

De vergelijking van HF-radar met andere stromingsgegevens

Een onderzoek naar de HF-radar metingen bij de locatie Hansweert

Gerard Dam
Middelburg
Juli 1997

Voorwoord

De serie pilot projecten met HF-radar is nog in volle gang. Desalniettemin ligt er een rapport van een gebruiker nu voor u. Ik heb het genoeg gehad om als eerste gebruiker de HF-radar gegevens te verwerken en te interpreteren. Het bedrijf waar de stage uitgevoerd is, is het Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ) te Middelburg, maar officieel heb ik stage gelopen bij de Directie Zeeland van Rijkswaterstaat. De redenen hiervoor waren tijdsgebrek van de mensen daar en plaatsgebrek in het gebouw van Directie Zeeland.

Dit rapport is geschreven in het kader van de stage van de opleiding Civiele Technologie & Management aan de Universiteit Twente.

Mijn directe begeleiders ir M.H.P. Jansen (Svašek) en drs H. Verbeek (RIKZ) wil ik hierbij bedanken voor de fijne tijd en samenwerking die ik op het RIKZ gehad heb. Ook wil ik graag de volgende personen bedanken voor hun steun en adviezen: ir P. G. J. Sistermans (Directie Zeeland), dr ir J. Ribberink (Universiteit Twente), drs F.T.G. Tank (Universiteit Utrecht) en de andere collega's op het RIKZ. Bovendien wil ik OCN te Zoetermeer bedanken voor hun inzet voor mijn stage.

Ik hoop dat ik met dit rapport de gebruikers, het consortium en de opdrachtgevers meer inzicht geef in de methode.

Middelburg, juli 1997

Samenvatting

HF-radar is een stroommeetmethode die ongeacht de weersomstandigheden de oppervlaktesnelheden van een gebied ter grootte van tientallen vierkante kilometers kan bepalen. Een serie pilot projecten moet het systeem meer vertrouwd maken binnen Rijkswaterstaat. De pilot serie is nog in volle gang, maar de metingen bij de locatie Hansweert in de Westerschelde zijn afgerond. In dit rapport is gekeken naar de betrouwbaarheid van de HF-radar metingen rond Hansweert. Daartoe zijn de HF-radar metingen vergeleken met ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) stroommeetgegevens en 3D modelberekeningen van de waterbeweging. Ook is gekeken naar de uitval van de HF-radar op verschillende plaatsen en tijdstippen.

De HF-radar heeft gemeten van 24 september tot 22 oktober 1996. Alle ADCP metingen binnen het meetgebied van de HF-radar vallen buiten deze meetperiode. Er moet dus vergeleken worden met verschillende tijdstippen onder dezelfde soort omstandigheden.

Uit de vergelijking van de HF-radar metingen met ADCP metingen van OCN blijkt dat op de Drempel van Hansweert de HF-radar goede resultaten levert. Iets van de drempel af komen er verschillen aan het licht. De vergelijking met ADCP metingen van de Meetdienst Zeeland laten verschillen zien in de maximale vloedstroom. Dit laatste kan verklaard worden doordat de ADCP niet het bovenste gedeelte van de waterkolom heeft gemeten.

De vergelijking van HF-radar gegevens met het 3D model SCALWEST laat voor een sterk ontwikkeld springtij zien dat de stroomrichtingen en stroomsnelheden goed overeenkomen in het midden van de geul, maar dat aan de randen afwijkingen aan het licht komen, waarschijnlijk zijn dit randeffecten van het model.

De ruimtelijke vergelijking met het model laat zien dat het stroombeeld rond vier situaties in een getij vrij goed overeenkomen. Gezegd kan worden dat binnen het geldigheidsgebied de metingen vrij betrouwbaar zijn.

Er wordt gesteld dat een vergelijking goed is als de standaarddeviaties van de hoofd- en dwarscomponent onder de 0.25 m/s blijven. De meeste vergelijkingen zijn met dit criterium vrij goed.

De HF-radar gegevens zijn getoetst op uitval. Met uitval wordt bedoeld dat de snelheden die gemeten zijn groter zijn dan 3 m/s (uitschieter) of niet gemeten zijn (stroomsnelheid = -1). Voor elk punt wordt zo het percentage uitval voor de gehele periode berekend. Uit deze kaart blijkt dat midden op de Drempel van Hansweert de HF-radar metingen het minste uitval geven (5 % van de metingen). Verder daar vandaan loopt het percentage snel op naar zo'n 50 % op de rand van het meetgebied. Dit komt vanwege de schaduwwerking en demping van het radarsignaal van de Plaat van Ossensisse tijdens laagwater.

Ook is naar de uitval in de tijd gekeken. Hieruit blijkt dat er een duidelijke correlatie met de waterstandsgrafiek is. Als het hoogwater is dan worden veel punten gemeten (+/- 7 % uitval) en als het laagwater is dan wordt er veel minder gemeten (+/- 50 % uitval).

Gezegd moet worden dat soms een aantal vectoren, zelfs midden in het geldigheidsgebied niet kloppen, gedacht wordt aan reflectie op schepen, maar dit is niet goed te bewijzen.

Het geldigheidsgebied van het HF-radar grid is vrij betrouwbaar. Ten zuiden en ten noorden van het geldigheidsgebied zijn de stroomvectoren redelijk betrouwbaar. Op de Plaat van Ossensisse lijken de stroomvectoren tijdens hoogwater redelijk betrouwbaar. Achter de Plaat van Ossensisse (in de Overloop van Hansweert) zijn de stroomvectoren tijdens hoogwater iets minder betrouwbaar. Nog verder van de stations af zijn de metingen weinig betrouwbaar. Ook zijn er vectoren op het land gemeten, deze zijn natuurlijk niet betrouwbaar.

Concluderend kan gezegd worden dat HF-radar een goede stroommeetmethode is binnen het geldigheidsgebied maar dat er goed gekeken moet worden naar uitschieters. Deze dataset van HF-radar kan gebruikt worden voor verdere studie, bijvoorbeeld het afregelen van modellen.

Inhoudsopgave

1. INLEIDING	1
1.1 ALGEMENE INLEIDING.....	1
1.2 ONDERZOEKSVRAGEN.....	1
1.3 AFBAKENING EN RANDVOORWAARDEN	1
1.4 OPBOUW VAN HET RAPPORT.....	2
2. BESCHRIJVING VAN DE GEBRUIKTE METHODEN	3
2.1 HF-RADAR	3
2.1.1 Betrokkenen.....	3
2.1.2 De infrastructuur.....	3
2.1.3 Het model dat de dieptevectoren berekent uit de HF-radar gegevens	4
2.1.4 Toekomstmogelijkheden van HF-radar	5
2.2 ACOUSTIC DOPPLER CURRENT PROFILER (ADCP)	5
2.3 HET SCALWEST MODEL	6
3. DE VERGELIJKING VAN HF-RADAR GEGEVENS MET ADCP GEGEVENS VAN OCN..	7
3.1 ADCP PERIODE 2-95	7
3.2 ADCP PERIODE 3-95	7
3.2.1 Vergelijkingsperiode 3-95-1.....	8
3.2.2 Vergelijkingsperiode 3-95-2.....	8
3.3 ADCP PERIODE 1-96	9
3.3.1 Vergelijkingsperiode 1-96-1.....	9
3.4 ADCP PERIODE 2-96	9
3.4.1 Vergelijkingsperiode 2-96-1.....	10
3.4.2 Vergelijkingsperiode 2-96-2.....	10
3.4.3 Vergelijkingsperiode 2-96-3.....	10
3.5 ADCP PERIODE 3-96	11
3.5.1 Vergelijkingsperiode 3-96-1.....	11
3.6 CONCLUSIES VERGELIJK HF-RADAR MET ADCP METINGEN VAN OCN	12
4. DE VERGELIJKING VAN HF-RADAR GEGEVENS MET ADCP GEGEVENS VAN DE MEETDIENST ZEELAND	13
4.1 RAAI B, SPRINGTIJ.....	13
4.1.1 Punt B1.....	14
4.1.2 Punt B2.....	14
4.1.3 Punt B3.....	14
4.1.4 Punt B4.....	14
4.2 RAAI C, SPRINGTIJ.....	14
4.2.1 Punt C1.....	15
4.2.2 Punt C2.....	15
4.2.3 Punt C3.....	15
4.2.4 Punt C4.....	15
4.3 CONCLUSIE VERGELIJK HF-RADAR MET ADCP METINGEN VAN DE MEETDIENST ZEELAND	15
5. DE VERGELIJKING VAN HF-RADAR GEGEVENS MET HET SCALWEST MODEL.....	17
5.1 DE VERGELIJKING VAN SCALWEST MET DE HF-RADAR PUNTEN OP RAAI B	17
5.1.1 Punt B1.....	17
5.1.2 Punt B2.....	18
5.1.3 Punt B3.....	18
5.1.4 Punt B4.....	18
5.2 DE VERGELIJKING VAN SCALWEST MET DE HF-RADAR PUNTEN OP RAAI C	18
5.2.1 Punt C1.....	18
5.2.2 Punt C2.....	18
5.2.3 Punt C3.....	18
5.2.4 Punt C4.....	18

5.3 DE RUIMTELIJKE VERGELIJKING MET HET HF-RADAR GRID.....	19
5.3.1 Kentering van vloed naar eb.....	19
5.3.2 Maximum ebstroom.....	19
5.3.3 Kentering van eb naar vloed.....	19
5.3.4 Maximum vloedstroom.....	20
5.4 CONCLUSIE VERGELIJKINGEN PUNTEN B1 T/M C4 EN DE RUIMTELIJKE VERGELIJKING.....	20
6. UITVAL VAN HF-RADAR.....	22
6.1 PER PUNT DE TOTALE UITVAL.....	22
6.2 PER TIJD DE TOTALE UITVAL.....	22
6.3 CONCLUSIE:.....	22
7. CONCLUSIE EN AANBEVELINGEN.....	23
8. EVALUATIE STAGE.....	25
8.1 EVALUATIE OPDRACHT.....	25
8.1.1 Algemene problemen.....	25
8.1.2 Problemen voor wat betreft de gebruikte files van de meetgegevens:.....	25
8.1.3 Radarface.....	25
8.2 EVALUATIE RIKZ.....	26
8.3 DE BEGELEIDING.....	26
9. LITERATUURLIJST.....	27
10. BIJLAGEN.....	28

Lijst met bijlagen

Bijlage 1 : Overzichtskaart van de Westerschelde.....	29
Bijlage 2 : Kaart van de locatie Hansweert.....	30
Bijlage 3 : Kaart met geldige punten op het HF-radar grid.....	31
Bijlage 4 : Voorbeeld van het programma Radarface.....	32
Bijlage 5 : Grid van het SCALWEST model.....	33
Bijlage 6 : Vergelijking 2-95-1.....	34
Bijlage 7 : Vergelijking 3-95-1.....	35
Bijlage 8 : Vergelijking 3-95-2.....	36
Bijlage 9 : Vergelijking 1-96-1.....	37
Bijlage 10 : Vergelijking 2-96-1.....	38
Bijlage 11 : Vergelijking 2-96-2.....	39
Bijlage 12 : Vergelijking 2-96-3.....	40
Bijlage 13 : Vergelijking 3-96-1.....	41
Bijlage 14 : Vergelijking B1.....	42
Bijlage 15 : Vergelijking B2.....	43
Bijlage 16 : Vergelijking B3.....	44
Bijlage 17 : Vergelijking B4.....	45
Bijlage 18 : Vergelijking C1.....	46
Bijlage 19 : Vergelijking C2.....	47
Bijlage 20 : Vergelijking C3.....	48
Bijlage 21 : Vergelijking C4.....	49
Bijlage 22 : Vergelijking SCALWEST met HF-radar Raai B.....	50
Bijlage 23 : Vergelijking SCALWEST met HF-radar Raai C.....	52
Bijlage 24 : Vergelijking SCALWEST met HF-radar (ruimtelijk).....	54
Bijlage 25 : Uitval van de HF-radar ruimtelijk gezien.....	58
Bijlage 26 : Uitval van de HF-radar in de tijd.....	59
Bijlage 27 : Standaarddeviaties van de vergelijkingen.....	60
Bijlage 28 : Betrouwbaarheidsgebied.....	61

1. Inleiding

1.1 Algemene inleiding

High Frequency (HF) radar is een stroommeetmethode die kan voorzien in actuele en complete stroommeetgegevens. Het HF-radar systeem kan onafhankelijk van de weersomstandigheden het stromingspatroon van de bovenste waterlaag over een gebied van enkele tientallen vierkante kilometers meten doordat de meetstations op de wal staan. Bovendien is het mogelijk om deze stroommeetgegevens real-time te presenteren door een communicatiemodule. Aan de hand van een model is het mogelijk de stromingen in de verticaal te genereren. Iedere 20 minuten kan er een nieuw stroombeeld gerealiseerd worden. Voor een uitgebreide beschrijving van het HF-radar systeem wordt verwezen naar Hoofdstuk 2.1.

