoordeling	uitmuntend	zeer goed	goed	ruim voldoende	voldoende	onvoldoende	zwaar onvoldoende	slecht	zeer slecht	belabberd
Interpretatie	Geen outliers				een enkele outliers					Veel outliers
	uitstekende statistische waarden				normale statistische waarden					zeer slechte statistische waarden
	uitstekend aantal geaccepteerde waarnemingen bij testcriterium				Normaal aantal geaccepteerde waarnemingen bij testcriterium					zeer slecht aantal geaccepteerde waarnemingen bij testcriterium
Score	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%

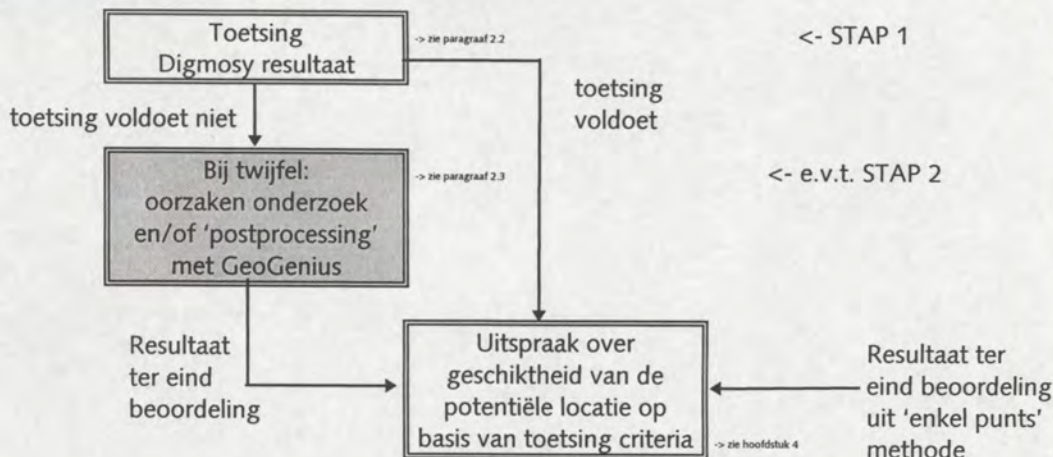
Aan de hand van het toekomstig uitgewerkte Digmosy interpretatie rapport zal het mogelijk worden om een toetsing-oordeel te kunnen geven over de kwaliteit van de Digmosy resultaten en zal aan die resultaten een rapportcijfer gehangen. Deze rapportcijfers worden echter niet uitgedrukt in 1 t/m 10 maar in procenten (10%-100%).
Indien de Digmosy resultaten beter dan 'voldoende' kunnen worden bestempeld, worden deze score meegenomen naar de eind beoordeling in hoofdstuk 4. Bij onvoldoende bevredigende resultaten (score < 60%) zal een

¹ Dit zijn fouten van de tweede soort. Hiermee wordt bedoeld de door de GPS-ontvanger ten onrechte geaccepteerde foute GPS-data die daardoor na de verwerking foutieve coördinaten oplevert. Deze fouten worden ook wel aangeduid als 'outliers'.

additioneel onderzoek moeten plaatsvinden naar de oorzaak van de slechte resultaten. Dit wordt beschreven in de volgende paragraaf.

12.3 Toetsing 'basislijn' methode na slechte Digmosy resultaten

Indien de Digmosy resultaten onvoldoende zijn (score < 60%) is een additioneel onderzoek naar de oorzaken ervan een volgende stap. Deze stap is al weergegeven in het schema van paragraaf 1.2. Een uitsnede van dat schema staat hieronder ter verduidelijking nog eens weergegeven.



Bij het onderzoek naar de oorzaken van de slechte Digmosy resultaten moet gelet worden op de volgende zaken:

- Het weder keren van de uitschieters in de Digmosy plots, ± elke 24 uur. De mogelijkheid bestaat dat de uitschieters afhankelijkheid vertonen met de constellatie van GPS-satellieten. Dan zal de wederkeerbaarheid 23 uur en 56 minuten zijn. Is dat niet het geval en zijn de uitschieters exact 24 uur dan kan er sprake zijn van verstoringen afkomstig uit de aardse omgeving. Gedacht moet dan worden aan machines, apparaten en zendinstallaties.
- De duur van eventuele onderbrekingen. Ook hier moet gedacht worden aan machines, apparaten en zendinstallaties die kunnen zorgen dat GPS-signalen tijdelijk kunnen onderbroken. Ook het wegvallen van de radiolink tussen Referentiestation en mobiel station kan zorg dragen in eventuele onderbrekingen.

Naast het onderzoeken naar de oorzaken van de teleurstellende Digmosy resultaten kan er ook een 'postprocessing' plaatsvinden met de uit de 'enkel punts' methode opgenomen GPS-data. Dit kan geschieden met GPS-verwerkingsprogrammatuur zoals GeoGenius.

De 'Scan'-functie binnen GeoGenius geeft visueel de kwaliteit van de GPS-data weer (daarover in paragraaf 3.2 meer). Het statisch verwerken van de GPS-data ('baseline postprocessing') kan na het inlezen van de GPS-data worden uitgevoerd. Na deze 'statische processing' kan met de 'Scan'-functie worden bekeken of de statische processing ook een aantal onopgeloste cycle slips geeft. In Bijlage C staan enkel voorbeelden van de visuele presentaties welke gegeven worden door GeoGenius. Een groot aantal onopgeloste cycle slips is een indicatie voor kwalitatief slechte data.

Na de 'statische processing' wordt de 'kinematische processing' worden uitgevoerd. Nadat de kinematische oplossing is berekend kan in de GeoGenius-

uitvoer worden geanalyseerd of deze essentiële verschillen oplevert met de 'real time' variant. Met name op de tijden dat de Digmosy uitvoer uitschieters vertoonde. Een vergelijk op coördinaat niveau kan na de processing worden uitgevoerd.

Terugkomend op de 'Scan'-functie binnen GeoGenius kan de volgende opmerking nog worden toegevoegd: Deze functie is vooral handig, ze geven de gebruiker slechts snel een indruk van de kwaliteit van de GPS-data. Echte 'waarheden' zijn er niet uit te extraheren maar geeft de gebruiker wel een goed idee over de kwaliteit van de GPS-data.

Voor de waardering van de GeoGenius resultaten wordt eveneens een beoordeling/score tabel gehanteerd. Deze is dezelfde als in de vorige paragraaf.

Beoordeling	uitmuntend	zeer goed	goed	ruim voldoende	voldoende	onvoldoende	zwaar onvoldoende	slecht	zeer slecht	belabberd
Interpretatie	geen verschillen op coördinaat niveau				nauwelijks grote verschillen op coördinaat niveau					zeer veel grote verschillen op coördinaat niveau
	uitstekende statistische waarden				normale statistische waarden					zeer slechte statistische waarden
	geen niet opgeloste 'cycle slips'				een enkele niet opgeloste 'cycle slip'					zeer veel niet opgeloste 'cycle slips'
Score	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%

De score wordt getransporteerd naar hoofdstuk 4 ter eind beoordeling.

AANBEVELING:

Indien voorzien wordt dat de komende jaren vaak vergelijkingen tussen Digmosy uitvoer en GeoGenius uitvoer zal plaatsvinden, draag er dan zorg voor dat daar omheen een stukje automatisering in kan worden geïmplementeerd. Gedacht kan worden aan een 'script-file' maken binnen GeoGenius dat een NMEA gelijkend bestand kan maken. Dit bestand kan dan op zijn beurt worden ingevoerd in Digmosy. De 'real-time' variant en de 'postprocessed' variant uit GeoGenius kunnen dan eenvoudig naast elkaar worden gelegd. Een grafische interpretatie is dan snel en eenvoudig te realiseren.

13 Veranderingen in de 'enkel stations' methode

In dit hoofdstuk worden de zaken belicht welke betrekking hebben op de nieuwe procedure in de 'enkel stations' methode. Paragraaf 3.1 belicht het proces rond de inwinning, opslag en verwerking van ruwe GPS-data en Paragraaf 3.2 belicht de 1^e toetsing op basis van de TEQC uitvoer. Bij het niet kunnen accepteren van die 1^e toetsing, of bij andere twijfel, kan de uitvoerder van het locatie onderzoek een onderzoek starten naar de oorzaken van deze niet geaccepteerde toetsing. Dit wordt beschreven in Paragraaf 3.3

13.1 Inwinning en opslag van ruwe GPS-data

Inwining en opslag ruwe GPS-data

Voor de verwerking met TEQC zal eerst op de potentiële locatie GPS-data moeten worden ingewonnen. Daarbij zal op de volgende zaken moeten worden gelet:

- Voorop moet staan dat de apparatuur bij de testen identiek moet zijn aan die onder 'gewone' omstandigheden, het geen in de praktijk betekent dat de GPS-antenne van DSNP wordt gebruikt.
- Doorgaan met minimaal 2 dagen data verzamelen per opstelling.
- de epoche interval moet kleiner zijn dan 5 seconden. Dit in navolging van het rapport : 'Multipad onderzoek bij (RTK) dGPS-referentiestationen' waar gesteld wordt dat bij intervallen kleiner dan 5 seconden hoog frequent Multipad beter te detecteren is.
- De afstand tussen de potentiële locatie en de locatie waar de definitieve antenne eventueel zal worden geïnstalleerd mag niet groot zijn. Een vuistregel is: kleiner dan een decimeter. Het gelijktijdig meten met twee GPS-ontvangers, met elk een eigen antenne, wordt door deze afstand beperking dan ook afgeraden. De multipad omstandigheden zijn sterk locatie afhankelijk, dit is vooral het geval bij hoog frequent fluctuerend multipad.

Vorbewerking van de ruwe GPS-data

Voordat de verwerking van de data kan geschieden met TEQC/Qcview zal de data verbewerkt moeten worden.

Het werken met TEQC/Qcview houdt impliciet in dat de ruwe GPS-data, welke op geslagen is in een 'fabrikant-eigen' binair formaat, wordt geconverteerd naar RINEX. Deze conversie kan geschieden met het conversie programma van DSNP of met de faciliteiten van GeoGenius biedt. GeoGenius is in staat binaire DSNP bestanden in te lezen en RINEX bestanden weg te schrijven.

Mocht het eventueel nodig zijn om grote RINEX bestanden op te knippen in meerdere kleinere bestanden dan biedt het programma 'DECIMATE' een uitkomst. Tevens is het programma instaat om de intervaltijd aan te passen van b.v. 3 seconden naar 30 seconden (decimeren).

Meer over het programma Decimate is weer te vinden in Bijlage F.

13.2 Verwerking en beoordeling met GeoGenius

Het GPS-verwerkingspakket GeoGenius kent enkele summier mogelikheden om de kwaliteit van de GPS te presenteren. Zo laat de Scan-functie zien waar de 'Loss of Locks' zich bevinden. In de GPSedit-functie is vooral de grafiek met

elevatie hoogten handig en na het processen van een statische basislijn tussen twee stations is wederom de Scan-functie interessant om een indruk te krijgen van het aantal niet opgeloste 'cycle slips' (zoals reeds is aangegeven in paragraaf 2.3).

beoordeling op basis van GeoGenius grafieken

Zoals reeds vermeld zijn deze functies 'handig', ze geven de gebruiker slechts een indruk van de kwaliteit van de GPS-data. Voor de echte toetsing, d.w.z. absolute informatie over de kwaliteit van de GPS-data, is het programma TEQC beter geschikt. In Bijlage C staan enkel voorbeelden van de visuele presentaties welke gegeven worden door GeoGenius.