Om een meer regulier gebruik van het HF-radar systeem binnen Rijkswaterstaat te realiseren is besloten om een serie pilot projecten uit te voeren. Aan de hand van de wensen van verschillende directies van Rijkswaterstaat zijn er vier locaties gekozen. Dit zijn:

- Terneuzen (Westerschelde);
- Hansweert (Westerschelde);
- Maasmond (Rotterdam);
- Terschelling (Waddenzee).

In dit rapport zal alleen gekeken worden naar de pilot Hansweert. Het is een interessante plaats om HF-radar metingen uit te voeren omdat er onderzoek gedaan wordt. Er is sprake van de Drempel van Hansweert (Zie Bijlage 1 voor de ligging van het gebied en Bijlage 2 voor een overzicht van het gebied). Drempels zijn natuurlijke ondiepten in een geul op de overgang tussen twee bochten in estuaria en meanderende rivieren [10]. HF-radar metingen kunnen bijvoorbeeld gebruikt worden om het stromingspatroon op drempels te onderzoeken.

Bij deze serie van pilots zijn er een aantal verschillen met vorige beproevingen van HF-radar [9].

1) Er wordt een geïntegreerd systeem toegepast, dat wil zeggen dat het systeem naast de HF-radar bestaat uit een module voor de invoer van in-situ metingen van waterstand en wind, een operationeel model voor de berekening van de stroomvectoren in de verticaal, een database, een communicatie- en een presentatiemodule;

2) Er is een consortium van bedrijven opgericht om het systeem te realiseren en te opereren. Het consortium bestaat uit OCN B.V. (Oceanographic Company of the Netherlands), Waterloopkundig Laboratorium (WL), Argoss, Delta Consult B.V. en Wimpey Environmental Ltd of INA B.V./Marconi Ltd. Dit consortium van bedrijven zal zowel de realisatie, het testen als het opereren van het systeem bewerkstelligen. Zie voor een uitgebreide beschrijving van het consortium Hoofdstuk 2.1.1.

Dit rapport zal zich bezighouden met de vraag of HF-radar een betrouwbare methode is. Daartoe worden de HF-radar metingen rond Hansweert vergeleken met andere stroommeetgegevens van een zogenaamde Acoustic Doppler Current Profiler (voortaan ADCP) en de uitkomst van een 3D-waterbewegingsmodel van de Westerschelde genaamd SCALWEST. Voor een beschrijving van de ADCP methode wordt verwezen naar Hoofdstuk 2.2, het 3D-model staat beschreven in Hoofdstuk 2.3. Ook wordt gekeken naar de uitschieters en de uitval van de HF-radar met de achterliggende oorzaken.

1.2 Onderzoeksvragen

In dit rapport wordt geprobeerd antwoord te vinden op de volgende onderzoeksvragen:

1. Hoe nauwkeurig is HF-radar vergeleken met andere bewezen meetmethoden en 3D-modelberekeningen?
2. Zijn er factoren die de kwaliteit van de data beïnvloeden?
3. Zijn er factoren die de uitschieters en de uitval bepalen?

1.3 Afbakening en randvoorwaarden

De volgende punten zijn gebruikt om het onderzoek af te bakenen:

- Er wordt alleen gekeken naar de HF-radar gegevens nabij Hansweert die gemeten zijn in de periode van 24 september 1996, 17:20 uur tot en met 22 oktober 1996, 7:20 uur. Ook wordt alleen gekeken naar de punten op het HF-radar grid die in het geldigheidsgebied liggen. Het geldigheidsgebied zal in het volgende hoofdstuk besproken worden. Zie voor een kaart met geldige punten Bijlage 3.
- OCN heeft ADCP metingen vanaf één punt op de bodem van de Westerschelde uitgevoerd om het model wat stromingen in de diepte berekend aan de hand van HF-radar gegevens te calibreren. OCN heeft zes metingen in totaal uitgevoerd in 1995 en 1996. Deze metingen worden in dit rapport gebruikt om de oppervlakesnelheden van de HF-radar te controleren. Zie ook Bijlage 2 voor een overzicht van de ADCP meetpunten in het gebied. Gestreefd is om van elk punt een normaal getij en een springtij te vergelijken.
- De Meetdienst Zeeland van Rijkswaterstaat heeft een aantal raaien gemeten gedurende dertien uur. De raaien die in het meetgebied van de HF-radar liggen zijn: Raai A tot en met Raai D (Bijlage 2). In dit rapport wordt alleen gekeken naar Raai B en C, die tegelijkertijd gemeten zijn op 17 april 1996 tijdens springtij.
- Uit het bovenstaande wordt duidelijk dat er tijdens de meetperiode van HF-radar niet met ADCP in het meetgebied van HF-radar is gemeten. Dit bemoeilijkt het vergelijken van de twee methoden aanzienlijk. Er worden nu om een vergelijking te maken twee periodes van beide meetmethoden gezocht die qua getijomstandigheden ongeveer gelijk zijn. Hierbij wordt vooral gekeken naar de waterstanden tijdens hoog- en laagwater en de zogenaamde getijcoëfficiënt (GC), dit is de opgetreden getijslag ((hoogwaterstand - laagwaterstand) / gemiddelde getijslag). Een getijcoëfficiënt van 1 is dus een gemiddeld getij. De getijcoëfficiënt van een gemiddeld springtij is bij Hansweert 1.13 [10].
- De wind wordt meegenomen als mogelijke oorzaak voor verschillen tussen de vergeleken perioden van HF-radar en ADCP.
- Uitgegaan wordt van het feit dat de ADCP meetmethode een betrouwbare methode is onder vrijwel alle omstandigheden.
- Wanneer twee geschikte perioden gevonden zijn om te vergelijken dan worden de twee datasets met gegevens over de stroomsnelheden en de stroomrichtingen zo over elkaar heen gelegd dat de regressie tussen beide datasets optimaal is. Zo wordt er voorkomen dat er faseverschillen tussen de datasets van de HF-radar en de ADCP zullen optreden.
- Met de stroomrichting mogen geen statistische functies worden uitgevoerd (immers 360 graden is ook weer 0 graden). Om toch een maat voor de betrouwbaarheid te verkrijgen worden de standaarddeviaties van de verschillen tussen de stroomsnelheden van de hoofd- en dwarsrichtingen bepaald. Deze hoofd- en dwarsrichtingen worden berekend uit de stroomsnelheden en de stroomrichtingen.
- Omdat de ADCP geen oppervlaktestroming kan meten (Zie hoofdstuk 2.2) wordt de oppervlaktestroming gelijk gesteld aan de bovenste betrouwbare meting van de ADCP.
- Uitgegaan wordt van het feit dat er geen systematische verandering in de waterbeweging heeft plaatsgevonden tussen 1995 en 1996.
- Het model dat de stroomvectoren in de diepte berekend uit de HF-radar gegevens wordt niet vergeleken omdat de uitvoer module nog niet goed werkt.
- Het 3D waterbewegingsmodel SCALWEST wordt gebruikt om een springtij in de HF-radar periode door te rekenen, deze periode omvat de periode die wordt gebruikt om Raai B en C te vergelijken.
- Alle coördinaten die zullen worden gebruikt in dit rapport zijn in het Rijksdriehoekstelsel ten opzichte van Parijs.
- Alle waterstands- en windgegevens komen van het meetstation Hansweert.

1.4 Opbouw van het rapport

De opbouw van het rapport is als volgt: In hoofdstuk 2 worden de meetwijze en instrumenten van de HF-radar en de ADCP beschreven. Ook wordt er een beschrijving gegeven van het 3D model SCALWEST. In hoofdstuk 3 worden de HF-radar gegevens vergeleken met ADCP gegevens van OCN. Hoofdstuk 4 behandelt de vergelijking van HF-radar gegevens met ADCP gegevens van de Meetdienst Zeeland van Rijkswaterstaat. In hoofdstuk 5 worden HF-radar gegevens vergeleken met het SCALWEST model, zowel op een aantal punten als ruimtelijk. Hoofdstuk 6 behandelt de uitval van de HF-radar. Hoofdstuk 7 geeft conclusies en aanbevelingen en tenslotte behandelt hoofdstuk 8 de evaluatie van de stage.

2. Beschrijving van de gebruikte methoden

2.1 HF-radar

2.1.1 Betrokkenen

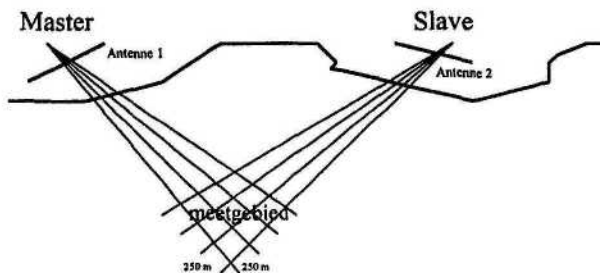
De opdrachtgevers van de serie pilot projecten zijn het Ministerie van Verkeer en Waterstaat en het Gemeentelijk Havenbedrijf Rotterdam (GHR). Het ministerie wordt vertegenwoordigd door Rijkswaterstaat en met name het Rijksinstituut voor Kust en Zee (RIKZ), de Directie Noordzee, de Directie Zeeland en Directie Noord Nederland.

Besloten is om een belangrijk deel van het werk uit te besteden aan een consortium van bedrijven om zo tot een meer regelmatig gebruik van het HF-radar systeem te komen ten behoeve van diverse onderzoeksprojecten en beheersactiviteiten. Het doel is te komen tot een commerciële exploitatie van het systeem.

De Oceanografic Company of the Netherlands (OCN) coördineert het project en levert de faciliteiten voor het inwinnen, verwerken en versturen van de meetgegevens. INA/Marconi levert de HF-radar apparatuur. Het Waterloopkundig Laboratorium (WL) en Argoss hebben het model ontwikkeld dat in staat is om stromingsgegevens in de verticaal te berekenen. Delta Consult is belast met de logistieke ondersteuning tijdens het installeren en het ontmantelen van de radaropstelling [9].

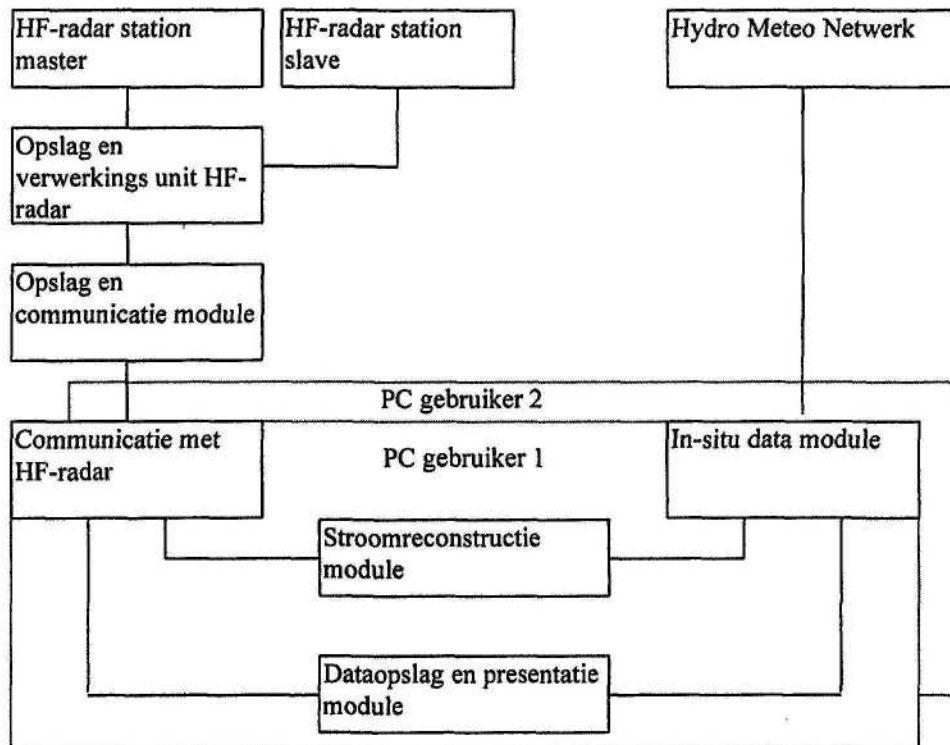
2.1.2 De infrastructuur

Het HF-radar systeem heeft twee units (master en slave) die elk een radiale component van de oppervlaktestroming bepalen. Een uitgezonden radarsignaal van 50 Mhz weerkaatst op de golven en het signaal krijgt daardoor een dopplerverschuiving. Met behulp van een 85 meter lange antenne worden de signalen van het gebied weer opgevangen. Men kan nu de radiale component bepalen van de oppervlaktestromen in het meetgebied. De units staan een aantal kilometers uit elkaar zodat een optimale dekking van het gebied verkregen wordt. Met de frequentie van 50 Mhz is het mogelijk om een gridgrootte van 250 x 250 meter aan te houden. Zie Figuur 1 voor een schema van het meetgebied.



Figuur 1: Schema meetgebied

Een unit bestaat uit een zendantenne, een ontvangstantenne, een multiplexer, een radarmodule, een dataverwerkingsmodule, een UHF-radio en een modem. De multiplexer wordt gebruikt om de ontvangstantennes te koppelen aan de radio-ontvanger. Via de UHF-radio worden de meetgegevens van de slave naar de master gestuurd. De master verwerkt de gegevens en zendt ze door via een modem naar de gebruikers. Ook ontvangen de gebruikers gegevens over de waterstand, wind en golfgegevens uit het Hydro Meteo Netwerk. Figuur 2 geeft een overzicht van de totale infrastructuur. Via het programma Radarface kunnen vervolgens de stroommeetgegevens gepresenteerd worden op een PC. De gebruiker kan met dit programma onder andere de stromingsgegevens presenteren als vectoren op een kaart, van een punt een tijdserie van de stroomvectoren presenteren en de data exporteren naar een ascii-file (Dit laatste werkt nog niet, maar daar wordt aan gewerkt). Zie Bijlage 4 voor een plaatje en een beschrijving van Radarface.



Figuur 2: Schema HF-radar systeem [9]

In een cyclus van 20 minuten kan een actueel stroombeeld verkregen worden. De cyclus begint met het master-station, dat zijn radiale component van de waterbeweging meet en opslaat gedurende 5 minuten. Hierna volgt de slave gedurende 5 minuten. Via de UHF-radio worden de meetgegevens van de slave naar de master gestuurd gedurende 5 minuten. Tenslotte worden de oppervlaktestroomvectoren berekend en opgeslagen door de master. Dit neemt ook weer 5 minuten in beslag.

Het gebied waarbinnen de HF-radar geldige punten oplevert is gebonden aan de volgende criteria:

1. Het bereik van de master of slave is ongeveer 8 km.
2. Tot één kilometer rondom de master en de slave kan de HF-radar niet meten.
3. De master en de slave kunnen elk een gebied meten van 90 graden.
4. De hoek waaronder de radiale stroomcomponenten elkaar snijden moet tussen de 30 en 150 graden liggen.

Wanneer deze criteria worden toegepast op het gebied van Hansweert dan vindt men het geldigheidsgebied van Bijlage 3. Buiten dit gebied is de hoek tussen de master en de slave te groot of te klein en de fout in de stroomvector is dan groter [1].

2.1.3 Het model dat de dieptevectoren berekent uit de HF-radar gegevens

Het operationele model dat de stroomvectoren in de verticaal berekent is zoals gezegd ontwikkeld door het Waterloopkundig Laboratorium en Argoss. De benodigde invoergegevens voor het model zijn:

- de positie in verticaal van bodem ([m] t.o.v. NAP)
- de geschatte momentane waterstand ([m] t.o.v. NAP)
- de radar oppervlakte stroomvector [m/s]

Het model gebruikt ook waterstandgegevens van drie locaties in de buurt om het verhang te bepalen. Het model is gecalibreerd met ADCP gegevens van OCN. Het model geeft als uitvoer de horizontale stroomvector op een bepaalde diepte en de gemiddelde stroomvector over een geselecteerde laag.

Er zitten een aantal beperkingen aan dit model, zoals:

- Er mogen niet te steile bodemhellingen voorkomen in het gebied, want dat kan verstoringen geven (effecten van dieptevariaties kleiner dan de gridafstand).

- Er worden geen verticale stromingscomponenten berekend, dus de resultaten zijn niet bruikbaar voor 3D-berekeningen.

De schattingen van de nauwkeurigheid van het model lopen uiteen van 0.10 - 0.15 m/s voor een stroomsnelheid op een bepaalde diepte. De fout in de dieptegemiddelde stroomsnelheid is iets kleiner [9].

2.1.4 Toekomstmogelijkheden van HF-radar

In de nabije toekomst zijn er een aantal mogelijkheden voor het systeem.

Voor het real-time presenteren van de stromingsgegevens is het HF-radar systeem geschikt voor onder andere de volgende activiteiten:

- Scheepvaartbegeleiding;
- De aanleg van havens en kustverdedigingswerken;
- Bagger- en stortactiviteiten;
- De bouw van andere infrastructuur in de zee;
- Bij calamiteiten (olie- en giflozingen, bergen van schepen en gevaarlijke lading).

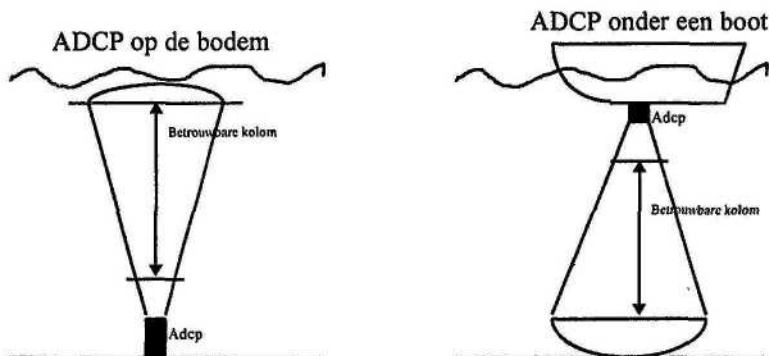
Ook kunnen de HF-radar gegevens achteraf gebruikt worden voor het doen van onderzoek. Hierbij valt te denken aan onder andere:

- Het vastleggen van stroompatronen;
- Het onderzoeken van zand- en slibtransportverschijnselen;
- Het onderzoek naar lozingspatronen;
- De calibratie van stroommodellen.

De nadruk bij de pilot projecten ligt vooralsnog op het onderzoek naar zandtransportverschijnselen, het vastleggen van het algemene stroombeeld en het begeleiden van de scheepvaart.

2.2 Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP)

Een ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) ligt op de bodem of hangt onder aan een schip. Zie figuur 3 voor een schematisch overzicht van de ADCP methode. Het meet in de waterkolom de stroomsnelheden en de stroomrichtingen. De ADCP maakt hierbij gebruik van de reflectie van geluid op deeltjes die in het water zweven. De dopplerverschuiving die dan optreedt is een maat voor de stroomsnelheid van het water. Een ADCP heeft vier sensoren die elk een gelijke hoek met de verticaal maken.



Figuur 3: ADCP meetprincipe

Een ADCP kan niet het onderste en bovenste gedeelte van de waterkolom meten. Bij een ADCP op de bodem kunnen de onderste waterlagen niet worden gemeten vanwege de hoogte van de ADCP en omdat de bundels die de vier sensoren uitzenden nog te dicht bij elkaar liggen. Het bovenste gedeelte kan niet worden gemeten omdat de signalen weerkaatsen op het wateroppervlak. Voor een ADCP onder een schip geldt hetzelfde, maar dan omgekeerd. Een ADCP kan ongeveer 85 % van de waterkolom meten.

De fout die een ADCP maakt bedraagt ongeveer 4.5 % voor de stroomsnelheid. Bij kentering, wanneer er bijna geen stroming is, kan deze fout in de stroomsnelheidsmetingen oplopen tot 27 %. De fout in de stroomrichting bedraagt één graad [8].

2.3 Het SCALWEST Model

Het SCALWEST model is een driedimensionaal stromingsmodel van de Westerschelde. Het model is gebaseerd op het SIMONA- WAQUA model. Het is in ontwikkeling door Maarten Jansen (ingenieursbureau Svašek) in opdracht van en bij het RIKZ.

SCALWEST omvat de Westerschelde vanaf de monding tot en met de Zeeschelde tot Gent. Het gebied wordt geschematiseerd door middel van een kromlijng rooster. Het wordt aangestuurd door de opgetreden waterstand bij de monding (Zeebrugge en Westkapelle) en de afvoer van de Zeeschelde. Het rekent met sigma lagen, dat wil zeggen dat de verticaal verdeeld is over een aantal gelijke delen. Ook wordt de opgetreden wind meegenomen in het model.

Na de ontwikkeling van een 2DH model [5] is met een uitgedunde versie een aantal 3D-berekeningen gedaan. Deze versie is drie keer uitgedund in zowel de lengte als breedte en het bestaat uit 9100 rekenpunten. Het kan met een vooraf op te geven aantal lagen 3D stromingen berekenen van een bepaalde periode achteraf. Zie bijlage 5 voor het grid dat het model gebruikt.

3. De vergelijking van HF-radar gegevens met ADCP gegevens van OCN

OCN heeft op zes locaties gemeten met de ADCP, dit zijn (zie ook de kaart in Bijlage 2):

meting nummer	aanduiding	van datum	tot datum	X coord	Y coord	bruikbaar
1	1-95	28 september 1995	17 oktober 1995	60885	381685	nee
2	2-95	17 oktober 1995	2 november 1995	59500	384000	ja
3	3-95	2 november 1995	15 december 1995	60885	381685	ja
4	1-96	10 juli 1996	24 juli 1996	59838	382789	ja
5	2-96	24 juli 1996	9 augustus 1996	60068	382066	ja
6	3-96	9 augustus 1996	11 september 1996	60075	382347	ja

Tabel 1: ADCP metingen van OCN

Periode 1-95 is niet bruikbaar omdat het frame van de ADCP scheef heeft gehangen. Periode 3-95 heeft op hetzelfde punt de meting overgedaan.

In de paragrafen 3.1 tot en met 3.5 worden een aantal vergelijkingen gemaakt. Bij elk van deze vergelijkingen wordt geprobeerd om de verschillen te verklaren. Omdat verschillen kunnen optreden vanwege wind- en waterstandsinvloeden zijn van elke periode de wind- en waterstandgegevens bekeken. In onderstaande tabel zijn de gegevens voor de wind samengevat:

periode	verg.	ADCP		HF-radar		Conclusie windinvloed
		Gem windsnelheid (dm/s)	Gem windrichting (graden)	Gem windsnelheid (dm/s)	Gem windrichting (graden)	
2-95	2-95-1	16	197	31	273	wind geen invloed
3-95	3-95-1	51	190	37	238	wind geen invloed
	3-95-1	71	174	35	192	wind geen invloed
1-96	1-96-1	37	90	50	193	wind geen invloed
2-96	2-96-1	39	81	65	143	wind geen invloed
	2-96-2	70	237	128	216	wind misschien invloed op HF-radar
	2-96-3	76	253	42	155	wind geen invloed
3-96	3-96-1	48	330	62	170	wind geen invloed

Tabel 2: Overzicht van de windgegevens bij de gemaakte vergelijkingen

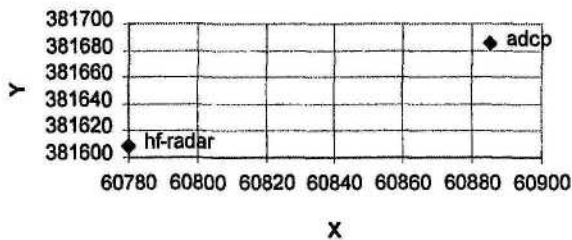
De waterstandsverschillen worden in de tabellen bij de verschillende vergelijkingen genoemd.