13.3 Verwerking met TEQC.

Het opstarten van TEQC gaat d.m.v. een commando regel waarin naast de aanroep van de 'executable' ook nog additionele verwerking-opties worden mee gegeven. Een typische opstart ziet er als volgt uit:

```
TEQC +qc +tec +ssv +ap +sym +relax +set_hor 7 +set_mask 10
-mp_bins 45 -ion_bins 45 -sn_bins 45 -st 19990503114151
-e 19990503160000 +err delf1690.txt delf1690.99o
```

De instellingen kunnen als volgt worden verklaart:

TEQC	Opstart commando van TEQC.exe
+qc	TEQC verwerking inclusief de kwaliteitscontrole (QC) optie
+tec	TEQC verwerking inclusief de berekening van de vrije-electronen gehalte in de ionosfeer (Total Electron contance).
+ssv	Een optie van TEQC waarbij in de uitvoer een extra samenvatting wordt gegeven per individuele satelliet.
+ap	Een optie van TEQC waarbij de positie van de GPS-antenne uit de GPS- data wordt berekend.
+sym	Een optie van TEQC waarbij de symbolen van de grafische voorstelling van de tijdschaal nog eens in de uitvoer worden herhaald.
+relax	Met deze optie binnen TEQC worden de RINEX-headers niet zo strikt genomen zodat niet complete en/of fout 'headers' geen belemmering vormen bij de verwerking van de data.
+set_hor 7	Een setting van de Horizon-elevatiehoek. Vanaf deze elevatie worden satellieten 'gevolgd' binnen TEQC.
+set_mask 10	Een setting van de minimum-elevatiehoek. Vanaf deze elevatie worden satellieten mee genomen in de berekeningen binnen TEQC.
-MP_bins 45	Een optie van TEQC waarbij de grafische voorstelling in de MP-elevatie grafiek wordt uitgerekt tot (90/2) 45 blokjes van 2 graden i.p.v. 16 blokjes van 5 graden. Op deze wijze wordt beter inzicht verkregen in de MP op lage elevaties.
-ion_bins 45	Zie vorige item.
-st 19990503114151	starttijd van een tijdvenster *
-e 19990503160000	eindtijd van een tijdvenster *
+err delf1690.txt	Met deze optie worden eventuele fouten (errors) opgevangen in een ASCII bestand met de extensie 'TXT'.
delf1690.99o	Het te verwerken RINEX bestand

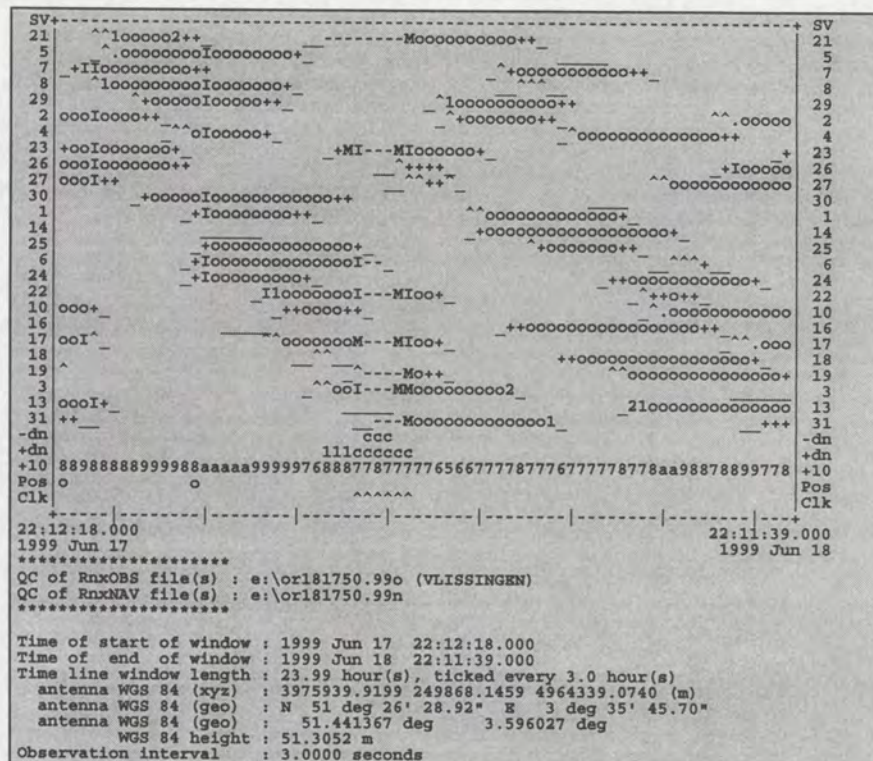
Het is verstandig om deze regel in een BATCH-bestand op te nemen zodat deze niet telkens weer moet worden over getypt en zodat men meerdere bestanden achter elkaar kunnen worden verwerkt. In Bijlage H en I staan alle setting - mogelijkheden van TEQC nader weergegeven.

* De starttijd en eindtijd van een tijdvenster en het opdelen van een groot bestand in meerde kleine in de TEQC verwerking, staat in bijlage B en bijlage D nader beschreven.

² score: (TEQC-toetsen I + II + III)/3) > 60 %

de uitvoer³. Aangezien dit onderzoek alleen draait om Multipad zal alleen aandacht worden besteed aan de symbolen: 'C', 'M', '1', '2' en 'm'. De betekenis is als volgt:

- 'M': Waargenomen Multipad slip⁴ op L1 en L2., waarbij de sprong geen integer nummer van milliseconden is.
- '1': Waargenomen Multipad sprong alleen op L1.
- '2': Waargenomen Multipad sprong alleen op L2.
- 'm': Waargenomen Multipad op L1 en L2 waarbij de sprong wel een integer nummer van milliseconden is.



Deze eerste toetsing bestaat uit een visuele controleren van de grafische tijdbalk. De volgende zaken worden daarbij gecontroleerd:

- Het **aantal** symbolen welke betrekking hebben op Multipad (M,m,1,2) moet klein zijn.
- De **plaats** van de Multipad symbolen moet worden bekeken. Wanneer de symbolen aan het begin of het eind staan van een tijdreeks van een satelliet dan is de elevatiehoek laag. Staan de symbolen echter midden in de tijdreeks dan is de elevatiehoek hoog. Een eigenschap van Multipad is dat deze meer voorkomen op lage elevaties dan op hoge elevaties. Multipad op hoge elevaties moet bij de uitvoerder van de analyse extra aandacht krijgen
- De **rangschikking** van de Multipad symbolen is van belang. Een willekeurige verdeling zonder een bepaald verband geeft minder verdachtmakingen dan

³ Het weergeven van de betekenis der symbolen gebeurt in TEQC met de optie + sym. Een uitgebreide weergave van alle TEQC opties is te verkrijgen met de volgende opstart regel: teqc +err opties.txt + help.

⁴ Zie TEQC-toets III

een plaatje waarbij veel symbolen netjes onder elkaar staan (zoals hierboven).

- Mocht de 'M' en 'm' symbolen vooraf gegaan of gevolgd worden door '-'symbolen (satelliet wel minimum elevatie maar niet zichtbaar) dan kan het betekenen dat er vlak voor of na een vorm van 'tijdelijke afscherming' de GPS-signalen sterk worden vervormd.

Om een toetsing oordeel te kunnen geven over de bovenstaande is niet eenvoudig. Voor de waardering van de resultaten van de Visuele controle over de tijdbalk in het TEQC-bestand wordt eveneens de score/beoordelings tabel gehanteerd.

Beoordeling	uitmuntend	zeer goed	goed	ruim voldoende	voldoende	onvoldoende	zwaar onvoldoende	slecht	zeer slecht	belabberd
interpretatie	geen Multipad symbolen				een enkel Multipad symbool					veel Multipad symbolen
	geen onder- brekingen				een enkele onder - brekingen					veel onder- brekingen
Score	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%

De score wordt getransporteerd naar hoofdstuk 4 ter eind beoordeling.

TEQC-toets II, MP1 en MP2 waarden

De waarden voor MP1 en MP2 in de RINEX.99S bestanden geven een 'mean' waarde aan voor alle Multipad rms waarden per elevatie. (zie vorige paragraaf).

Het is niet eenvoudig te zeggen welke waarden de MP1 en MP2 mogen hebben en welke niet. De interpretatie is niet zwart wit. Een verhoogde waarde voor MP1 en MP2 heeft misschien wel een oorzaak zoals: te korte waarnemingsduur, één slechte Satelliet die de berekening verstoort, zeer hoge MP waarden op één bepaalde elevatie, zeer veel MP op één bepaald tijdstip, etc... Enkele van deze oorzaken kunnen worden eenvoudig worden verholpen en andere niet. Door de controle met TEQC altijd min of meer het zelfde uit te voeren kunnen sommige oorzaken worden geëlimineerd.

Voor de waarden van MP1 en MP2 kunnende volgende richtwaarden worden genomen:

	goede Locatie	bedenklijke Locatie	slechte Locatie
mean MP1 rms	< 53 cm	53 - 63 cm	> 63 cm
mean MP2 rms	< 70 cm	70 - 85 cm	> 85 cm

De MP1 waarden zijn lager zijn dan de MP2 waarden. De oorzaak hiervoor is de wijze waarop de Code op L2 wordt gereconstrueerd wanneer 'AS' aanstaat.

De bovenstaande richtwaarden zullen als volgt moeten worden vertaald naar een score/beoordelings tabel.

Beoordeling	uitmuntend	zeer goed	goed	ruim voldoende	voldoende	onvoldoende	zwaar onvoldoende	slecht	zeer slecht	belabberd
-------------	------------	-----------	------	----------------	-----------	-------------	-------------------	--------	-------------	-----------

Meetkundige Dienst

MP1 waarde	< 18	18-27	25-35	35-46	46-58	58-71	71-85	85-100	100-150	>150
MP1 waarde	< 25	25-35	35-47	47-60	60-75	75-92	92-120	120-150	150-190	>190
Score	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%

De score wordt getransporteerd naar hoofdstuk 4 ter eind beoordeling.

TEQC-toets III, aantal niet gevonden Mp-slips

Een MP-slip is een plotseling grote verandering (sprong) in een Code-waarneming van de een op de andere epoche. Een MP-slip kan zowel door de GPS-ontvanger als door TEQC worden geconstateerd. Door de ontvanger wordt een gevonden MP-slip gemarkeerd en opgeslagen in een binair GPS-data bestand. Dit binaire bestand wordt omgezet naar een RINEX waarneming bestand (.99O) en een RINEX ephemeriden bestand (.99N) welke als invoer dienen voor TEQC. In het RINEX waarnemingen bestand staat een MP-slips gemarkeerd met een laag controle-getal achter de waarneming. In het programma TEQC wordt een MP-slip nog eens onafhankelijk berekend aan de hand van de aangeboden GPS-data en weergegeven wanneer de sprong 4 keer zo groot is als de st.dev. waarden voor MP1 en MP2. De weergave geschied d.m.v. de eerder beschreven symbolen in het RINEX.99S bestand. Het signaleren van MP-slips gebeurt dus twee maal. De eerste is vanuit de GPS-ontvanger en wordt weergegeven in het RINEX.99O bestand en de tweede is vanuit de controle op GPS-data in TEQC.

$$\text{Aantal niet gevonden MPslips absoluut in } \% \left(\text{abs} \left(\frac{\text{TEQC_mp_slip}}{\text{totaal aantal waarnemingen}} \right) \right) * 1000$$

$$\text{Aantal niet gevonden MPslips relatief in } \% \left(\text{abs} \left(\frac{\text{TEQC_mp_slip} - \text{Reciever_mpslip}}{\text{totaal aantal waarnemingen}} \right) \right) * 1000$$

Verwacht mag worden dat dit verschil zeer klein is (verwachtingswaarde = 0) Je gaat er namelijk vanuit dat de ontvanger er evenveel vindt als TEQC dat doet. De praktijk leert echter dat dit niet altijd het geval is. Vooral op Locaties waar veel multipad is wil daar nogal eens verschil in zitten.