3.1 ADCP Periode 2-95

Van 17 oktober 1995 tot en met 2 november 1995 is met een ADCP gemeten op de bodem van de Westerschelde op punt 2. Er is een vergelijking gemaakt, vergelijking 2-95-1, maar er is grote twijfel gerezen omtrent het juist functioneren van de ADCP. De stroomrichting die de ADCP aangeeft is praktisch noord - zuid, terwijl dit logischerwijs niet mogelijk is (Zie de kaart in bijlage 2). Ook de stroomsnelheden van beide instrumenten wijken sterk af. De grafieken van de vergelijking staan in Bijlage 6, maar zullen niet worden meegenomen in de conclusie. OCN probeert de oorzaak te achterhalen, maar dat is bij het uitkomen van dit rapport nog niet bekend.

3.2 ADCP Periode 3-95

In de periode van 2 november 1995 tot 15 december 1995 is op punt 3 gemeten met een ADCP. Het punt op het HF-radar grid wat het dichtste bij ligt is punt 384 met coördinaat 60780, 381609. Het verschil tussen beide punten is 129.6 meter. Punt 384 ligt meer naar het zuidwesten. Zie figuur 4.



Figuur 4: Overzicht vergeleken punten 3-95

Hieronder worden twee vergelijkingen uit deze periode bekeken. Een iets hoger dan gemiddeld getij en een sterk ontwikkeld springtij.

3.2.1 Vergelijkingsperiode 3-95-1

Voor vergelijking 3-95-1 zijn ADCP metingen van 9-11-95 en HF-radar metingen van 2-10-96 gebruikt. De getijcoëfficiënten liggen boven een gemiddeld getij (getijcoëfficiënt van een gemiddeld getij = 1).

	ADCP	HF-radar
begin datum	09-11-95	02-10-96
tijd	10:20 - 22:30	0:10 - 12:30
waterstanden vloed (cm)	-214 : 264	-214 : 267
waterstanden eb (cm)	264 : -216	267 : -211
GC vloed	1.07	1.08
GC eb	1.08	1.07

Tabel 3: Gegevens vergelijkingsperiode 3-95-1

Uit Bijlage 7 blijkt dat de HF-radar stroomsnelheid sterk boven de ADCP ligt. In het tweede gedeelte van de vergelijking (eb) zijn er een aantal uitschieters in de HF-radar metingen. Deze zijn handmatig weggehaald om tot een meer objectieve beoordeling te komen. De stroomrichting van de HF-radar ligt meer naar het zuiden dan de ADCP. De standaarddeviaties zijn 0.42 m/s voor de hoofdrichting en 0.40 m/s voor de dwarsrichting.

De wind heeft geen invloed gehad. De opgetreden verschillen kunnen niet worden toegeschreven aan windinvloed, waterstandsverschillen of verschillende locaties, want daarvoor zijn de verschillen te groot. Er moet dus een andere oorzaak zijn geweest. Voorlopig is die oorzaak niet bekend.

3.2.2 Vergelijkingsperiode 3-95-2

Vergelijking 3-95-2 heeft als data 26 november 1995 voor de ADCP en 25 september 1996 voor de HF-radar. De getijcoëfficiënten zijn hoog, er is dus sprake van een sterk ontwikkeld springtij. (getijcoëfficiënt van een gemiddeld springtij bij Hansweert is 1.13)

	ADCP	HF-radar
begin datum	26-11-95	25-09-96
tijd	11:50 - 0:00	20:00 - 8:10
waterstanden vloed (cm)	-264 : 282	-243 : 280
waterstanden eb (cm)	282 : -215	280 : -219
GC vloed	1.18	1.17
GC eb	1.11	1.12

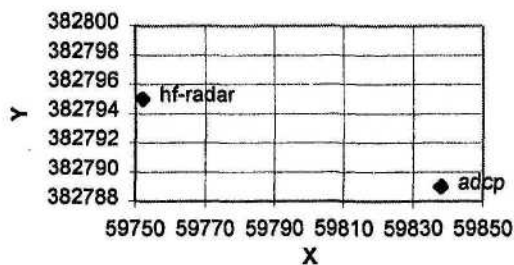
Tabel 4: Gegevens vergelijkingsperiode 3-95-2

De stroomsnelheid van de HF-radar is veelal fors hoger dan die van de ADCP zoals blijkt uit Bijlage 8. In het ebgedeelte van de vergelijking maakt de HF-radar een aantal uitschieters. De piek van de ebstroom gemeten met de HF-radar is veel te groot. Ook hier zijn de meest voor de hand liggende uitschieters verwijderd. De stroomrichting klopt in het begin vrij goed, de HF-radar stroomrichting ligt

hier iets boven de ADCP. In het ebgedeelte zijn echter ook de uitschieters van de stroomsnelheid zichtbaar. De standaarddeviatie van de hoofdrichting is 0.33 m/s en van de dwarsrichting 0.50 m/s (De uitschieters zijn hierbij buiten beschouwing gelaten). De wind heeft op dit alles geen merkbare invloed gehad. De verklaring voor deze afwijkingen (niet de uitschieters) in vooral de stroomsnelheid kunnen niet toegerekend worden aan verschillende omstandigheden, omdat de afwijkingen daarvoor te groot zijn. De oorzaak moet ergens anders liggen.

3.3 ADCP Periode 1-96

Met de ADCP is gemeten in de periode 10 juli 1996 tot en met 24 juli 1996 op punt 4 (coördinaat 59838, 382789), dit is op de Drempel van Hansweert (Zie Bijlage 2). Het punt op het HF-radar grid wat het dichtste bij ligt is punt 323 op het grid. Dit punt heeft coördinaat 59752, 382795. Het verschil tussen beide punten is 86.2 meter. Het HF-radar punt ligt meer naar het westen. Zie figuur 5.



Figuur 5: Overzicht vergeleken punten 1-96

Er is één vergelijking gemaakt. Dit is de vergelijking met de hoogste getijcoëfficiënt uit die periode.

3.3.1 Vergelijkingsperiode 1-96-1

Vergelijkingsperiode 1-96-1 is gekozen op 19 juli 1996 voor de ADCP en op 11 oktober 1996 voor de HF-radar, gedurende een eb en vloed. De getijcoëfficiënten liggen boven een gemiddeld getij.

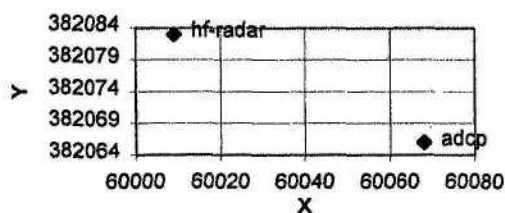
	ADCP	HF-radar
datum	19-07-96	11-10-96
tijd	17:20 - 5:50	14:20 - 2:40
waterstanden eb (cm)	230 : -253	229 : -249
waterstanden vloed (cm)	-253 : 233	-249 : 231
GC eb	1.08	1.07
GC vloed	1.09	1.08

Tabel 5: Gegevens vergelijkingsperiode 1-96-1

Uit Bijlage 9 blijkt dat de plots goed overeenkomen. De standaarddeviatie van de hoofdrichting is 0.30 m/s en de standaarddeviatie van de dwarsrichting is 0.19 m/s. De stroomsnelheid van de HF-radar ligt veelal onder die van de ADCP. De stroomrichting van de HF-radar ligt iets meer naar het zuiden dan de stroomrichting van de ADCP. De veelal kleine verschillen kunnen verklaard worden doordat beide metingen niet gelijktijdig zijn verricht en omdat de twee punten niet geheel op dezelfde positie gemeten zijn. Wind heeft geen invloed en de verschillen in waterstanden zijn klein. Geconcludeerd kan worden dat de beide methoden goed overeenkomen.

3.4 ADCP Periode 2-96

Periode 2-96 is gemeten van 24 juli tot 9 augustus op punt 5. Dit is eveneens midden op de Drempel van Hansweert (Zie bijlage 2 voor het punt). Het punt op het HF-radar grid wat hier het dichtste bij ligt is punt 339. Het punt heeft coördinaat 60009, 382083. Het verschil met het ADCP punt is 61.4 meter. Het HF-radar punt ligt meer naar het westen. Zie figuur 6.



Figuur 6: Overzicht vergeleken punten 2-96

Er zijn drie vergelijkingen gemaakt. Een matig ontwikkeld springtij, een zeer sterk ontwikkeld springtij en een sterk ontwikkeld springtij.

3.4.1 Vergelijkingsperiode 2-96-1

Vergelijking 2-96-1 vergelijkt de data 4 augustus 1996 (ADCP) met 13 oktober 1996 (HF-radar). De getijcoëfficiënten duiden op een matig ontwikkeld springtij.

	ADCP	HF-radar
begin datum	04-08-96	13-10-96
tijd	17:20 - 5:50	14:20 - 2:40
waterstanden eb (cm)	259 : -228	258 : -225
waterstanden vloed (cm)	-228 : 249	-225 : 253
GC eb	1.09	1.08
GC vloed	1.07	1.07

Tabel 6: Gegevens vergelijkingsperiode 2-96-1

De standaarddeviatie van de hoofdrichting is 0.19 m/s en van de dwarsrichting is 0.17 m/s. De stroomsnelheid van de HF-radar ligt beneden de ADCP, behalve tijdens maximum vloed. Zie Bijlage 10. De stroomrichting van de HF-radar ligt boven de ADCP. De wind heeft ook hier geen invloed. De verschillen moeten dus ook hier verklaard worden doordat de meetresultaten onder andere omstandigheden zijn gemeten en dat de twee locaties 61 meter van elkaar vandaan liggen. De conclusie is dat de methoden goed overeenkomen.

3.4.2 Vergelijkingsperiode 2-96-2

Deze vergelijkingsperiode heeft als data 31 juli 1996 en 29 september 1996. De getijcoëfficiënten liggen ruim boven de 1.20, wat betekent dat er sprake is van een sterk ontwikkeld springtij.

	ADCP	HF-radar
begin datum	31-07-96	29-09-96
tijd	15:30 - 4:00	4:10 - 16:40
waterstanden eb (cm)	289 : -257	287 : -252
waterstanden vloed (cm)	-257 : 303	-252 : 298
GC eb	1.22	1.21
GC vloed	1.26	1.23

Tabel 7: Gegevens vergelijkingsperiode 2-96-2

Uit Bijlage 11 blijkt dat de windinvloed bij de HF-radar aanzienlijk is. Desalniettemin komen de twee perioden goed overeen. De standaarddeviaties zijn 0.19 m/s voor de hoofdrichting en 0.17 m/s voor de dwarsrichting. De HF-radar ligt voor de stroomsnelheid meestal onder de ADCP. Voor de stroomrichting geldt dat HF-radar bij eb boven de ADCP ligt en bij vloed er precies op ligt. De verschillen zijn ook hier te wijten aan verschillende omstandigheden en verschillende locaties. Geconcludeerd kan worden dat de HF-radar metingen goed overeenkomen met de ADCP metingen.

3.4.3 Vergelijkingsperiode 2-96-3

Vergelijkingsperiode 2-96-3 vergelijkt de data 1 augustus 1996 voor de ADCP met 30 september 1996 voor de HF-radar. De getijcoëfficiënten van 1.19 en 1.16 duiden op een sterk ontwikkeld springtij.

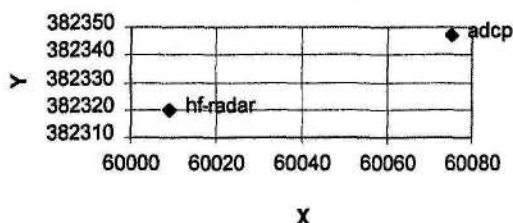
	ADCP	HF-radar
begin datum	01-08-96	30-09-96
tijd	4:00 - 16:20	17:00 - 5:30
waterstanden eb (cm)	303 : -226	301 : -228
waterstanden vloed (cm)	-226 : 292	-228 : 289
GC eb	1.19	1.19
GC vloed	1.16	1.16

Tabel 8: Gegevens vergelijkingsperiode 2-96-3

De standaarddeviaties zijn voor deze vergelijking 0.29 m/s voor de hoofdrichting en 0.21 m/s voor de dwarsrichting. Uit Bijlage 12 blijkt dat de stroomsnelheid bij de HF-radar metingen onder de ADCP ligt. Bij de stroomrichting is de waarde van de HF-radar iets te hoog ten opzichte van de ADCP. De wind heeft geen invloed. Ook hier moet gezegd worden dat de kleine afwijkingen toegeschreven moeten worden aan verschillende omstandigheden en verschillende locaties. De HF-radar metingen komen ook hier goed overeen met de ADCP metingen.

3.5 ADCP Periode 3-96

ADCP Periode 3-96 is gemeten van 9 augustus 1996 tot 11 september. Zie de kaart in Bijlage 1. Ook dit punt ligt op de Drempel van Hansweert. Het punt op het grid van de HF-radar wat hier het dichtste bij ligt is punt 384. Dit punt heeft coördinaat 60009, 382320. Het verschil tussen de beide punten is 71.31 meter. Het HF-radar punt ligt meer naar het zuidwesten. Zie onderstaand figuur:



Figuur 7: Overzicht vergeleken punten 3-96

Er is één vergelijking gemaakt. Dit is de vergelijking met de hoogste getijcoëfficiënt die gemaakt kon worden.

3.5.1 Vergelijkingsperiode 3-96-1

De data die worden vergeleken zijn 14 augustus 1996 voor de ADCP en 12 oktober 1996 voor de HF-radar. De getijcoëfficiënten liggen rond de 1.10.

	ADCP	HF-radar
begin datum	14-08-96	12-10-96
tijd	15:20 - 3:50	14:50 - 3:20
waterstanden eb (cm)	260 : -230	261 : -234
waterstanden vloed (cm)	-230 : 260	-234 : 258
GC eb	1.10	1.11
GC vloed	1.10	1.10

Tabel 9: Gegevens vergelijkingsperiode 3-96-1

Uit Bijlage 13 blijkt dat de stroomsnelheid van HF-radar hier veelal boven die van de ADCP ligt. Tijdens maximum vloed is het verschil 0.3 m/s. De stroomrichting ligt van de HF-radar ligt meer naar het zuiden dan van de ADCP. De standaarddeviaties voor de hoofd- en dwarsrichting zijn respectievelijk 0.20 m/s en 0.19 m/s.

Er is geen windinvloed. De opgetreden verschillen moeten dus gezocht worden in verschillende omstandigheden en in verschillende locaties. De metingen komen voor beide methoden goed overeen.

3.6 Conclusies vergelijk HF-radar met ADCP metingen van OCN

De gemiddelde afwijkingen en de standaarddeviaties zijn in onderstaande tabel samengevat:

Vergelijking	gem. verschil hoofdrichting	STD hoofdrichting	gem. verschil dwarsrichting	STD dwarsrichting	Getij coëfficiënt
3-95-1	0,06	0,42	0,02	0,40	1.07 / 1.08
3-95-2	-0,06	0,33	0,00	0,50	1.18 / 1.12
1-96-1	0,07	0,30	0,00	0,19	1.08 / 1.09
2-96-1	0,00	0,19	0,02	0,17	1.09 / 1.07
2-96-2	0,01	0,19	-0,09	0,17	1.22 / 1.25
2-96-3	0,09	0,29	0,03	0,21	1.19 / 1.16
3-96-1	-0,11	0,20	-0,01	0,19	1.11 / 1.10

Tabel 10 : Overzicht van de gemiddelde verschillen en standaardafwijkingen van de vergelijkingen met ADCP metingen van OCN

Uit tabel 10 blijkt dat de vergelijking 3-95-1 en 3-95-2 het slechtst zijn. De overige vergelijkingen zijn over het algemeen genomen goed. Er kan geen systematisch patroon in de afwijkingen ontdekt worden.

4. De vergelijking van HF-radar gegevens met ADCP gegevens van de Meetdienst Zeeland

De Meetdienst Zeeland heeft ook ADCP metingen uitgevoerd rond Hansweert. De ADCP ligt bij deze metingen niet op de bodem, maar hangt onder een schip dat in een raai op en neer vaart. Een raai is een denkbeeldige rechte lijn min of meer dwars op een geul. In de Westerschelde zijn een aantal raaien gedefinieerd in welke regelmatig metingen worden uitgevoerd, geen van deze raaien liggen binnen het gebied dat de HF-radar heeft gemeten. Voor het drempelonderzoek [10] zijn een aantal extra ADCP metingen uitgevoerd. Hiervan liggen binnen het gebied van de HF-radar vier raaien: Raai A tot en met D (zie Bijlage 2). In dit rapport wordt alleen gekeken naar Raai B en C. Van deze raaien wordt de meting gebruikt van 17 april 1996, welke tijdens een springtij is gemeten.

Er is gekozen om Raai B en Raai C te vergelijken onder springtij. Dit zal gedaan worden door zo goed mogelijk punten van het HF-radar grid te kiezen die zo dicht mogelijk bij de raai liggen. Opgemerkt moet worden dat niet alle ADCP metingen zijn verwerkt en dat er dus gegevens ontbreken.

Er is geen geschikt getij gevonden om een eb en een vloed achter elkaar te kunnen vergelijken, zoals in hoofdstuk 3. Er komt één vloed ongeveer overeen, dat is de periode 28 september 1996, 22:20 uur tot 29 september 1996, 4:10. De details staan in tabel 11:

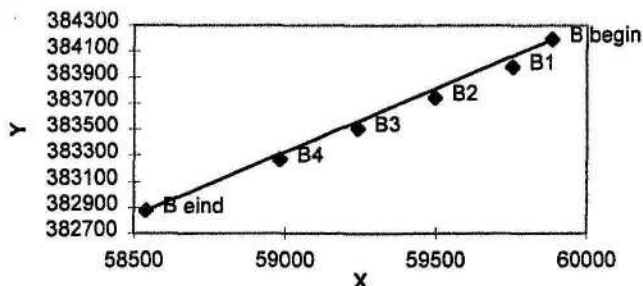
	ADCP	HF-radar
Van datum + tijd (laagwater)	17 apr. 96, 5:58	28 sept. 96, 22.20
Tot datum + tijd (hoogwater)	17 apr. 96, 18:40	29 sept. 96, 4.10
Min waterstand	-259 cm	-255 cm
Max waterstand	284 cm	287 cm
Getijcoëfficiënt	1.217	1.215
Gem. windsnelheid	5.2 m/s	9.0 m/s
Gem. windrichting	204 graden	204 graden

Tabel 11: Overzicht gegevens vergelijking Raai B en C met HF-radar

In paragraaf 4.1 wordt de vergelijking gemaakt voor Raai B en in paragraaf 4.2 voor Raai C.

4.1 Raai B, springtij

Raai B loopt van coördinaat 59883, 384191 (B begin) tot coördinaat 58540, 382877 (B eind). De raai is 1879 meter lang. De raai wordt als volgt vergeleken: Vier punten op het HF-radar grid die vlak bij de raai liggen zullen worden vergeleken met de uitkomsten van de ADCP. De punten zullen worden aangeduid als B1, B2, B3 en B4. Zie onderstaand figuur voor een overzicht van de ligging van de raai en de punten.



Figuur 8: Overzicht vergeleken punten Raai B

De coördinaten van de punten B1 t/m B4 op het HF-radar grid zijn:

punt	HF-radar coördinaat	HF-radar punt
B1	59752, 383980	328
B2	59495, 383743	307
B3	59239, 383505	285
B4	58982, 383268	263

Tabel 12: Coördinaten van de HF-radar punten

Het westelijk deel van de raai (op de Plaat van Ossensisse) is niet meegenomen in de vergelijking omdat daar geen ADCP metingen zijn uitgevoerd tijdens laagwater.

4.1.1 Punt B1

Punt B1 ligt ongeveer 58 meter van de raai af. In Bijlage 14 staan de resultaten van deze vergelijking. De stroomsnelheid die de HF-radar heeft gemeten tijdens maximale vloed ligt hoger dan de ADCP. De stroomrichting volgens de HF-radar is iets meer naar het oosten gericht dan de ADCP. De standaarddeviaties van de hoofd- en dwarsstroming zijn respectievelijk 0.25 m/s en 0.20 m/s.

4.1.2 Punt B2

Punt B2 ligt ongeveer 48 meter van de raai af. Zie Bijlage 15 voor de uitkomsten van de vergelijking. Voor de stroomsnelheden van punt B2 geldt hetzelfde als punt B1, ook hier liggen de stroomsnelheden van de HF-radar bij maximale vloedstroom hoger dan bij de ADCP. De stroomrichting van de HF-radar komt goed overeen. De standaarddeviatie voor de hoofdrichting is 0.31 m/s en voor de dwarsrichting 0.18 m/s.

4.1.3 Punt B3

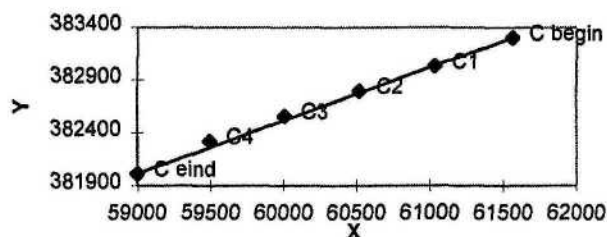
Punt B3 ligt ongeveer 39 meter van de raai af. De uitkomsten staan in Bijlage 16. De stroomsnelheden van de HF-radar komen opnieuw niet overeen met de ADCP metingen. De stroomrichting van de HF-radar is meer naar het oosten gericht. Doordat de stroomsnelheden bij maximale vloedstroom niet kloppen is de standaarddeviatie voor de hoofdrichting 0.48 m/s. De standaarddeviatie van de dwarsrichting is wel goed, deze is 0.18 m/s.

4.1.4 Punt B4

Punt B4 ligt ongeveer 29 meter van de raai af. In Bijlage 17 staan de resultaten van de vergelijking. Ook voor dit punt geldt dat de stroomsnelheden van de HF-radar fors boven de ADCP liggen bij maximale vloedstroom. De stroomrichting van de HF-radar ligt iets meer naar het zuiden dan de ADCP. Opgemerkt moet worden dat de stroomrichting van de ADCP laat kentert van vloed naar eb. Hierdoor zijn de standaarddeviaties van de hoofd- en dwarsrichting 0.67 m/s en 0.35 m/s.

4.2 Raai C, springtij

Raai C loopt van coördinaat 61561, 383299 (C begin) tot coördinaat 59001, 382014 (C eind). Zie Bijlage 2 voor een overzichtskaart. De raai is 2864 meter lang. De raai wordt vergeleken door middel van vier punten op het HF-radar grid, C1, C2, C3 en C4. Zie onderstaand figuur voor een overzicht van de raai en de punten.



Figuur 9: Overzicht vergeleken punten Raai C

De coördinaten van de punten C1 t/m C4 zijn:

punt	HF-radar coördinaat	HF-radar punt
C1	61036, 383031	401
C2	60523, 382795	375
C3	60009, 382558	341
C4	59495, 382320	301

Tabel 13 : Coördinaten van de HF-radar punten

4.2.1 Punt C1

Het verschil tussen de raai en het punt op het HF-radar grid is ongeveer 7 meter. Zie Bijlage 18 voor de uitkomsten van deze vergelijking. Zoals te zien is in de bijlagen komen de snelheden goed overeen, behalve bij maximale vloedstroom. De stroomrichtingen zijn bij het HF-radar punt iets meer naar het zuiden gericht. De standaarddeviaties zijn voor de hoofdrichting 0.24 en voor de dwarsrichting 0.09.