Om een locatie te kunnen beoordelen worden voor deze twee grootheden een criterium gegeven, deze zijn:

Aantal Mpslips absoluut < 1.5 ‰, zowel voor L1 als L2 en <25gr als >25gr

Aantal Mpslips relatief < 0.75 ‰, zowel voor L1 als L2 en <25gr als >25gr

De MP1 waarden zijn lager zijn dan de MP2 waarden. De oorzaak hiervoor is de wijze waarop de Code op L2 wordt gereconstrueerd wanneer 'AS' aanstaat.

De bovenstaande richtwaarden zullen als volgt moeten worden vertaald naar een score/beoordelings tabel.

Beoordeling	uitmuntend	zeer goed	goed	ruim voldoende	voldoende	onvoldoende	zwaar onvoldoende	slecht	zeer slecht	belabberd
Mp-slips abs	0 ‰	0.3 ‰	0.6 ‰	0.9 ‰	1.2 ‰	1.5 ‰	1.8 ‰	2.1 ‰	2.4 ‰	2.7 ‰
Mp-slips rel	0 ‰	0.15 ‰	0.3 ‰	0.45 ‰	0.60 ‰	0.75 ‰	0.90 ‰	1.05 ‰	1.2 ‰	> 1.2 ‰
Score	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%

De score wordt getransporteerd naar hoofdstuk 4 ter eind beoordeling.

13.4.2 TEQC-toetsen IV, V en VI

Indien de resultaten van TEQC-toetsen I, II en III. onvoldoende zijn (score < 60%) is een additioneel onderzoek naar de oorzaken ervan een volgende stap. Dit additioneel onderzoek behelst 3 extra toetsen, namelijk TEQC-toetsen IV, V en VI.

TEQC-toets IV. Visuele controle van TEQC Plot-bestanden.

TEQC geeft naast de 'Site' uitvoer (RINEX.99S bestand, zie paragraaf 3.4.2) ook nog de volgende uitvoer bestanden:

- RINEX.AZI, met daarin de azimut hoeken naar de betreffende Svs's
- RINEX.ELE, met daarin de elevatie naar de betreffende Svs's
- RINEX.MP1, de multipad waarden op L1 Code waarneming
- RINEX.MP2, de multipad waarden op L2 Code waarneming
- RINEX.SN1, Signal to Noise ratio op L1
- RINEX.SN2, Signal to Noise ratio op L2
- RINEX.TEC, 'Total electron contence' berekend uit L1 & L2
- RINEX.TED., 'Total electron delay' berekend uit L1 en L2

Voor Multipad onderzoek zijn de MP1, MP2, ELE en AZI bestanden van belang. De uitvoer bestanden zijn te bekijken met het programma Qcview. De programma's van Qcview op de Z-schijf. Het opstarten met Qcview gaat als volgt:: -1- Kopieer de Qcview-bestanden naar de directory waar de boven beschreven uitvoer staat. Pas in de opstart 'bat-file' de namen aan van de te bewerken bestanden, Run de opstart 'bat-file'. Hieronder is een gedeelte van de opstart 'bat-file' weergegeven.

```
echo off
:
: Batch program to view qc output files
:
: Path to the executable program
:
:
echo:
echo *****
echo *
echo *               eerste plaatje wordt aangemaakt           *
echo *
echo *               MP1 en elevatiehoek                         *
echo *
echo *****
echo:
rem qcview32 06182030.mp1 06182030.ele -nosquare -all -DUMP >> qcview.out
qcview32 06182030.mp1 -nosquare -all -DUMP >> qcview.out
rename Qcview.ps MP1.ps
CLS
Etc.....
```

Ook bij de grafische plots van Qcview is het niet eenvoudig te zeggen welke richtwaarden de Multipad_grafieken mogen hebben en welke niet. De interpretatie is ook hier niet zwart wit.

De volgende Multipad-richtwaarden kunnen in acht worden genomen:

	goede Locatie	bedenkelijke Locatie	slechte Locatie
MP1_waarde	< 5 meter	5 - 8 meter	> 8 meter
MP2_waarde	< 6 meter	6 - 6 meter	> 9 meter

De MP1 waarden zijn lager zijn dan de MP2 waarden. De oorzaak hiervoor is de wijze waarop de Code op L2 wordt gereconstrueerd wanneer 'AS' aanstaat. Indien een de grafiek enkele uitschieters vertoont dan kunnen deze als volgt worden geïnterpreteerd:

$$\text{Aantal uitschieters relatief in } \% \left(\text{abs} \left(\frac{\text{Uitschieters geschat uit QCview - plot}}{\text{totaal aantal waarnemingen uit 99S bestand}} \right) \right) * 1000$$

Maximaal aantal uitschieters < 0.5 ‰

Een waarde boven 0.5 ‰ moet de beoordelaar ernstige twijfel geven kwaliteit van de locatie.

In een score/beeordelings tabel zien de waarden er zo uit:

Beoordeling	uitmuntend	zeer goed	goed	ruim voldoende	voldoende	onvoldoende	zwaar onvoldoende	slecht	zeer slecht	belabberd
MP- waarde	< 3	3	4	5	6	7	8	9	10	> 10
uitschieters	0 ‰	0.01 ‰	0.05‰	0.1‰	0.3 ‰	0.5 ‰	0.8 ‰	1.5 ‰	2 ‰	> 2 ‰
Score	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%

De score wordt getransporteerd naar hoofdstuk 4 ter eind beoordeling.

TEQC-toets V. Visuele controle van de elevatie hoek in de TEQC 'Site uitvoer. (RINEX.99S bestand)

In de uitvoer van TEQC (RINEX.99S bestanden) zal gelet moeten worden op de grafische voorstelling van de multipadwaarden en elevatiehoek .

Ook deze tijdbalk is een ASCII-grafische uitvoer en heeft wat gewenning nodig bij de interpretatie ervan.

Op de Y-as staan de individuele elevatiehoeken en op de X-as staan de multipadwaarden (symbool: l en de waarden in meters) en Cycleslip-waarden (symbool: # en de waarden in %) afgebeeld.

Voor de interpretatie van de grafiek kan het volgende gezegd worden:

- De Multipadwaarden op hoge elevaties zijn lager dan de waarden op lage elevaties. De grafiek ziet eruit als een parabool.
- Het percentage cycle-slips moet klein zijn zodat er vrijwel geen '#' zichtbaar zijn (elk '#' is een 0.5 procent). Op lage elevaties (<20 gr) mag deze de waarde van 2% niet overschrijden, op midden elevaties (20-35 gr.) niet hoger dan 1% en op hoge elevaties (45 -90 gr.) niet meer dan 0.25%. Daaruit vloeit voort dan op hoge elevaties er geen '#' mogen zijn weergegeven.
- De Multipad waarden boven de 25 graden zijn over het algemeen kleiner zijn de 0.5 meter
- De Multipad waarden onder de 25 graden zouden over het algemeen kleiner moeten zijn de 1.25 meter.

In een score/beeordelings tabel zien de waarden er zo uit:

Beoordeling	uitmuntend	zeer goed	goed	ruim voldoende	voldoende	onvoldoende	zwaar onvoldoende	slecht	zeer slecht	belabberd
Score	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%

De score wordt getransporteerd naar hoofdstuk 4 ter eind beoordeling.

TEQC-toets VI, *Aantal deleted observables*

In de uitvoer van TEQC (RINEX.99S bestanden) zal gelet moeten worden op het aantal 'gedelete' waarnemingen t.o.v. het totaal aantal 'gedelete' waarnemingen.

Relatief aantal 'gedelete' waarnemingen in % = $\left(\text{abs} \left(\frac{\text{aantal gedelete waarnemingen}}{\text{totaal aantal waarnemingen}} \right) \right) * 100$

Verwacht mag worden dat deze waarde klein is.
De praktijk leert dat een verband is tussen het aantal 'gedelete' waarnemingen en een slechte locatie met veel Multipad.
De relatie tussen goede en slechte locaties en aantal 'gedelete' waarnemingen is niet één op één te geven. Wanneer dat aantal hoog is geeft dat meer een bevestiging van vermoedens welke al zijn gerezen bij de andere TEQC-toetsen. De onderstaande richtwaarde is voortgekomen uit de beoordeling van een groot aantal RINEX.99S bestanden van diverse locaties. Het criterium is:

Relatief aantal 'gedelete' waarnemingen < 7.5 %

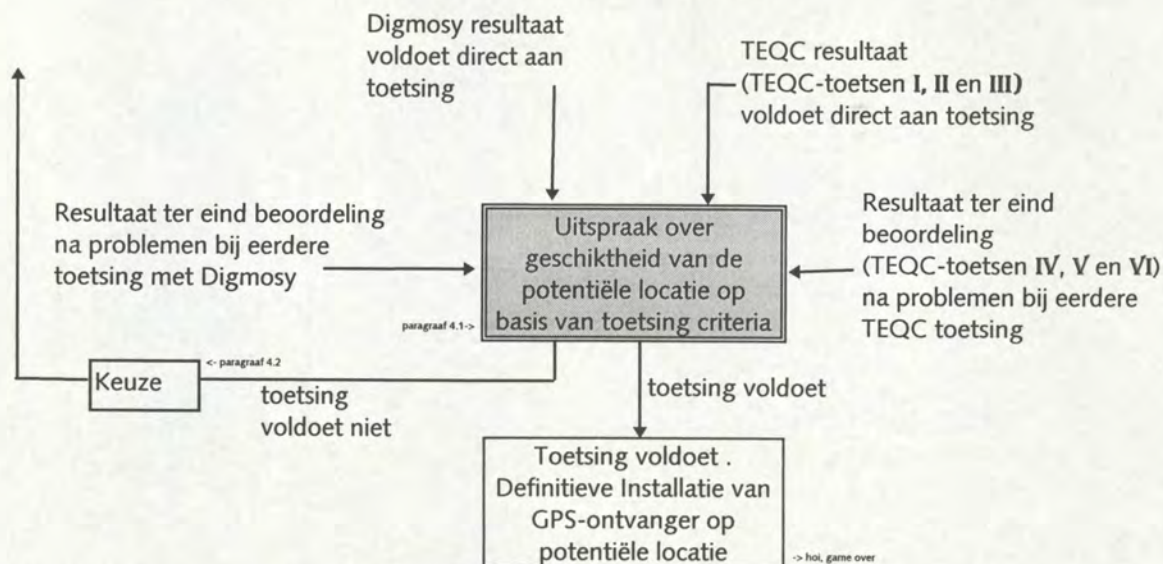
In een score/beeordelings tabel zien de waarden er zo uit:

Beoordeling	uitmuntend	zeer goed	goed	ruim voldoende	voldoende	onvoldoende	zwaar onvoldoende	slecht	zeer slecht	belabberd
deleted obs	0 %	3 %	4.5 %	6 %	7.5%	9 %	10.5 %	12 %	13.5 %	> 13.5%
Score	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%

De score wordt getransporteerd naar hoofdstuk 4 ter eind beoordeling.

14 Uitspraak over acceptatie nieuwe locatie

In Hoofdstuk 1 zagen is de opzet voor nieuwe procedure reeds besproken. In dit hoofdstuk wordt besproken hoe de eind beoordeling zal plaatsvinden. Het schema voor de eind beoordeling ziet er als volgt uit:



In de vorige hoofdstukken is al regelmatig het begrip score naar voren gekomen. Daarbij is ook beschreven dat de scores meegenomen c.q. getransporteerd worden naar hoofdstuk 4.

De tabel leek telkens weer op elkaar, en zagen er min of meer zo uit:

Beoordeling	uitmuntend	zeer goed	goed	ruim voldoende	voldoende	onvoldoende	zwaar onvoldoende	slecht	zeer slecht	belabberd
Score	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%

In Bijlage K zijn alle score/beoordelings tabellen nog eens onder elkaar gezet.