4.2.2 Punt C2

Het verschil tussen de raai en het punt op het HF-radar grid is ongeveer 15 meter. De grafieken met de uitkomsten staan in Bijlage 19. Te zien is dat de snelheden goed overeenkomen. Ook de stroomrichting klopt vrij goed, de stroomrichting van het HF-radar punt is iets meer naar het zuiden toe gericht. De standaarddeviaties zijn voor de hoofd- en dwarsrichting respectievelijk 0.14 m/s en 0.22 m/s.

4.2.3 Punt C3

Het verschil tussen de raai en het punt op het HF-radar grid is ongeveer 33 meter. In Bijlage 20 zijn de uitkomsten te vinden voor deze vergelijking. Te zien is dat de snelheden niet goed overeenkomen. De stroomrichting klopt goed. Ook is hier de stroomrichting van het HF-radar punt iets meer naar het zuiden gericht. De standaarddeviaties zijn 0.35 m/s voor de hoofdrichting en 0.22 m/s voor de dwarsrichting.

4.2.4 Punt C4

Het verschil tussen de raai en het punt op het HF-radar grid is ongeveer 50 meter. Zie Bijlage 21 voor de uitkomsten. De snelheden komen vrij goed overeen, evenals de stroomrichting. De standaarddeviaties zijn 0.25 voor de hoofdrichting en 0.12 voor de dwarsrichting.

4.3 Conclusie vergelijk HF-radar met ADCP metingen van de Meetdienst Zeeland

De gemiddelde verschillen en standaarddeviaties zijn in onderstaande tabel samengevat:

Vergelijking	gem. verschil	STD	gem. verschil	STD
	hoofdrichting	hoofdrichting	dwarsrichting	dwarsrichting
ADCP B1	0.01	0.25	-0.36	0.20
ADCP B2	-0.05	0.31	-0.13	0.18
ADCP B3	-0.09	0.48	-0.31	0.13
ADCP B4	0.08	0.67	0.04	0.35
ADCP C1	-0.03	0.24	0.12	0.09
ADCP C2	0.08	0.14	0.11	0.22
ADCP C3	0.04	0.35	0.10	0.22
ADCP C4	-0.01	0.18	0.22	0.11

Tabel 14 : Overzicht van de gemiddelde verschillen en standaardafwijkingen van de vergelijkingen met ADCP metingen van de Meetdienst Zeeland

De HF-radar geeft over alle punten een te hoge stroomsnelheid aan bij maximale vloedstrooming. Dit kan mogelijk verklaard worden doordat de ADCP niet de oppervlaktestroming meet.

De stroomrichtingen komen vrij goed overeen, alhoewel er soms een kleine afwijking naar het zuiden in zit. De standaarddeviaties van de hoofdrichtingen van Raai B lopen op van de buitenbocht (B1) naar de binnenbocht (B4). Een duidelijke verklaring hiervoor is (nog) niet te geven. De afwijkingen in Raai C zijn kleiner dan in Raai B.

Een duidelijker beeld van de afwijkingen kan verkregen worden door de periode ook nog eens door te laten rekenen met het 3D model SCALWEST. Dit wordt in het volgende hoofdstuk behandeld.

5. De vergelijking van HF-radar gegevens met het SCALWEST model

Het model heeft uitvoer gegenereerd voor de tijdreeks 28 september 1996 15:10 tot en met 29 september 1996 4:30. Het model heeft gerekend met acht lagen in de diepte. Als vergelijk met de HF-radar stroomvectoren is de bovenste laag genomen.

De vloed die wordt vergeleken is dezelfde als uit Hoofdstuk 4. Daarom worden ook dezelfde punten vergeleken die ook vergeleken werden bij Raai B en C (de punten B1 t/m B4 en C1 t/m C4). Ook zal een ruimtelijk stroombeeld worden vergeleken voor de volgende vier perioden in een getij:

1. Kentering van vloed naar eb
2. Maximum ebstroom
3. Kentering van eb naar vloed
4. Maximum vloedstroom

Het model schrijft om de 10 minuten stroomgegevens weg van de punten B1 t/m C4 en het schrijft om de 20 minuten gegevens weg van het gehele gebied.

Zie onderstaande tabel voor een overzicht van de omstandigheden:

Van tijd	28 september 1996 15:10
Tot tijd	29 september 1996 4:30
Hoogwater (28 sept. 15:25)	301 cm +NAP
Laagwater (28 sept. 22:20)	-255 cm +NAP
Hoogwater (29 sept. 4:10)	287 cm +NAP
GC Eb (15:25 - 22:20)	1.247
GC Vloed (22:20 - 4:10)	1.215

Tabel 15 : Overzicht van de omstandigheden

De vergelijking met de punten B1 t/m B4 staat in paragraaf 5.1 en C1 t/m C4 staat in paragraaf 5.2 en de ruimtelijke vergelijking staat in paragraaf 5.3.

5.1 De vergelijking van SCALWEST met de HF-radar punten op Raai B

De grafieken van de punten staan in bijlage 22. De vergeleken punten zijn in onderstaande tabel samengevat.

punt	HF-radar coördinaat	SCALWEST gridpunt	SCALWEST coördinaat	Vershil
B1	59752, 383980	33, 128	59814, 384014	70.93 m
B2	59495, 383743	35, 128	59653, 383679	154.40 m
B3	59239, 383505	37, 127	59188, 383503	50.69 m
B4	58982, 383268	39, 127	59073, 383221	102.38 m

Tabel 16 : Locaties van de vergeleken punten in Raai B

5.1.1 Punt B1

Het punt op het SCALWEST grid ligt er 71 m vandaan. Het punt (punt 33, 128) ligt meer naar het noordoosten, dicht tegen de oever aan. Uit bijlage 22 blijkt dat de snelheden tussen HF-radar en SCALWEST fors verschillen. Het model geeft een veel lagere stroomsnelheid aan. Bij vloed is het verschil maximaal 1.75 m/s. De grote verschillen kunnen verklaard worden doordat het punt op het rooster van het SCALWEST model ten oosten van een strekdam ligt. Vooral de vloedstroming op het punt zal zo invloed ondervinden van deze dam. De vloedstroming zal dan ook kleiner zijn. Het punt op het HF-radar grid ligt net buiten de invloed van deze dam, doordat het net iets verder in de geul ligt. De stroomrichtingen kloppen wel goed. De standaarddeviaties zijn 0.68 m/s voor de hoofdrichting en 0.13 m/s voor de dwarsrichting.

5.1.2 Punt B2

Het verschil tussen de twee punten is 154 m. Het punt op het SCALWEST grid (punt 35, 128) ligt meer naar het zuidoosten. De stroomsnelheid van dit punt klopt goed. De stroomrichting klopt ook goed. De standaarddeviaties zijn 0.18 m/s voor de hoofdrichting en 0.29 m/s voor de dwarsrichting.

5.1.3 Punt B3

De afstand tussen de twee vergeleken punten zijn 51 m. Het punt ligt op het SCALWEST grid ligt meer naar het westen. De stroomsnelheid klopt goed, behalve een uitschieter van de HF-radar. De stroomrichting klopt goed. De standaarddeviaties zijn 0.16 m/s voor de hoofdrichting en 0.21 m/s voor de dwarsrichting.

5.1.4 Punt B4

De twee punten die vergeleken worden verschillen 102 m. Het punt op het SCALWEST grid ligt meer naar het zuidoosten. De stroomsnelheid klopt goed, er zitten wel verschillen in het begin van de eb en tijdens vloed. De stroomrichtingen kloppen goed, behalve tijdens kentering van vloed naar eb. De standaarddeviaties van de hoofd- en dwarsrichtingen zijn door deze afwijkingen respectievelijk 0.39 m/s en 0.28 m/s.

5.2 De vergelijking van SCALWEST met de HF-radar punten op Raai C

De grafieken van de vergelijkingen staan in bijlage 23. In onderstaande tabel staan de vergeleken punten samengevat:

punt	HF-radar coördinaat	SCALWEST gridpunt	SCALWEST coördinaat	Vershil
C1	61036, 383031	33, 134	61097, 382913	132.84 m
C2	60523, 382795	36, 133	60562, 382743	64.51 m
C3	60009, 382558	39, 132	60116, 382533	109.65 m
C4	59495, 382320	43, 130	59407, 382268	102.10 m

Tabel 17 : Vergeleken punten Raai C

5.2.1 Punt C1

De twee vergeleken punten verschillen 133 m. Het punt op het SCALWEST grid ligt meer naar het zuidoosten. Te zien is dat in de snelheden een groot verschil zit van maximaal 0.5 m/s. De stroomrichtingen kloppen wel goed. De standaarddeviaties zijn voor de hoofdrichting 0.23 m/s en voor de dwarsrichting 0.22 m/s. De verschillen moeten toegeschreven worden aan verschillende locaties. Het punt op het SCALWEST rooster ligt meer naar de oever en daardoor wordt de stroomsnelheid kleiner.

5.2.2 Punt C2

Het verschil tussen beide punten is 65 m. Het punt op het SCALWEST grid ligt meer naar het zuidoosten. In de bijlage is te zien dat de snelheden goed overeenkomen, op een uitschieter van de HF-radar na. De stroomrichtingen kloppen ook goed, op een enkele uitschieter van de HF-radar na. De standaarddeviatie van de hoofdrichting is hier 0.15 m/s en van de dwarsrichting 0.18 m/s

5.2.3 Punt C3

Het verschil tussen beide punten is 110 m. Het punt op het SCALWEST grid ligt meer naar het zuidoosten. De snelheden komen goed overeen, eveneens de stroomrichtingen. De standaarddeviaties zijn 0.20 m/s voor de hoofdrichting en 0.25 m/s voor de dwarsrichting.

5.2.4 Punt C4

De vergeleken punten verschillen 62 m. Het punt op het SCALWEST grid ligt meer naar het zuidwesten. Te zien is in de bijlage dat de snelheden niet geheel overeenstemmen. Vooral het eerste gedeelte van de eb en het tweede gedeelte van de vloed kloppen niet goed. Tijdens maximum vloed geeft de HF-radar 0.4 m/s meer aan. De stroomrichtingen kloppen wel goed. De standaarddeviaties zijn 0.40 m/s voor de hoofdrichting en 0.16 m/s voor de dwarsrichting.

5.3 De ruimtelijke vergelijking met het HF-radar grid.

In bijlage 24 zijn de volgende vier situaties te zien:

1. Kentering van vloed naar eb, 28 september 1996, 16:00
2. Maximum ebstroom, 28 september 1996, 19:40
3. Kentering van eb naar vloed, 28 september 1996, 22:40
4. Maximum vloedstroom, 29 september 1996, 3:00

De situaties zullen in de volgende paragrafen behandeld worden.

5.3.1 Kentering van vloed naar eb

Omdat het bij deze kentering hoogwater is kunnen ook stroomvectoren op de Plaat van Ossensisse gemeten worden met de HF-radar.

In de bijlage is te zien dat voor beide methoden geldt dat er in de hoofdgeul nog een vloedstroom en in de nevengeul en op de Plaat van Ossensisse een ebstroom aanwezig is. In de HF-radar gegevens is een neer te zien. Deze neer is in de modelresultaten minder goed te zien. De maximale snelheden komen bij SCALWEST onder andere voor ten noordoosten van de Plaat van Ossensisse in de hoofdgeul. De snelheden bedragen hier 0.73 tot 0.97 m/s. HF-radar geeft deze snelheden ook in hetzelfde gebied. Richting de drempel nemen de snelheden af voor het model tot 0.5 - 0.73 m/s. De snelheden die de HF-radar aangeeft kloppen opnieuw vrij goed, op een enkele uitzondering na. Richting de Schaar van Waarde nemen de snelheden voor beide methoden af naar 0.25-0.48 m/s.

Op de Plaat van Ossensisse zijn al hoge ebsnelheden voor het model te zien van 0.73 - 0.97 m/s (Op het noordoosten van de plaat). Deze snelheden zijn bij de HF-radar minder goed te zien, maar enkele vectoren zitten daar ook in dat bereik. Op het zuidoosten van de plaat geeft de HF-radar ook hoge snelheden aan van soms boven de 0.9 m/s. Dit gebied is niet terug te vinden bij het model. Een mogelijke oorzaak kan de neer zijn die zich in het model niet zo mooi ontwikkeld heeft.