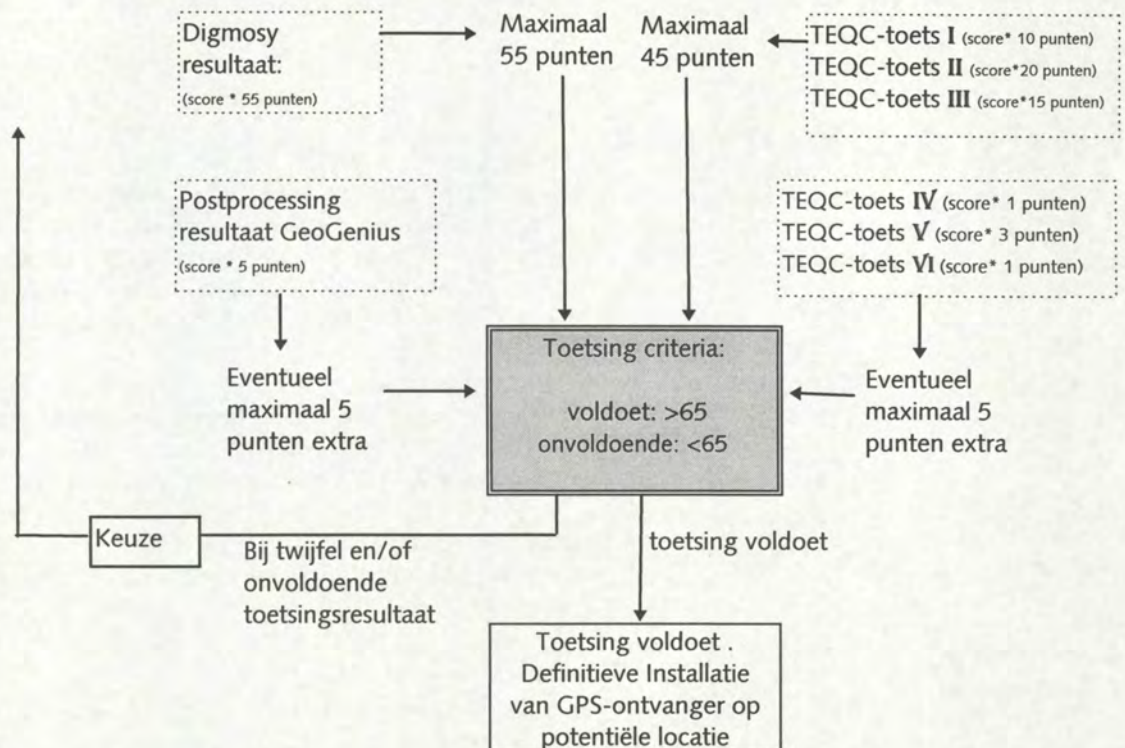
14.1 Beoordeling en Weging

De onderdelen 'basislijn' methode en 'enkel punts' methode krijgen in het schema op de volgende pagina elk een eigen 'gewicht'. De 'basislijn' methode weegt zwaarder dan de 'enkel punts' methode. Dit omdat in de basislijn methode puur met fase waarnemingen wordt gewerkt en Multipad effecten op die waarnemingen rechtstreeks te zien zijn en de Digmosy plots. TEQC weegt ook minder zwaar omdat dit programma op Multipad gebied zich voornamelijk concentreert op de code waarnemingen.

Ook de onderlingen TEQC toetsen zelf hebben een zekere weging. De ene toets telt zwaarder dan de andere.

Wanneer de eerste toetsing van de 'basislijn' methode en 'enkel punts' methode teleurstellend waren geweest dan is er al een lichte twijfel over de locatie aanwezig. De eventueel uitgevoerde tweede toetsing krijgt daarom maar een zeer klein gewicht. Het moet zo zijn dat de tweede toetsing net iets meer kan zeggen over de kwaliteit van een locatie maar niet echt doorslag gevend mag zijn.

Weging-schema, eind beoordeling



In Bijlage L is een scherm opgenomen van een Excel-rekenblad. In het rekenblad wordt de eind beoordeling automatisch uitgerekend

14.2 Mogelijkheden bij onvoldoende toetsing

Indien de conclusie is dat de onderzochte locatie niet geschikt genoeg zijn om een definitieve referentiestation op te plaatsen (score kleiner is dan 65) dan zijn er twee mogelijke vervolgstappen, te weten:

- nieuwe locatie zoeken elders, dit kan zowel enkele kilometers verderop zijn als wel op het zelfde gebouw.
- een tweede onderzoek op de potentiële locatie met andere apparatuur c.q. met een andere opstelhoogte.

Bij de eerste keus wordt de procedure vanaf het begin weer opgestart. Bij de tweede keuze wordt niet een andere locatie gezocht maar wordt getracht met een andere meetopzet alsnog een goed resultaat te behalen.

Het is aan de ervaringen van de operator/onderzoeker waar de keus op valt. Keuze nummer twee wordt hieronder nader uitgewerkt.

14.3 Tweede onderzoek op potentiële locatie

Indien in na paragraaf 4.1 tot de conclusie moet worden gekomen dat een tweede onderzoek op de potentiële locatie gewenst is dan kan deze uitgevoerd worden op tweeërlei wijzen, te weten;

1. een tweede onderzoek met dezelfde apparatuur op een andere opstelhoogte
2. een tweede onderzoek met andere apparatuur

Ad 1. Andere opstelhoogte:

Ook het verhogen van de opstelhoogte van **dezelfde** GPS-antenne op de potentiële locatie kan een oplossing bieden wanneer blijkt uit een eerdere locatie onderzoek er problemen zijn ontstaan. Dit omdat op een andere hoogte ook andere weerkaatsing hoeken van kracht zijn.

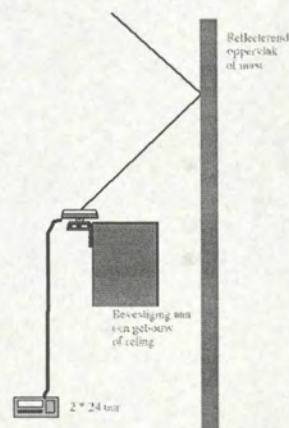
In bijlage A worden de mogelijkheden nog eens grafisch weergegeven.

Ad 2. Andere Apparatuur:

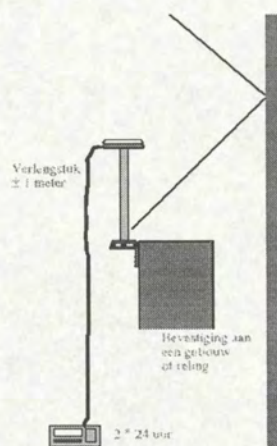
Een chokering antenne is een GPS-antenne die vanuit zijn constructie reeds de mogelijkheden om Multipad te onderdrukken. Wanneer de GPS-ontvanger door de constructie van de GPS-antenne al een veel mooier signaal ontvangt dan is de reconstruerende van de te meten grootheden ook beter en 'zuiverder'. De onderzoeker/beoordelaar kan er zelfs aan denken om de te monteren chokering antenne al direct hoger op te stellen dan de opstelling bij het eerste onderzoek.

15 BIJLAGE A Opzetten GPS-antennes op potentiële locatie

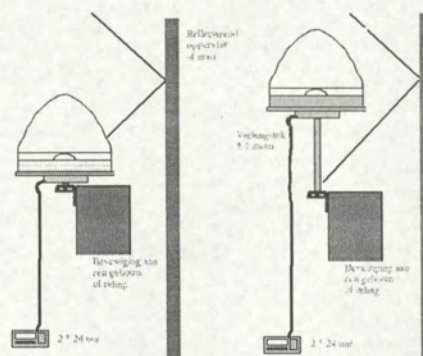
Normale omstandigheden:
de eerste keus



Tweede herhalend onderzoek
op dezelfde locatie met een andere
opstelhoogte



Tweede herhalend onderzoek op
dezelfde locatie bij
omstandigheden waarbij is
besloten om een tweede
herhalend onderzoek te doen op
de zelfde locatie waarbij een
vermoeden is dat de locatie
extreem multipad gevoelig is of
waarbij bekend is dat de
uiteindelijke locatie ook met een
chokering antenne wordt
uitgerust.



16 BIJLAGE B Tijdvensters en decimeren met TEQC

Tijdvensters instellen en decimeren van data gaat bij TEQC met de volgende opties:

```
-O.int[erval,sec] #
-st[art_window] str set start time to str == [[[[[YY]YY]MM]DD]hh]mm]ss[.sssss]
-e[nd_window] str set end time to str == [[[[[YY]YY]MM]DD]hh]mm]ss[.sssss]
```

Hieronder is een voorbeeld uitgewerkt. Stel dat er ongeveer 24 uur aan data is opgenomen. In de RINEX 'header' staat dan:

1999	5	3	11	41	51.000000	GPS	TIME OF FIRST OBS
1999	5	4	11	41	27.000000	GPS	TIME OF LAST OBS

We gaan deze data set opdelen 6 subsets. Dit zijn: 3 subsets van 5 uur, 2 subset van ruim 4 uur en een 1 subset van 24 met een intervaltijd van 30 seconden. In een tijdbalk ziet de data er zo uit:

```
3-mei                                     4-mei
11:41      16:00      21:00      2:00      7:00      11:41
|---(4.3 uur)---|---(5 uur)---|---(5 uur)---|---(5 uur)---|---(4.7 uur)---|

|------(24 uur)-----|
```

1° subset (4.3 uur):

```
TEQC +qc +tec +ssv +ap +sym +relax +set_hor 7 +set_mask 10 -mp_bins 45 -
ion_bins 45 -sn_bins 45 -st 19990503114151 -e 19990503160000 +err delf1690.txt
delf1690.99o
```

2° subset (5 uur):

```
TEQC +qc +tec +ssv +ap +sym +relax +set_hor 7 +set_mask 10 -mp_bins 45 -
ion_bins 45 -sn_bins 45 -st 19990503160000 -e 19990503210000 +err delf1690.txt
delf1690.99o
```

3° subset (5 uur):

```
TEQC +qc +tec +ssv +ap +sym +relax +set_hor 7 +set_mask 10 -mp_bins 45 -
ion_bins 45 -sn_bins 45 -st 19990503210000 -e 19990504020000 +err delf1690.txt
delf1690.99o
```

4° subset (5 uur):

```
TEQC +qc +tec +ssv +ap +sym +relax +set_hor 7 +set_mask 10 -mp_bins 45 -
ion_bins 45 -sn_bins 45 -st 19990504020000 -e 19990504070000 +err delf1690.txt
delf1690.99o
```

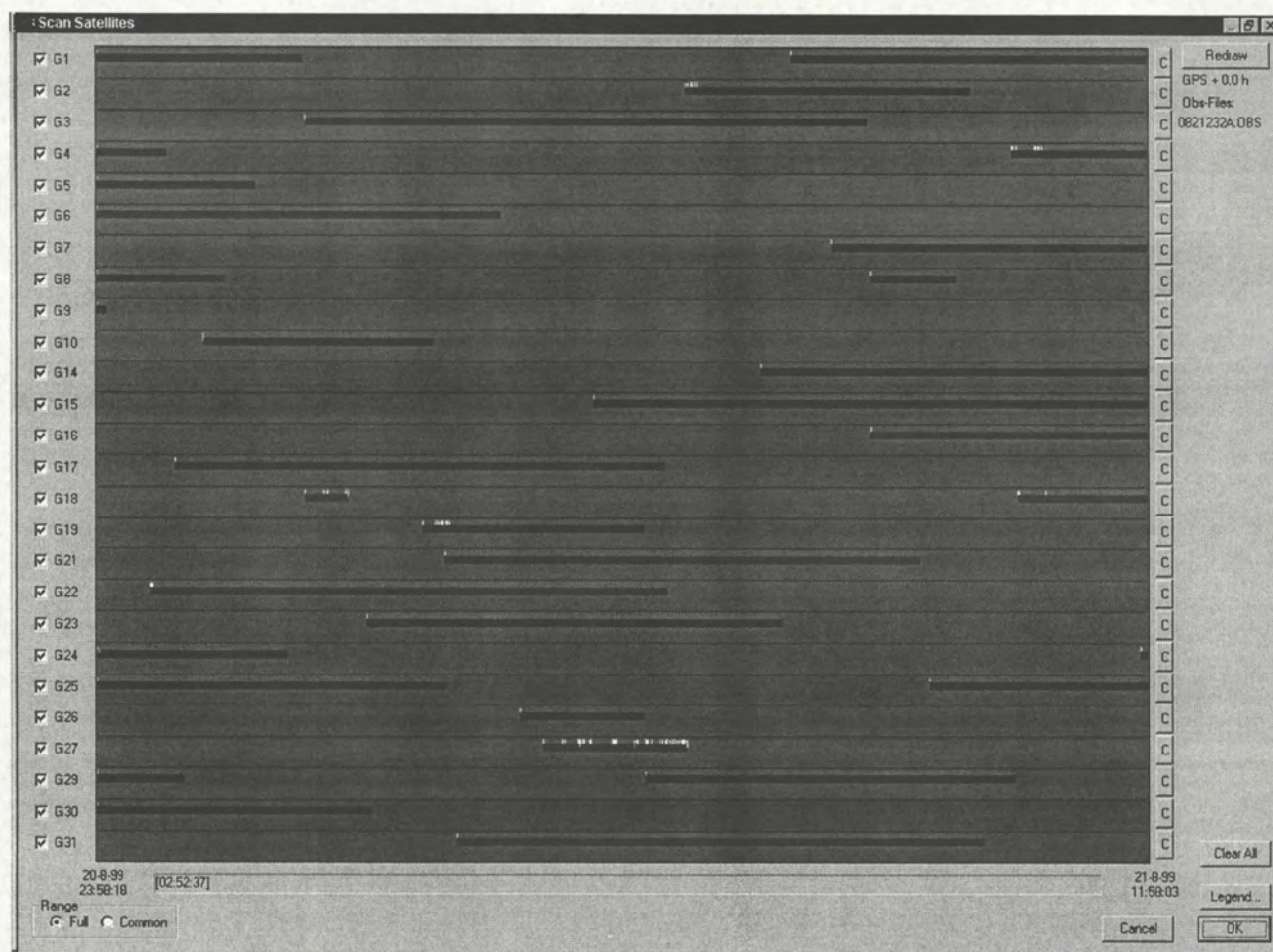
5° subset (4.7 uur):

```
TEQC +qc +tec +ssv +ap +sym +relax +set_hor 7 +set_mask 10 -mp_bins 45 -
ion_bins 45 -sn_bins 45 -st 19990504070000 -e 19990504114100 +err delf1690.txt
delf1690.99o
```

6° subset (totale set (24 uur), interval = 30 sec):

TEQC +qc +tec +ssv +ap +sym +relax +set_hor 7 +set_mask 10 -mp_bins 45 -
ion_bins 45 -sn_bins 45 -O.int 30 +err delf1690.txt elf1690.99o

17 BIJLAGE C GeoGenius GPS-data visualisatie

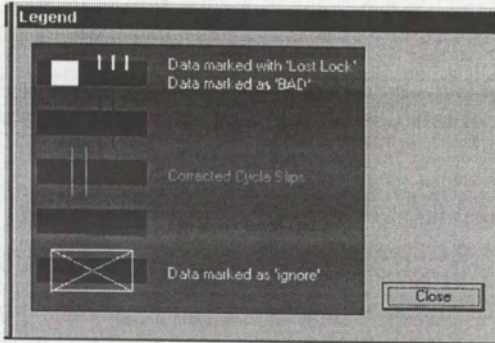


Voorbeeld van een scan optie binnen GeoGenius van een hoeveelheid GPS-data van een opstelling nabij de haringvlietsluizen bij Stellendam. De configuratie welke is gebruikt is van het merk DSNP. Hieronder staat de 'Header' van het RINEX bestand.

```

2          OBSERVATION DATA   G (GPS)          RINEX VERSION / TYPE
TerraSat GeoGenius GPS+GLORASS DeCoder  27-Aug-99 09:33:23  PGM / RUN BY / DATE
08210000                                     MARKER NAME
                                           OBSERVER / AGENCY
                                           REC # / TYPE / VERS
                                           ANT # / TYPE
                                           APPROX POSITION XYZ
                                           ANTENNA: DELTA N/E/W
                                           WAVELENGTH FACT L1/2
                                           # / TYPES OF OBSERV
                                           INTERVAL
1999      8  20  23  58  18.000000          GPS  TIME OF FIRST OBS
1999      8  21  11  58  3.000000           GPS  TIME OF LAST OBS

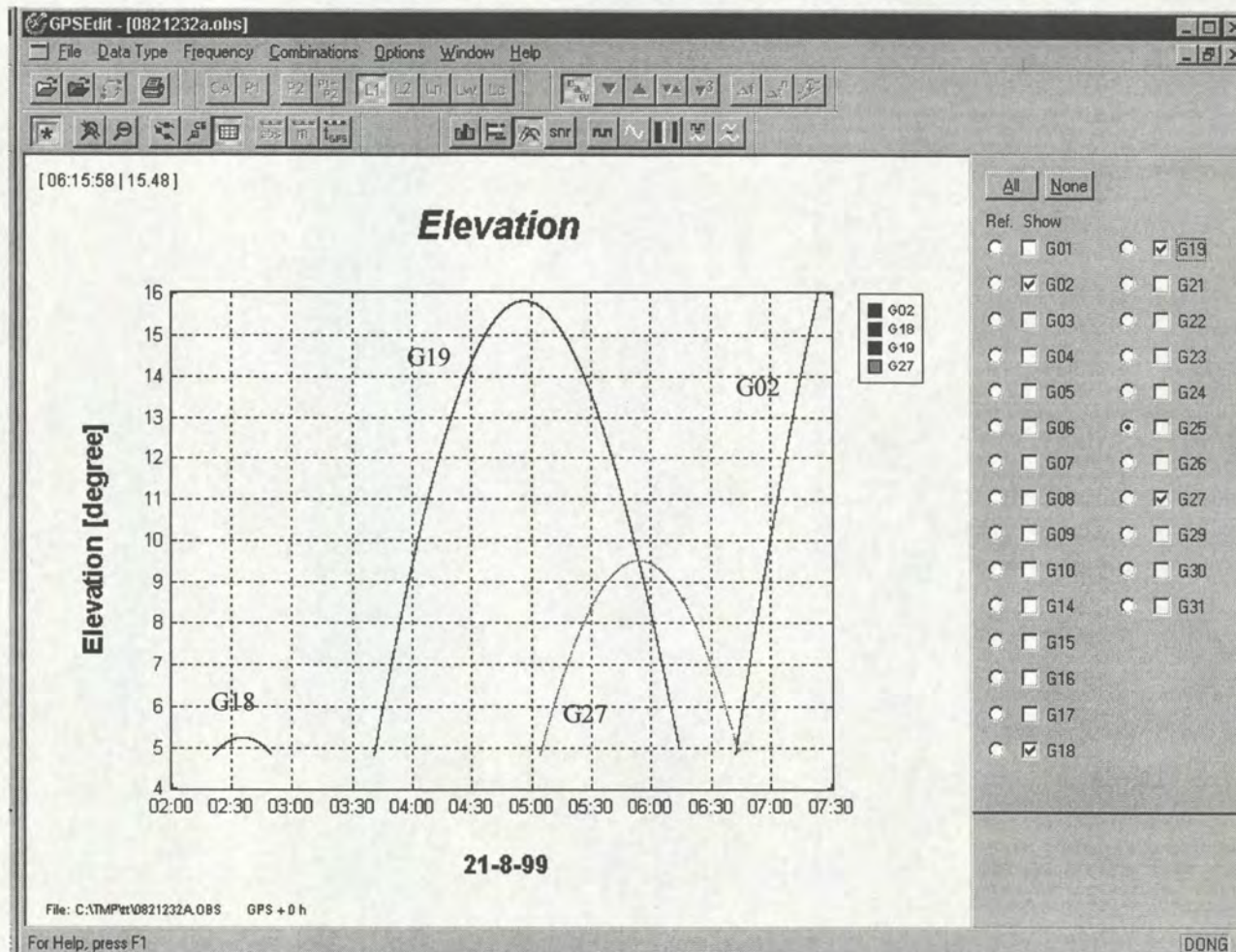
```

GeoGenius markeert de GPS-data als volgt:

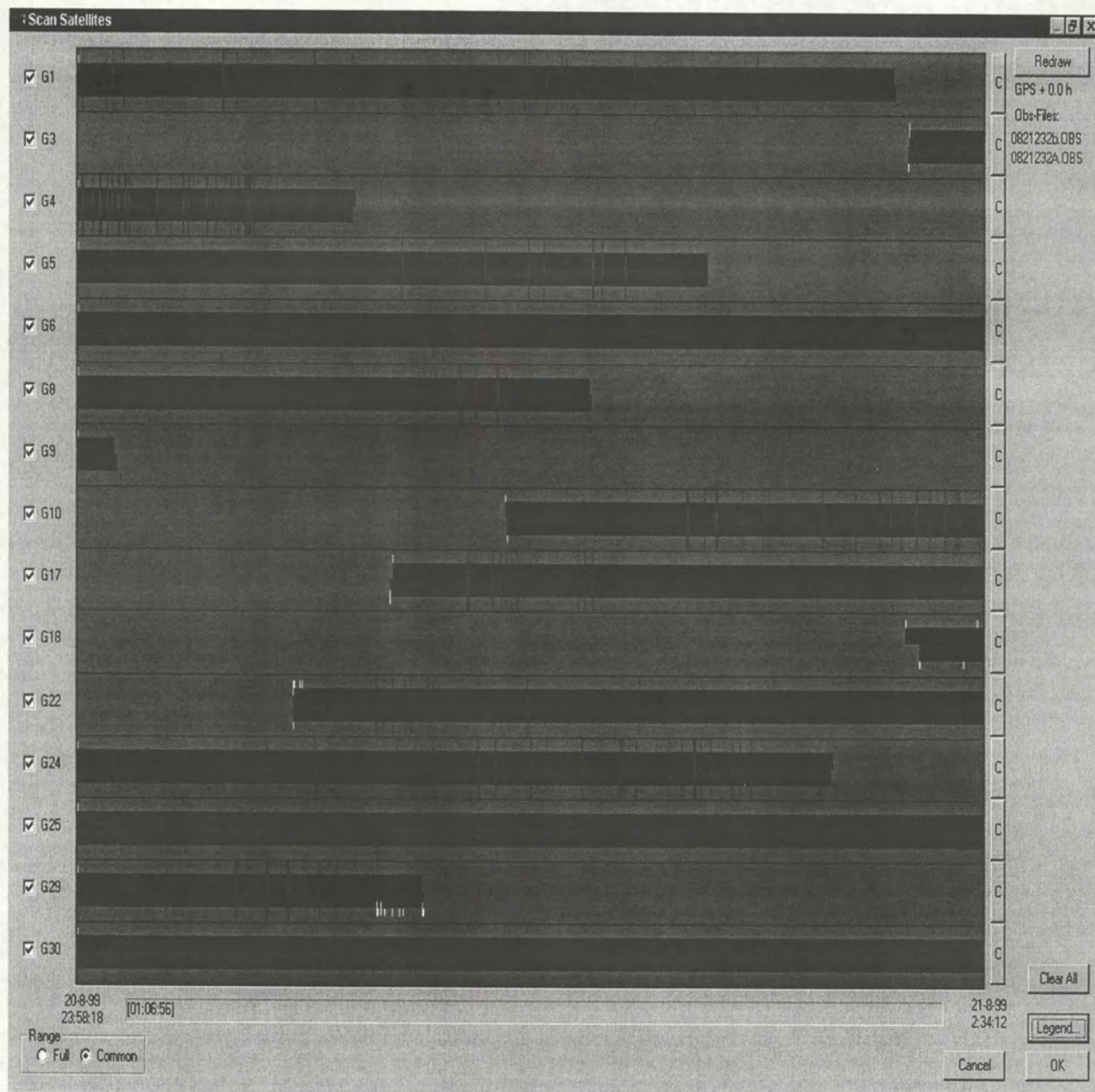
Gele lijn:	Lost of lock indicator
Wit blok:	data staat als 'bad' gemarkeerd in de GPS-data
rode verticale lijn:	onopgeloste cycle slip na de GPS-data verwerking
groene lijn:	gecorrigeerde cycle slip na de GPS-data verwerking
rode horizontale lijn:	de GPS-data van de satellieten in de observatie bestanden zijn onder de ingestelde minimum elevatie
wit blok met kruis	data welke niet is (of wordt) meegenomen in de verwerking

De wit gemarkeerde GPS-data waarbij Loss of Lock wordt geconstateerd bevinden zich allen beneden de 10 graden elevatie.