Geconcludeerd kan worden dat de snelheden vrij goed overeenkomen, alhoewel het ruimtelijk beeld rond de neer niet helemaal overeenkomt.

5.3.2 Maximum ebstroom

In bijlage 24 is te zien dat het algemene stroombeeld vrij goed overeenkomt voor het geldigheidsgebied van de HF-radar. Gezegd moet worden dat de waarden voor de HF-radar horen bij de vector erboven en niet de vector waar ze bijstaan.

De maximale stroomsnelheden van het SCALWEST model komen voor in de bocht, ten noordoosten van de Plaat van Ossensisse. De stroomsnelheden zitten tussen de 1.70 en de 1.95 m/s. De HF-radar geeft snelheden aan van maximaal 1.84 m/s in hetzelfde gebied. Op de Drempel van Hansweert zijn de snelheden afgenomen naar rond de 1.5 m/s. Verder naar het zuiden, richting het Zuidergat, nemen de snelheden verder af naar 1.3 m/s. Dit geldt voor beide methoden. De snelheden richting de Schaar van Waarde komen ook goed overeen. De snelheden van beide methoden zijn daar zo'n 1 m/s.

In de schaar van Ossensisse zijn de gemeten stroomvectoren veel hoger dan het model, de HF-radar meet snelheden van 0.75 m/s terwijl het model maximaal snelheden van 0.24 m/s geeft.

Ook te zien is dat op de drooggevallen plaat van Ossensisse wel stroomvectoren berekend worden, maar dat deze fout zijn. Ten westen van deze plaat kloppen de stroomvectoren meestal niet door schaduwwerking van de plaat. In het noordwesten van het meetgebied van de HF-radar kloppen een groot deel van de stroomvectoren toch nog redelijk goed, terwijl deze buiten het geldigheidsgebied liggen.

Geconcludeerd kan worden dat de snelheden ruimtelijk goed overeen komen, behalve in de Schaar van Ossensisse.

5.3.3 Kentering van eb naar vloed

De kentering van eb naar vloed is rond laagwater. In de bijlage is goed te zien dat de HF-radar niet over de Plaat van Ossensisse kan meten door schaduwwerking en demping van het signaal van de plaat. De HF-radar ontvangt wel signalen van de plaat zelf, terwijl deze droog staat. Gezegd moet worden dat de waarden voor de HF-radar horen bij de vector erboven en niet de vector waar ze bijstaan.

Te zien is dat er nog een ebstroom staat in de hoofdgeul (ten noordoosten van de Plaat van Ossensisse). Deze stroming wordt naar buiten verdrongen door de aankomende ebstroom. Dit is te zien voor beide

methoden. De maximale snelheden treden op richting het Zuidergat, waar beide methoden nog snelheden aangeven van rond de 1 m/s. Over de drempel daalt de stroomsnelheid voor SCALWEST naar rond de 0.97 - 0.73 m/s voor een smalle strook. De HF-radar geeft ongeveer dezelfde snelheden aan voor deze strook. Meer naar de randen van de drempel zijn de snelheden lager, de range loopt hier van 0.49 - 0.73 m/s. SCALWEST en HF-radar resultaten wijken hier weinig van elkaar af. Aan de randen zijn de snelheden nog lager. Dit klopt ook voor beide methoden. In de Schaar van Ossensisse geeft het model snelheden aan van maximaal 0.24 m/s. De HF-radar geeft hier hogere snelheden aan van boven de 0.6 m/s.

Geconcludeerd kan worden dat de beide methoden goed overeenkomen voor deze periode, behalve voor de Schaar van Ossensisse.

5.3.4 Maximum vloedstroom

Uit de bijlage blijkt dat het stroombeeld binnen het geldigheidsgebied op het eerste gezicht goed overeenkomt. De plek waar de maximale vloedstroming optreedt is in het midden van de geul. Het houdt deze stroomsnelheid aan tot de Drempel van Hansweert. Dit is te zien voor beide methoden. De maximale stroming varieert van 2.2 tot 2.4 m/s voor het model. HF-radar laat hetzelfde beeld zien. Op de Drempel van Hansweert en richting de Schaar van Waarde is te zien dat de stroomsnelheid afneemt tot 1.75 - 1.95 m/s voor SCALWEST. De metingen van HF-radar op die plek laten zien dat de stroomsnelheden langer hun stroomsnelheid behouden (+/- 2 m/s). Na de Drempel van Hansweert, richting het Zuidergat, is te zien dat de stroomsnelheid verder afneemt voor SCALWEST tot 1.47 - 1.71 m/s. De HF-radar metingen geven ook hier hogere snelheden aan van soms nog boven de 2 m/s. In de Schaar van Ossensisse zijn de stroomsnelheden voor HF-radar veel groter dan voor SCALWEST. Het model laat snelheden zien tot 0.73 m/s, terwijl HF-radar snelheden van ruim boven de 1.5 m/s laat zien.

Ten westen van de plaat van Ossensisse blijkt dat de stroomvectoren goed overeenkomen. Ten noorden van de plaat van Ossensisse zijn een aantal uitschieters. Op de plaat zelf kloppen de stroomvectoren vrij aardig, omdat de plaat grotendeels onder water ligt.

Geconcludeerd kan worden dat het ruimtelijk beeld voor stroomrichtingen goed overeenkomt, maar de HF-radar metingen geven hogere snelheden aan.

5.4 Conclusie vergelijkingen punten B1 t/m C4 en de ruimtelijke vergelijking.

In tabel 18 staan de verschillen met de standaarddeviaties samengevat voor de punten B1 t/m C4.

Vergelijking	gemiddeld verschil hoofdrichting	standaarddeviatie hoofdrichting	gemiddeld verschil dwarsrichting	standaarddeviatie dwarsrichting
SW B1	-0,23	0,68	-0,10	0,13
SW B2	-0,02	0,16	-0,02	0,27
SW B3	-0,03	0,16	-0,06	0,21
SW B4	0,06	0,39	0,11	0,28
SW C1	-0,07	0,23	-0,07	0,22
SW C2	-0,03	0,15	-0,09	0,18
SW C3	0,01	0,20	-0,05	0,25
SW C4	0,02	0,40	-0,04	0,16

Tabel 18 : Overzicht van de gemiddelde verschillen en standaardafwijkingen van de vergelijkingen met SCALWEST modelresultaten

Over de vergelijking van Raai B en C kan gezegd worden dat de stroomrichtingen meestal vrij aardig overeenstemmen voor beide methoden. In de snelheden zitten aan de uiteinden van de raaien afwijkingen (de HF-radar geeft hogere snelheden aan), maar in het midden van de geul kloppen de snelheden goed. De afwijkingen kunnen vaak toegeschreven worden aan randeffecten van het model. De ruimtelijke vergelijking laat zien dat het stroombeeld vrij goed overeenkomt. Rond kentering van vloed naar eb zijn er kleine verschillen in het stroombeeld. De snelheid van de vloedstroom is hoger op bepaalde delen. Dit komt ook terug in de vergelijking met Raai C waar de snelheden van de vloedstroom soms hoger zijn.

Geconcludeerd kan worden dat de vergelijking van HF-radar met het 3D model goede resultaten laat zien. Er zitten weliswaar afwijkingen in sommige vergelijkingen en stroombeelden, maar over het algemeen genomen komen de beide methoden goed overeen.

6. Uitval van HF-radar

In dit hoofdstuk zal worden gekeken naar de uitval van de HF-radar. Met uitval wordt hier bedoeld dat er geen snelheden gemeten zijn (in de file staat dan een -1) of dat de snelheden groter dan 3 m/s zijn (de uitschieters). In werkelijkheid ligt het percentage nog hoger omdat uitschieters binnen de range van 0 en 3 m/s niet ontdekt worden door het programma, dat hiervoor gebruikt is. Duidelijk gezegd moet worden dat het hier niet op de kwaliteit van de data gaat (kwalitatief), maar puur om de vraag waar en wanneer er uitval is geweest (kwantitatief).

Er zal op twee manieren gekeken worden naar de uitval:

1. Per punt op het grid het percentage uitval van de gehele meetperiode.
2. In de tijd het totale aantal punten dat uitval geeft.

Deze twee manieren worden in onderstaande paragrafen behandeld.

6.1 Per punt de totale uitval

In Bijlage 25 staat het resultaat van het percentage uitval. Het is gepresenteerd als een kaart met het HF-radar grid. Duidelijk te zien is dat op de drempel (daar waar de zendantenne van de master en de slave op gericht staan) het minst uitval optreed (rond de 5 %). Verder van de drempel vandaan wordt het percentage uitval steeds groter. Op de linkerrand van het grid loopt het percentage op tegen de 50 %. Gezegd is al dat het werkelijk aantal uitschieters hoger ligt omdat niet alle uitschieters ontdekt worden. Een schatting hiervan is niet gemakkelijk te geven, maar het moet om enkele procenten gaan. Ook is de invloed van beide stations te zien. De isolijnen maken in de richting waarin de beide antennes zenden een soort lob.

6.2 Per tijd de totale uitval

In Bijlage 26 staat in het bovenste gedeelte de uitval over de meetperiode. In het onderste gedeelte van de bijlage staat een klein gedeelte van de periode uitgezet. Heel erg duidelijk te zien is dat de uitval fluctueert met de waterstand. Hierom zijn de waterstanden uit de periode ook in de bijlage gezet. Nu blijkt dat bij een lage waterstand de uitval groot is (ongeveer 50 %) en bij een hoge waterstand de uitval laag is (ongeveer 7 %). Dit is precies wat verwacht werd omdat bij laagwater er gedeelten droog vallen en dus niet gemeten kunnen worden. De Plaat van Ossensisse zorgt bovendien voor schaduwwerking tijdens laagwater waardoor de punten daarachter niet gemeten kunnen worden. Ook dempt het radarsignaal sterker boven land dan boven water. Ook te zien is in de grafiek dat er een periode is waarin niets gemeten is. Waarschijnlijk is dit de factor waardoor er midden op de drempel een uitval is van 5 %. Gezegd moet worden dat er soms een aantal stroomvectoren, zelfs midden op de drempel, niet kloppen. Gedacht wordt aan reflectie op schepen, maar dat is niet goed te bewijzen.

6.3 Conclusie:

De HF-radar metingen tijdens de pilot Hansweert heeft veel uitval gehad. De uitval vertoont een duidelijke correlatie met de afstand tot de stations en de waterstand. Ook kloppen soms vectoren niet, zelfs midden in het geldigheidsgebied. Reflectie op schepen zou een mogelijkheid kunnen zijn. Als men in gebieden met droogvallende platen HF-radar metingen wil uitvoeren dan is het gebied wat bestreken kan worden aanzienlijk kleiner dan voor een open zee.

7. Conclusie en aanbevelingen

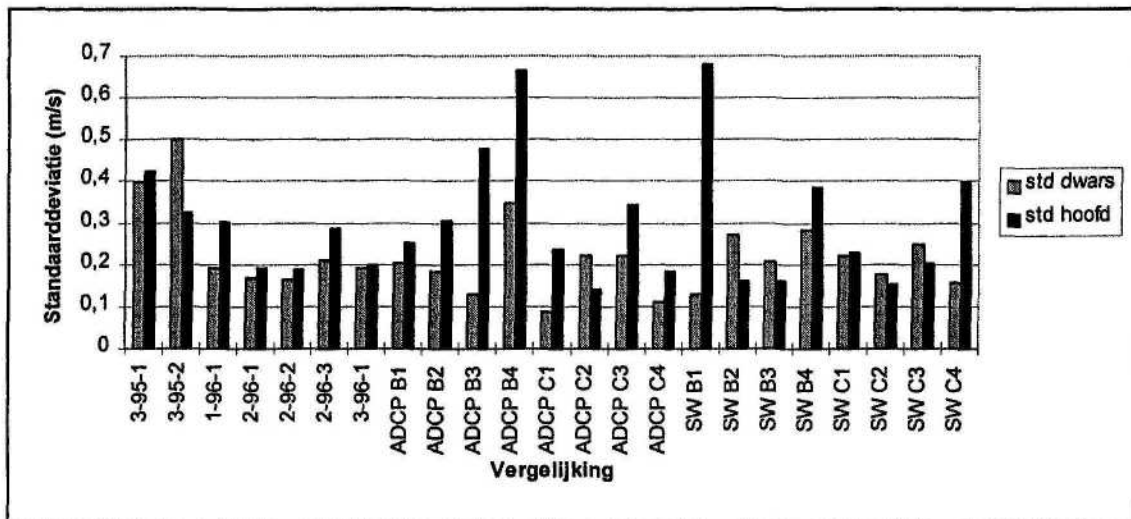
HF-radar is een goede methode om oppervlaktesnelheden te bepalen binnen het geldigheidsgebied. De verschillende uitgevoerde vergelijkingen laten zien dat HF-radar vrij nauwkeurig het stroombeeld kan bepalen.