Wanneer de gescande GPS-data wordt verwerkt met een ander bestand wat gelijktijdig op een andere Locatie is opgenomen dat komt de "Scan" functie van GeoGenius tot de volgende resultaten. (zie volgende bladzijde).

GeoGenius had ook duidelijk moeite met het verwerken van de GPS-data. Diverse malen bleef het programma de 'triple difference' herhalen voordat met de positioneringsberekening werd begonnen in de 'double difference' mode.



De hoeveelheid onopgeloste cycle slips is hier erg hoog.
Dit kan een indicatie zijn voor slechte GPS data.

18 BIJLAGE D opnameduur

Aantal waarnemingen &

Het beste resultaat wordt verkregen bij een ruime duur van de opname. De statistische analyse van TEQC komt het best tot z'n recht boven de 4000 a 5000 'observations'.

Bij dit aantal waarnemingen is gegarandeerd dat er een constellatie aanwezig is waarbij alle elevatie- en azimuthhoeken redelijk evenwichtig verdeeld zijn. Bij een kortere duur van de opname bestaat de kans dat satellieten onder een bepaalde elevatie hoek niet aanwezig zijn groot.

Vanuit dit aantal is de opnameduur goed terug te berekenen met de volgende formule (vuistregel):

$$\text{Duur van de opname} = \frac{\text{Observations} * \text{intervaltijd}}{60\text{min.} * 60\text{sec.} * (\text{gem. aantal Sats in view})}$$

Ter illustratie twee voorbeelden:

$$4.6 \text{ uur} = \frac{40000 * 3 \text{ sec.}}{60\text{min.} * 60\text{sec.} * 7.3}$$

$$5.7 \text{ uur} = \frac{50000 * 3 \text{ sec.}}{60\text{min.} * 60\text{sec.} * 7.3}$$

Wanneer de ontvanger een volledig etmaal of zelf meerdere etmalen op een Locatie staat opgesteld kan men het geheel aan opgenomen data opdelen in min of meer gelijkaantal blokken. Tevens kan ook een 'gedecimeerd' data bestand van 24 uur worden verwerkt. Met gedecimeerd data bestand wordt bedoeld dat een 24 uur databestand met epoche-interval van 3 seconden wordt verkleint tot een 24 uur databestand met een epoche-interval van b.v. 15 seconden.

Ter illustratie enkele voorbeelden:

24 uur aan data geeft:	1 bestand van 24 uur met epoche-interval van 15 sec.	aantal Obs: ± 42000
	4 bestanden van 6 uur met epoche-interval van 3 sec	aantal Obs: ± 4 * 52000
48 uur aan data geeft:	2 bestand van 24 uur met epoche-interval van 15 sec.	aantal Obs: ± 2 * 42000
	8 bestanden van 6 uur met epoche-interval van 3 sec	aantal Obs: ± 8 * 52000
48 uur aan data geeft:	2 bestand van 24 uur met epoche-interval van 15 sec.	aantal Obs: ± 2 * 42000
	12 bestanden van 4 uur met epoche-interval van 3 sec	aantal Obs: ± 12 * 35000

De reden voor deze werkwijze is:

1. Met de 24 uur bestanden kunnen dagelijkse wederkerende eigenaardigheden worden gedetecteerd. (24 uur-(cyderische dag verschil)) => 24 uur - 4 minuten
2. Met de 4 of 6 uur bestanden kunnen de kort golfige Multipad variaties beter worden waargenomen en geanalyseerd. De tijdschaling in de grafieken van de 99S bestanden is dat een stuk korter zodat de informatie over Multipad beter wordt weergegeven.

19 BIJLAGE E Multipad berekening in TEQC

```
mean MP1 rms      : 0.476869 m
total mean elevation : 40.53 degrees

# MP1 obs > 10      : 610019
# qc MP1 slips < 25 : 52
# Rvr L1 slips < 25 : 77
# Rvr L2 slips < 25 : 51
# qc MP1 slips > 25 : 8
# Rvr L1 slips > 25 : 8
# Rvr L2 slips > 25 : 8
```

elev (deg)	tot slips	<MP1 rms, m>	5=	1 m	15=
2 m					
85 - 90	7820	2	0.162499		
80 - 85	20616	0	0.152111		
75 - 80	20467	0	0.172240		
70 - 75	23902	0	0.194430		
65 - 70	24541	0	0.193164		
60 - 65	31383	0	0.196667		
55 - 60	35126	0	0.234729		
50 - 55	32160	4	0.237122		
45 - 50	39527	0	0.257769		
40 - 45	41728	2	0.279298		
35 - 40	46401	0	0.283161		
30 - 35	53120	0	0.298377		
25 - 30	47019	0	0.383721		
20 - 25	63239	4	0.466712		
15 - 20	67965	4	0.637576		
10 - 15	54995	44	1.158307		
5 - 10	43373	146	1.793251		

Het programma TEQC berekend standaard deviaties voor de Multipad op L1 en L2 ('mean' MP1 rms en 'mean' MP2 rms). Deze 'mean' waarden worden berekend uit de rms waarden voor de Multipad per elevatie blok.

Ter illustratie het onderstaande:

'Mean' rms Mp1 = (7820*0.162499 + 20616 * 0.152111 + 20467 * 0.172240 + 23902 * ...etc..)totaal_aantal_Obs

mean MP1 rms	:	0.492063 m			
total mean elevation	:	43.22 degrees			
# MP1 obs > 10	:	8850			
# qc MP1 slips < 25	:	0			
# Rvr L1 slips < 25	:	1			
# Rvr L2 slips < 25	:	1			
# qc MP1 slips > 25	:	0			
# Rvr L1 slips > 25	:	6			
# Rvr L2 slips > 25	:	6			
elev (deg)	tot slps	<MP1 rms, m>	5=	1 m	15=
2 m					
88 - 90	0	0	0.000000		
86 - 88	70	0	0.147085		
84 - 86	92	0	0.120279		
82 - 84	92	0	0.095614		
80 - 82	8	0	0.125378		
78 - 80	0	0	0.000000		
76 - 78	0	0	0.000000		
74 - 76	21	0	0.153849		
72 - 74	194	0	0.263654		
70 - 72	184	0	0.264995		
68 - 70	78	0	0.193829		
66 - 68	175	0	0.205227		
64 - 66	173	0	0.181819		
62 - 64	244	0	0.203188		
60 - 62	270	0	0.215610		
58 - 60	227	0	0.340129		
56 - 58	203	0	0.303106		
54 - 56	133	0	0.240535		
52 - 54	199	0	0.222087		
50 - 52	194	0	0.202422		
48 - 50	100	0	0.193708		
46 - 48	148	0	0.242789		
30 - 32	208	0	0.342397		
28 - 30	209	0	0.444745		
26 - 28	225	0	0.407525		
24 - 26	186	0	0.492050		
22 - 24	289	0	0.511333		
20 - 22	290	0	0.458350		
18 - 20	303	0	0.584784		
16 - 18	361	0	0.610984		
14 - 16	612	0	0.688644		
12 - 14	946	0	0.964318		
10 - 12	1239	0	0.881181		
8 - 10	1460	12	1.086747	#####	
6 - 8	903	21	1.369921	#####	
4 - 6	591	6	1.770699	#####	

Wanneer de constellatie niet genoeg veranderd, zoals bij een opnameduur, ziet men het verschijnsel dat de berekening van de 'mean' rms voor MP1 en Mp2 niet evenwichtig is.

In het voorbeeld hiernaast is duidelijk te zien dat bij hogere elevaties minder waarnemingen zijn dat bij de lage elevaties. In sommige gevallen is het aantal zelfs nul.

Het gevolg is dat in de 'mean' berekening het gewicht van de lage elevaties, door het grote aantal, veel zwaarder is. Aangezien op GPS-data op lage elevaties veel meer Multipad aanwezig dan bij op GPS-data op hoge elevaties wordt de 'mean' berekening enigszins vertekend weegegeven.

Met een grotere hoeveelheid data zou de 'mean MP1 rms' waarde in het voorbeeld hiernaast gunstiger zijn uitgevallen.

20 BIJLAGE F Decimate

Het programma Decimate kan de epoche interval-tijd vergroten in een RINEX waarneming bestand.

Dit kan bijvoorbeeld van 3 seconden naar 15 seconden zodat de bestanden 5 maal zo klein worden.

Het programma werkt vrij simpel met een 'executable' genaamd Decimate.exe en een 'input-file' genaamd Decimate.inp. In de 'input-file' moeten de volgende zaken worden gedeclareerd.

delf1690A.99o	→ invoer bestand
delf1690B.99o	→ uitvoer bestand
99 6 18 14 59 59	→ begin, datum en tijd
99 6 18 15 59 58	→ eind, datum en tijd
15.	→ de interval update waar we naar toe willen.

De bestanden Decimate.exe en Decimate.inp moeten in de zelfde directory staan als de te decimeren RINEX bestanden.

Met Decimate kunnen ook delen uit RINEX bestanden worden geëxtraheerd (opknippen in meerdere bestanden) zonder dat de interval update veranderd. Bij dergelijk gebruik van Decimate is dan vooral de instelling van de begin-tijd en eind-tijd van belang.

WAARSCHUWING!!

In de gedecimeerde bestanden is de begintijd en de eindtijd in de 'Header' niet aangepast. Dit moet de gebruiker alsnog zelf doen. Het hierboven beschreven programma is als volgt terug te vinden: Z:\GPS\CORS_programmas\

21 BIJLAGE G

Elevatiehoek-grafieken voorbeelden

Goede locatie (Arnhem)

elev (deg)	tot slps	<MP1 rms, m>	5=	1 m	15=	2 m
88 - 90	275	0	0.091465			
86 - 88	1102	0	0.126200			
84 - 86	2272	0	0.119129			
82 - 84	1979	0	0.109362			
81 - 82	2152	0	0.122812			
79 - 81	2428	0	0.143157			
77 - 79	2589	0	0.143069			
75 - 77	2315	0	0.170302			
73 - 75	2229	0	0.145111			
71 - 73	2785	0	0.134320			
69 - 71	3398	0	0.135866			
67 - 69	3075	0	0.150795			
65 - 67	3522	0	0.144313			
64 - 65	3150	0	0.144271			
62 - 64	3688	0	0.143010			
60 - 62	3885	0	0.152011			
58 - 60	4336	0	0.162681			
56 - 58	3823	0	0.168159			
54 - 56	4372	0	0.156488			
52 - 54	4769	0	0.149553			
50 - 52	4213	0	0.157417			
48 - 50	4541	0	0.177339			
47 - 48	5342	0	0.182772			
45 - 47	4710	0	0.193153			
43 - 45	4528	0	0.188170			
41 - 43	5891	0	0.195567			
39 - 41	5664	0	0.200125			
37 - 39	6660	0	0.210332			
35 - 37	6213	0	0.220130			
33 - 35	7400	0	0.235401			
31 - 33	6355	0	0.249097			
30 - 31	6077	0	0.254624			
28 - 30	6595	0	0.263241			
26 - 28	6477	0	0.303607			
24 - 26	7833	0	0.326277			
22 - 24	7747	0	0.382058			
20 - 22	8722	0	0.391245			
18 - 20	8350	0	0.420799			
16 - 18	9142	0	0.496436			
14 - 16	9313	0	0.514464			
13 - 14	8679	2	0.628651			
11 - 13	9485	1	0.703638			
9 - 11	10517	5	0.940904			
7 - 9	11408	11	1.121657			
5 - 7	12183	64	1.385550	#		

Slechte locatie (Hansweert)

elev (deg)	tot slps	<MP1 rms, m>	5=	1 m	15=	2 m
88 - 90	148	0	0.359392			
86 - 88	680	0	0.299452			
84 - 86	703	7	0.334912	#		
82 - 84	534	2	0.372240			
81 - 82	545	1	0.382019			
79 - 81	577	1	0.519721			
77 - 79	498	3	0.480771	#		
75 - 77	622	0	0.737460			
73 - 75	627	1	0.634954			
71 - 73	582	1	0.713001			
69 - 71	575	4	0.616011	#		
67 - 69	571	2	0.520497			
65 - 67	526	1	0.636426			
64 - 65	512	2	0.795695			
62 - 64	546	0	0.825303			
60 - 62	547	1	0.921900			
58 - 60	531	2	0.774325			
56 - 58	566	1	0.737072			
54 - 56	494	0	0.483214			
52 - 54	555	2	0.519428			
50 - 52	552	2	0.537107			
48 - 50	657	4	0.669355	#		
47 - 48	699	0	0.472362			
45 - 47	670	1	0.502942			
43 - 45	668	1	0.586840			
41 - 43	1034	6	0.783539	#		
39 - 41	1035	4	0.781292			
37 - 39	868	2	0.751902			
35 - 37	1872	0	0.865153			
33 - 35	2271	5	0.733297			
31 - 33	1460	2	0.697392			
30 - 31	1349	5	0.857301			
28 - 30	1089	9	1.179658	#		
26 - 28	1140	4	1.304307			
24 - 26	1083	3	1.305399			
22 - 24	1373	6	0.963033			
20 - 22	1091	8	1.068337	#		
18 - 20	789	4	1.170998	#		
16 - 18	532	2	0.949911			
14 - 16	555	1	1.317453			
13 - 14	501	2	1.485368			
11 - 13	481	5	2.085315	##		
9 - 11	512	5	2.085936	#		
7 - 9	355	8	2.095123	####		
5 - 7	364	5	1.090018	##		

22 BIJLAGE H Alle TEQC opties

Usage: TEQC [opts] file1 [file2 [...]]

or: TEQC [opts] < stdin

Algemene opties

where [opts]:

-id or +id	dump program id to stderr
-help or +help	dump the entire on-line help to stderr
+relax	allow relaxed requirements on RINEX header fields
-relax	strict requirements on RINEX header fields (default)
+reformat	allow reading of misformatted RINEX data fields
-reformat	strict requirements on RINEX data fields (default)
+err name	write stderr directly to file "name"
++err name	append stderr directly to file "name"
+out name	write stdout directly to file "name"
++out name	append stdout directly to file "name"
-config name	read file(s) "name" as configuration file(s)
+config	dump all set parameters as a configuration to stdout
++config	dump all known parameters as a superset configuration to stdout
++sym	dump all ASCII plot symbols to stdout
-max_rx_ch[annels] #	set maximum # of receiver channels based on receiver type(default for AOA =12,Ashtech=12,Trimble=12,TI-4100=4)
-max_rx_SVs #	set maximum # of SVs trackable (per epoch) based on receiver type(default for AOA=12,Ashtech=12,Trimble=12,TI-4100=4)
-n_GPS #	set maximum expected GPS SV PRN to 0 < # < 256 (default = 32)
-n_GLONASS #	set maximum expected GLONASS SV # to 0 < # < 256 (default = 24)
-st[art_window] str	set start time to str == [[[[[YY]YY]MM]DD]hh]mm]ss[.sssss]
+dX #	delta X time of # from start time; X == Y, M, d, h, m, s for year,...,second
-dX #	delta X time of # from end time; X == Y, M, d, h, m, s for year,...,second
-e[nd_window] str	set end time to str == [[[[[YY]YY]MM]DD]hh]mm]ss[.sssss]
-hole name	read file "name" to establish list of window holes
-delim#	change delimiter to # for separating file names (default = ,)
+obs[file(s)] name	output any OBS records in binary input to file "name"
+nav[file(s)] name	output any NAV records in binary input to file "name"
+met[file(s)] name	output any MET records in input to file "name"
-aoa code	input is from AOA (JPL) receiver, record type "code": code = cb for ConanBinary survey data from TurboRogue or TurboStar rxs code = tb for TurboBinary survey data from TurboRogue or TurboStar rxs code = tbY for TurboBinary survey data from Benchmark ACT rx ("Y-codeless")
-ash[tech] code	input is from Ashtech receiver, record type "code": code = d for download B* survey data code = s for streamed RS-232 data
-cmc code	input is from Canadian Marconi (CMC) receiver, record type "code": code = b for CMC binary
-lei[ca] code	input is from Leica receiver, record type "code": code = w for Wild CR and SR series
-mot[orola] code	input is from Motorola receiver, record type "code": code = oncore for Oncore binary
-rock[well] code	input is from Rockwell receiver, record type "code": code = z for Zodiac format
-tr[imble] code	input is from Trimble receiver, record type "code": code = d for download *.dat survey data code = s for streamed RS-232 data
-ti code	input is from Texas Instruments receiver, record type "code": code = gesar for TI-4100 GESAR & Bepp/Core format survey data code = rom for TI-4100 TI_ROM format survey data
+L1_2	keep L1 cycle data if L1 is squared (default)


```

-L1_2          turn off
+L2_2          keep L2 cycle data if L2 is squared (default)
-L2_2          turn off
+dynamic       dynamic determination of OBS types
-dynamic       turn off (default)
+msec_phs_adj  include adjustment to phase values at rx ms resets
-msec_phs_adj  turn off (default)
+leap[_seconds] subtract current leap seconds from GLONASS pseudoranges
-leap[_seconds] turn off
+smooth[ing]   include smoothing correction to Ashtech pseudoranges
-smooth[ing]   turn off (default)
+Ashtech_old_clk_reset use old Ashtech clock reset scheme
-Ashtech_old_clk_reset turn off (default)
+Ashtech_CA_L1 use phase value in C/A code block as L1 (autodefault on Z-18)
-Ashtech_CA_L1 use phase value in P1 code block as L1 (default + autodefault on Z-18)
+geod_p        data from Trimble Geodesist-P receiver
-geod_p        not from Geodesist-P (default)
+TB_ca_fix     apply CA offset fix to 0x68 TurboBinary records (before -1 Dec 92)
-TB_ca_fix     turn off (default)
+TBhr          use high-rate (0xdb, 0xdc) TurboBinary data
-TBhr          turn off
+TB1s          use 1-sec (0x1a) TurboBinary data
-TB1s          turn off
+TB68          use 0x68 TurboBinary data (normal observable record)
-TB68          turn off
+TBLC          use LC (0xde) TurboBinary data
-TBLC          turn off
+v[erify]      verify conformance to RINEX Version 2 standard
-v[erify]      stream out RINEX Version 2 standard or other (such as qc output) (default)
-week #        initially set GPS week to # (for certain binary input data streams (default=best guess))
+warn[ings]    dump any warnings to stderr (default)
-warn[ings]    turn off
+meta[data]    produce UNAVCO archive raw data table
-meta[data]    turn off (default)
-base[year] #  change epoch base year to # A.D. (default = 1980)

```

RINEX obs-file header editing

```

-O.st[art] Y M D h m s  set OBS start time (first epoch) to Y M D h m s
-O ..... etc weggelaten

```

RINEX nav-file header editing

```

-N.{opt} arg(s)  override any existing NAV header {opt} with arg(s):
-N .....etc. weggelaten

```

RINEX meteo-file header editing

```

-M.{opt} arg(s)  override any existing MET header {opt} with arg(s):
-M .....etc. weggelaten

```

Algemene opties vervolg

```

-qc            turn off quality check (default)
+qc            quality checking (w/ following options):
+ap            turn average position on
-ap            turn off (default)

```



```

+clock_slips]          turn clock n-msec slip detection on (default)
-clock_slips]          turn off
-code_sigmas #         set maximum tolerance for code rejection to # (default = 2.0)
+data[indicators]      turn data indicators on qc ASCII plot on (default)
-data[indicators]      turn off
-eps[ilon] #           set machine epsilon to # (default = 1.387779e-17)
+hor[izon]             when possible, show SV information down to horizon (default)
-hor[izon]             turn off
+ion                   compute L2-ionospheric observable (default)
-ion                   turn off
+iod                   compute L2-ionospheric derivative (default)
-iod                   turn off
+tec                   compute TEC observable
-tec                   turn off (default)
-ion_bins #            use # elevation bins between horizon and zenith for ionospheric obs. (default = 18)
-ion_jump[cm] #        set maximum L2-ionospheric change to be # cm (default = 1.000e+35)
-iod_jump[cm/min] #    set maximum L2-ionospheric time-rate of change to be # cm/minute (default = 400.0)
-gap_mn[min] #         set minimum gap allowed # minutes (default = 0.0)
-gap_mx[min] #         set maximum gap allowed w/o NAV info to # minutes (default = 0.0)
-glonass_n str         str = GLONASS SV and frequency number file
+long_report]          write a long report file segment (default)
-long_report]          don't write a long report file segment
+lli                   turn Loss-of-Lock indicator on (default)
-lli                   turn off
+ma                    turn multipath moving average on (default)
-ma                    turn off
+mask                  when possible, show SV information down to elevation mask
-mask                  turn off (default)
-min_L1 #              set minimum allowable L1 S/N RINEX code to 0 <= # <= 9 (default = 0)
-min_L2 #              set minimum allowable L2 S/N RINEX code to 0 <= # <= 9 (default = 0)
-min_SVs #             set minimum allowable SVs w/ 2 codes (per OBS epoch) to # for position attempt
(default = 5)

```

Multipad commando's

```

+mp                    compute L1 and L2 multipath observables (default)
-mp                    turn off
-mp1_rms[cm] #         set expected MP1 rms to # cm (default = 50.00)
-mp2_rms[cm] #         set expected MP2 rms to # cm (default = 65.00)
-mp_bins #            use # elevation bins between horizon and zenith for multipath (default = 18)
+mp_raw               show raw multipath (no slip removal)
-mp_raw               show multipath (if being done) w/ slip removal (default)
-mp_sigmas #          set minimum sigma threshold for mp slips to # sigmas (default = 4.0)
-mp_win #             set multipath moving average window to # (< 65536) points (default = 50)
-mp_CA_AS[%rms] #     set % increase of multipath rms to # if CA or AS present (default = 100.0)

```

Algemene opties vervolg

```

-msec_tol[msec] #      set millisecond clock slip tolerance to # msec (default = 1.00e-02)
-nav[file(s)] name     input NAV file(s) "name" for ephemeris data (to perform position calculations)
-p[ortrait][#u]        qc ASCII plot plot in "portrait" mode; bin length in # units u (default u =[minutes])
-path_dt[min] #        set sampling of SV cubic spline fit to # minutes (default = 10)
+plot                  write plot file(s) (default)
-plot                  don't write plot file(s)
+pos[ition]            find antenna position and terminate TEQC ASAP

```



```

-pos[ition]                run TEQC normally (default)
-pos_conv[m] #             set position convergence to # ( > 0) meters (default = 1.000000e+00 m)
-pos_jump[m] #            set position jump detection to # ( > 0) meters (default = 1.000000e+05 m)
+rep[ort]                  write a report file (default)
-rep[ort]                  don't write any report file
+reset                     find antenna position and reset OBS file (default)
-reset                     only one pass of each OBS file allowed (default if using stdin)
-root str                  supply filename root for ancillary files as str
+rs                         compute rise and set times of each SV w/ NAV info (default)
-rs                        don't compute rise and set times
+s[hort_report]            write a short report file segment (default)
-s[hort_report]            don't write a short report file segment
-set_comp[arison,deg] #    set elevation comparison to # degrees (default = 25.00)
-set_hor[izon,deg] #       set elevation horizon to # degrees (default = 0.00)
-set_mask[deg] #           set elevation mask to # degrees (default = 10.00)
+sn[ratio]                 compute S/N observables (default)
-sn[ratio]                 turn off
-sn_bins #                 use # elevation bins between horizon and zenith for S/N (default = 18)
+ssv                       give individual SUM lines for each SV
-ssv                       turn off (default)
+sym[bol_codes]            dump symbol codes and hierarchy for short report ASCII time plot
-sym[bol_codes]            don't dump symbol codes and hierarchy (default)
-w[idth] #                 set time width of qc ASCII plot to 0 < # < 256 (default = 72)
+Y[-code]                  Y-code receiver expected
-Y[-code]                  P-code receiver expected (possible tracking of P-codes w/ A/S on) (default)

```


23 BIJLAGE I Alle 'default settings' in TEQC

Optie	Waarde	Opmerking
-max_rx_ch[annels]	0	max aantal kanalen op de ontvanger
-max_rx_SVs	12	max aantal satellieten te ontvangen door de ontvanger
-relax		<u>neemt de waarden uit de RINEX header strikt voor waarheid aan</u> <u>Deze optie uitschakelen (+relax) is ideaal voor Sercel LRK instrumenten waarbij in de omzetting naar RINEX de header informatie niet geheel compleet c.q. correct is</u>
-reformat		neemt de waarden uit de RINEX data-velden strikt als waarheid aan
-n_GPS	32	max aantal GPS satellieten
-dynamic		<u>geen dynamische determinatie van de waarnemings-data, verondersteld wordt dat het station stilstaat zodat de MP analyse kan worden uitgevoerd.</u>
-smooth[ing]		houd <u>geen</u> rekening met smoothing correcties bij ashtech data
+warn[ings]		dumpst elke waarschuwing in de stderr (standaard error output)
-ion_jump[cm]	1000 e35	maximale ionosferische L2 jump in cm.
-iod_jump[cm/min]	400.00	zet de maximale ionosferische L2 tijdverandering op 400cm/min
-gap_mn[min]	10.00	zet maximale tijd gat in minuten met NAV-file
-gap_mx[min]	90.00	zet maximale tijd gat in minuten wanneer er geen NAV-file is
+mp		berekend Multipad residuals op L1 en L2 (default is <u>aan</u>)
-mp_raw		laat ruwe mp-slips zien <u>zonder</u> dat deze gecorrigeerd zijn
-mp1_rms[cm]	50.00	zet de verwachte st.dev. van de MP op L1
-mp2_rms[cm]	65.00	zet de verwachte st.dev. van de MP op L2
-mp_sigmas	4.00	zet de verwerpings factor op 4* de sigma van MP*_rms
-mp_CA_AS[%rms]	100.00	zet deverdubbeling op de MP*_rms tot ### % bij Anti Spoofing
-msec_tol[msec]	1.00e-02	zet de klok-slip tollerantie tot 100 milliseconden
-mp_bins	18	zet het aantal vergelijkings vakjes op 18, zodat het aantal graden <u>waarover de analyse wordt uitgevoerd (90/18=) 5 graden is</u> <u>wordt deze bins op 45 gezet dat is de analyse per 2 graden</u>
-set_hor[ixon,deg]	0.00	zet horizon elevatie op 0 graden
-set_mask[deg]	10.00	zet minimum elevatie op 10 graden
-set_comp[arison,deg]	25.00	zet de vergelijkings elevatie bij de MP analyse op 25 graden
-ion_bins	18	zie -mp_bins
-sn_bins	18	zie -mp_bins
-min_SVs	5	zet het minimum aantal satellieten is 5
-w[idth]	72	zet de grafische weergave op 72 tekens (20 minuten per teken)
-code_sigmas	2	zet de maximale tollerantie voor het verwerpen van de code data
+cl[ock_slips]		zet de klok-slip berekening op:aan
+iod		zet de berekening van de L2 ionosferische verschillen op <u>aan</u>
+ion		zet de berekening van de ionosfeervrij waarneming op <u>aan</u>
-tec		de default staat op: <u>geen tec analyse</u>
+lli		loss of lock indicatie staat op aan
+ma		staat toe dat de MP gemiddelde afwijking mag veranderen
+plot		schrijft automatisch de plotfiles
+sn[ratio]		berekend de signal to noise ratio
-ssv		geeft <u>geen</u> samenvatting info per individule sateliet
-ap		berekend <u>geen</u> gemiddelde positie
-mask		laat geen satelliet informatie zien beneden de elevatie mask
-sym[bol_codes]		dumpst de symbolen codes uit de ascii plot <u>niet</u> in de output Bij +sym komen de symbolen wel in de uitvoer

24 BIJLAGE J QCview.bat

```

echo off
:
: Batch program to view qc output files
:
: Path to the executable program
:
:
echo:
echo *****
echo *
echo *           eerste plaatje wordt aangemaakt           *
echo *
echo *           MP1 en elevatiehoek                         *
echo *
echo *****
echo:
rem qcview32 06182030.mp1 06182030.ele -nosquare -all -DUMP >> qcview.out
qcview32 06182030.mp1 -nosquare -all -DUMP >> qcview.out
rename Qcview.ps MP1.ps
CLS
echo:
echo *****
echo *
echo *           tweede plaatje wordt aangemaakt           *
echo *
echo *           MP2 en elevatiehoek                         *
echo *
echo *****
echo:
rem qcview32 06182030.mp2 06182030.ele -nosquare -all -DUMP >> qcview.out
qcview32 06182030.mp2 -nosquare -all -DUMP >> qcview.out
rename Qcview.ps MP2.ps
cls
echo:
echo *****
echo *
echo *           derde plaatje wordt aangemaakt           *
echo *
echo *           tec en elevatiehoek                         *
echo *
echo *****
echo:
rem qcview32 06182030.tec 06182030.ele -nosquare -all -DUMP >> qcview.out
qcview32 06182030.tec -nosquare -all -DUMP >> qcview.out
rename Qcview.ps tec.ps
cls
echo:
echo *****
echo *
echo *           vierde plaatje wordt aangemaakt           *
echo *
echo *           ted en elevatiehoek                         *
echo *
echo *****
echo:
rem qcview32 06182030.ted 06182030.ele -nosquare -all -DUMP >> qcview.out
qcview32 06182030.ted -nosquare -all -DUMP >> qcview.out
rename Qcview.ps ted.ps
cls
echo:
echo *****
echo *
echo *           vijfde plaatje wordt aangemaakt           *
echo *
echo *           azimuth en elevatiehoek                     *
echo *
echo *****
echo:
rem qcview32 06182030.azi 06182030.ele -nosquare -all -DUMP >> qcview.out
qcview32 06182030.azi -nosquare -all -DUMP >> qcview.out rename Qcview.ps azi.ps
echo:echo Klaar is Kees

```


Ministerie van Verkeer en Waterstaat

Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat

Meetkundige Dienst

25 BIJLAGE K Alle score/ beoordeling tabellen

Hieronder staan alle score/beoordelings tabellen nog eens bij elkaar.

Digmozy resultaat Real-time	Beoordeling outliers statistische waarden	uilmuntend geen	zeer goed	goed	ruim voldoende	voldoende een enkele	onvoldoende	zwaar onvoldoende	slecht	zeer slecht	belabberd Veel
	aantal geaccepteerde obs. bij testcriterium	vrijwel alles				normaal				zeer slechte statistische waarden	
	Score	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%

GeoGenius resultaat Postprocessing	Beoordeling verschillen in coördinaten statistische waarden	uilmuntend geen	zeer goed	goed	ruim voldoende	voldoende nauwelijks grote verschillen	onvoldoende	zwaar onvoldoende	slecht	zeer slecht	belabberd
	niet opgeloste 'cycle slip'	uilmuntend geen				normaal					belabberd
	Score	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%

TEQC toets 1 Tijdbalk	Beoordeling Multipad symbolen onderbrekingen	uilmuntend geen	zeer goed	goed	ruim voldoende	voldoende een enkele	onvoldoende	zwaar onvoldoende	slecht	zeer slecht	belabberd
	Score	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%

TEQC toets 2 MP1MP2	Beoordeling MP1 waarde MP2 waarde	uilmuntend < 18 < 25	zeer goed 18-27 25-35	goed 25-35 35-47	ruim voldoende 35-46 47-60	voldoende 46-58 60-75	onvoldoende 58-71 75-92	zwaar onvoldoende 71-85 92-120	slecht 85-100 120-150	zeer slecht 100-150 150-190	belabberd > 150 > 150
	Score	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%

TEQC toets 3 Multipad-slips	Beoordeling Mp-slips abs Mp-slips rel	uilmuntend 0 % 0 %	zeer goed 0.3 % 0.15 %	goed 0.6 % 0.3 %	ruim voldoende 0.9 % 0.45 %	voldoende 1.2 % 0.60 %	onvoldoende 1.5 % 0.75 %	zwaar onvoldoende 1.8 % 0.90 %	slecht 2.1 % 1.05 %	zeer slecht 2.4 % 1.2 %	belabberd 2.7 % > 1.2 %
	Score	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%

TEQC toets 4 Postscript plots	Beoordeling MP-waarde uitschieters	uilmuntend < 3 0 %	zeer goed 3 0.01 %	goed 4 0.05 %	ruim voldoende 5 0.1 %	voldoende 6 0.3 %	onvoldoende 7 0.5 %	zwaar onvoldoende 8 0.8 %	slecht 9 1.5 %	zeer slecht 10 2 %	belabberd > 10 > 2 %
	Score	100%	90%	80%	70%	60%	50%	40%	30%	20%	10%

TEQC toets 5 Elevatie hoeken	Beoordeling Score	uilmuntend 100%	zeer goed 90%	goed 80%	ruim voldoende 70%	voldoende 60%	onvoldoende 50%	zwaar onvoldoende 40%	slecht 30%	zeer slecht 20%	belabberd 10%
---------------------------------	----------------------	--------------------	------------------	-------------	-----------------------	------------------	--------------------	--------------------------	---------------	--------------------	------------------

TEQC toets 64 Deleted obs.	Beoordeling deleted obs Score	uilmuntend 0 % 100%	zeer goed 3 % 90%	goed 4.50 % 80%	ruim voldoende 6 % 70%	voldoende 7.50 % 60%	onvoldoende 9 % 50%	zwaar onvoldoende 10.50 % 40%	slecht 12 % 30%	zeer slecht 13.50 % 20%	belabberd > 13.50 % 10%
-------------------------------	-------------------------------------	---------------------------	-------------------------	-----------------------	------------------------------	----------------------------	---------------------------	-------------------------------------	-----------------------	-------------------------------	-------------------------------

Beoordelings formulier		Locatie onderzoek		Locatie: Iutjesbroek	
'BASISLIJN' methode					
Digmosy resultaat		70 %		39 %	
Postprocessing met GeoGenius		%		0 %	
Totaal resultaat 'basislijn' methode					38.5 %
'ENKEL PUNTS' methode					
TEQC-toets I (Tijdbalk)		score: 60 %			
TEQC-toets II (MPI-MP2 waarden)		score: 60 %			
TEQC-toets III (niet gedetecteerde MP-slips)		score: 70 %		29 %	
Toetsing voldoende TEQC-toetsen I, II en III					
TEQC-toets IV (analyse postscript plots)		score: %			
TEQC-toets V (elevatie hoeken grafiek)		score: %			
TEQC-toets VI (aantal 'deleted' waarnemingen)		score: %		0 %	
Totaal resultaat 'basislijn' methode					28.5 %
EIND BEOORDELING					
LOCATIE geschikt? (beoordeling criterium > 65%)					
67 %					
JA					