Uit de vergelijking met ADCP metingen van OCN blijkt dat HF-radar op de punten 4, 5 en 6 onder verschillende omstandigheden goede resultaten levert. Op punt 3 zijn er verschillen geconstateerd.

De vergelijking met ADCP op Raai B en C laten verschillen zien, HF-radar geeft vooral tijdens maximale vloedstroom hogere snelheden zien.

Uit de vergelijking van HF-radar met SCALWEST blijkt dat de resultaten vrij goed overeenkomen voor de punten in Raai B en C, alleen op de randen van de raai zijn afwijkingen geconstateerd. Dit kan meestal verklaard worden doordat het model aan de randen afwijkingen laat zien. Het ruimtelijk beeld tijdens maximale ebstroom en rond kentering komt voor beide methoden vrij goed overeen. Tijdens maximale vloedstroom zijn de snelheden van HF-radar hoger op en ten zuiden van de Drempel van Hansweert, maar gezegd kan worden dat het algemene stroombeeld goed overeenkomt.

In onderstaande tabel zijn de gemiddelde verschillen met hun standaarddeviaties samengevat voor alle vergelijkingen. Zie voor een tabel met de standaardafwijkingen bijlage 27.



Figuur 10 : Overzicht van de standaarddeviaties

Hier wordt gesteld dat een vergelijking goed is als de hoofd- en dwarsrichting een standaarddeviatie kleiner dan of gelijk aan 0.25 m/s hebben. Uit de figuur blijkt dat de standaarddeviaties vrij redelijk zijn.

Er zijn geen systematische fouten ontdekt voor de HF-radar, alhoewel de stroomsnelheden van HF-radar vaak hoger zijn dan de ADCP of het model. Dit kan verklaard worden doordat de ADCP en het model niet helemaal de oppervlaktestroming weergeven. De stroomsnelheden vallen dan meestal lager uit dan voor oppervlaktestroming.

Andere afwijkingen kunnen waarschijnlijk toegeschreven worden aan verschillende locaties of net iets andere omstandigheden.

Resumerend kan voor de kwaliteit van de gegevens van het gebied het volgende gezegd worden (Zie bijlage 28).

Het geldigheidsgebied is vrij betrouwbaar. Ten zuiden en ten noorden van het geldigheidsgebied zijn de stroomvectoren redelijk betrouwbaar. Op de Plaat van Ossensisse lijken de stroomvectoren tijdens hoogwater redelijk betrouwbaar. Achter de Plaat van Ossensisse (in de Overloop van Hansweert) zijn de stroomvectoren tijdens hoogwater iets minder betrouwbaar. Nog verder van de stations af zijn de

metingen weinig betrouwbaar. Ook zijn er vectoren op het land gemeten, deze zijn natuurlijk niet betrouwbaar.

Uit hoofdstuk 7 blijkt dat HF-radar nogal eens uitval geeft. Dit komt omdat binnen de Westerschelde er veel platen droogvallen tijdens laagwater, zo kunnen door de schaduwwerking en demping van het signaal van de platen veel gebieden achter deze platen niet gemeten worden. Het gebied wat bestreken kan worden is dan ook beperkt. Voor een open zee moet het systeem een veel groter oppervlak kunnen meten.

Gezegd kan worden dat HF-radar metingen goed gebruikt kunnen worden voor het weergeven van een stromingspatroon in een gebied, maar dat goed gekeken moet worden naar uitschieters die mogelijk veroorzaakt worden door mogelijke reflectie op schepen en naar het bereik. De dataset van Hansweert is bruikbaar voor verdere studie zoals het verder afregelen van modellen van de Westerschelde.

De volgende aanbevelingen kunnen voor de toekomst gedaan worden:

- Vergelijk HF-radar stroomgegevens met ADCP tegelijkertijd. Dan komen eventuele werkelijke verschillen aan het licht, nu kunnen veel verschillen verklaard worden doordat ze onder verschillende omstandigheden gemeten zijn. Vergelijk dan ook het model dat de stroomvectoren in de diepte berekend. Dit kan bijvoorbeeld goed met de nieuwe meetpaal in de Maasmond.
- Als HF-radar metingen serieus gebruikt worden bijvoorbeeld voor het real-time presenteren of voor onderzoek, bekijk dan de vectoren altijd kritisch.
- Als er een nieuw gebied onderzocht wordt met HF-radar dan moet goed gekeken worden naar het interessegebied in verband met uitval, vooral in gebieden met droogvallende platen.

8. Evaluatie stage

In dit hoofdstuk wordt een evaluatie gegeven van de stage. Eerst wordt de opdracht geëvalueerd, vervolgens wordt er een beschrijving van het RIKZ gegeven en tenslotte wordt de begeleiding besproken.

8.1 Evaluatie Opdracht

De opdracht hield in om een oordeel te geven omtrent de betrouwbaarheid van HF-radar. Ik vond het niet een typische opdracht voor een student Civiele Techniek en Management. De opdracht heeft wel zijdelings te maken met het vakgebied, maar volgens mij is niet het niet de taak van een CT&M-er om een oordeel te vellen over een meetinstrument. Dat neemt niet weg dat ik dik tevreden ben met het eindresultaat.

Ik had niet veel extra kennis nodig voor het uitvoeren van de opdracht. Ik had volstaan kunnen hebben met tweedejaars vakken, alhoewel ik nu wel veel ervaring heb gekregen met het schrijven van rapporten.

Wat wel heel handig is geweest is het zelf programmeren. Dit heeft mij veel tijd en moeite gescheeld. Nu kan ik zelf aardig programmeren, maar een andere CT&M-er kon dit misschien niet.

8.1.1 Algemene problemen

Er zijn niet gelijktijdig ADCP metingen en HF-radar metingen uitgevoerd. Dit zou in het verleden wel, maar omdat het HF-radar project een vertraging heeft opgelopen van ongeveer een jaar zijn deze metingen niet gelijktijdig uitgevoerd. Dit heeft de analyse aanzienlijk bemoeilijkt. Veel verschillen kunnen nu verklaard worden omdat ze onder iets andere omstandigheden gemeten zijn.

8.1.2 Problemen voor wat betreft de gebruikte files van de meetgegevens:

Veel tijd is opgegaan met het beschikbaar maken van de meetgegevens. Hiermee wordt bedoeld dat de files met gegevens onoverzichtelijk waren, niet direct toepasbaar om te vergelijken of te groot om ingelezen te worden in een spreadsheet. Vaak moest een zelfgeschreven programma uitkomst bieden. Ook ontbraken er veelal waterstandsgegevens. Windgegevens zijn in geen van de files meegenomen. De waterstand- en windgegevens moesten veelal van het Verwerkings Centrum Zeeland (VCZ) te Middelburg komen. Deze ervaringen staan niet op zich zelf, veel medewerkers en stagiaires van het RIKZ verliezen veel tijd door het beschikbaar maken van meetgegevens.

De ADCP metingen van OCN uit 1995 waren zeer onoverzichtelijk, de snelheden moesten eerst met 0.5 vermenigvuldigd worden om cm/s te krijgen. Ook stonden de stroommeetgegevens ontbonden in een noord-zuid en een oost-west component. Dit maakte het geheel niet overzichtelijker. Er waren geen waterstands- of windgegevens aanwezig.

De files van de ADCP metingen van OCN uit 1996 waren een heel stuk beter. De files waren overzichtelijk en de stroomgegevens stonden in stroomsnelheden en stroomrichtingen. Ook bevatte de files waterstandsgegevens, maar geen windgegevens.

De files van Aqua Vision die de ADCP gegevens van de Meetdienst Zeeland heeft uitgewerkt zijn overzichtelijk en goed gedocumenteerd. Het probleem echter met het vergelijken van punten op een raai is dat het schip (bijna) niet twee keer achterelkaar op dezelfde plaats een meting doet. Een zelfgeschreven programma was nodig om de dichtstbijzijnde punten te selecteren. Ook waren de stroomgegevens ontbonden in een component langs en loodrecht op de stroomrichting. Er waren geen waterstands- en windgegevens aanwezig. Zo heb ik met drie verschillende formaten van ADCP files moeten werken.

Omdat de export-functie van het programma Radarface nog niet goed werkt is voor de HF-radar gegevens gebruik gemaakt van één ASCII-file, deze file bevat alle vectoren die gemeten zijn. De file is ruim 10 Mb groot. De file kan niet in Excel worden ingelezen omdat Excel maar 256 kolommen kan inlezen, terwijl de file 700 kolommen had. Ook hiervoor was een zelfgeschreven programma nodig om de data uit deze file te extraheren.

8.1.3 Radarface

Er is al gezegd worden dat de exportfunctie van het programma niet goed werkt, hierdoor werd het niet mogelijk om het model dat stromingsgegevens in de diepte berekend te toetsen. Dit ernstige manco van

het programma werd tijdens de stage gemeld aan OCN. Tijdens mijn stage is er een nieuwe versie van Radarface aan OCN opgeleverd. Ook bij de nieuwe versie van Radarface werkt de exportfunctie niet goed. Besloten is toen om wegens tijdgebrek niet meer naar het model te kijken.

Verder is Radarface een gebruiksvriendelijk programma, alleen heb ik het niet zoveel gebruikt. Voor het tonen van mooie stroombeeldplaatjes is het programma perfect, maar voor het verwerken van de gegevens heb je het programma niet nodig. De stroombeelden zijn niet altijd even duidelijk qua snelheid. Duidelijker zou zijn om de vectoren in een bepaalde snelheidsmarge in kleur aan te geven.

8.2 Evaluatie RIKZ

Ik heb stage gelopen bij het RIKZ te Middelburg. Het Rijksinstituut voor Kust en Zee heeft als doel het leveren van adviezen en gegevens gericht op:

- duurzaam gebruik van estuaria, kusten en zeeën;
- bescherming tegen overstroming door de zee.

Het RIKZ is een onderdeel van de Verkeer en Waterstaat organisatie. Het RIKZ heeft als opdrachtgever de Hoofddirectie van de Rijkswaterstaat voor de beleidsvoorbereiding. Voor de beleidsuitvoering krijgt het instituut opdrachten van regionale directies, zoals de Directie Zeeland. Zie onderstaande figuur voor een schematisch overzicht.



Er zijn drie dependances: Den Haag, Haren en Middelburg. Op het RIKZ te Middelburg werken ongeveer 80 personen. Binnen het bedrijf zijn er drie afdelingen: Onderzoek en Strategie, Advies en Beleidsanalyse en Informatie en Technologie. De afdeling waar ik stage heb gelopen is Onderzoek en Strategie met de subafdeling Fysica (OSFD).

Het RIKZ te Middelburg is een leuke instelling met een ongedwongen sfeer. Binnen het bedrijf zijn veel jonge mensen werkzaam.

8.3 De begeleiding

Het contact met mijn directe begeleider en kamergenoot Maarten Jansen was goed. Ook met mijn begeleider Harm Verbeek kon ik het goed vinden. Vanuit de Directie Zeeland kreeg ik goede ondersteuning van Paul Siermans. Mijn stagedocent vanuit de Universiteit Twente heb ik weinig gesproken, mijn indruk was dat hij nog niet goed wist wat er van een stagedocent gevraagd werd, omdat hij nog vrij nieuw is op de UT. Verder heb ik geen problemen met hem gehad.

Omdat ik praktisch de eerste gebruiker van Radarface ben heb ik veel contact gehad met OCN, die de technische ondersteuning bij de HF-radar gegevens gaf. Het contact met OCN was meestal goed.

9. Literatuurlijst

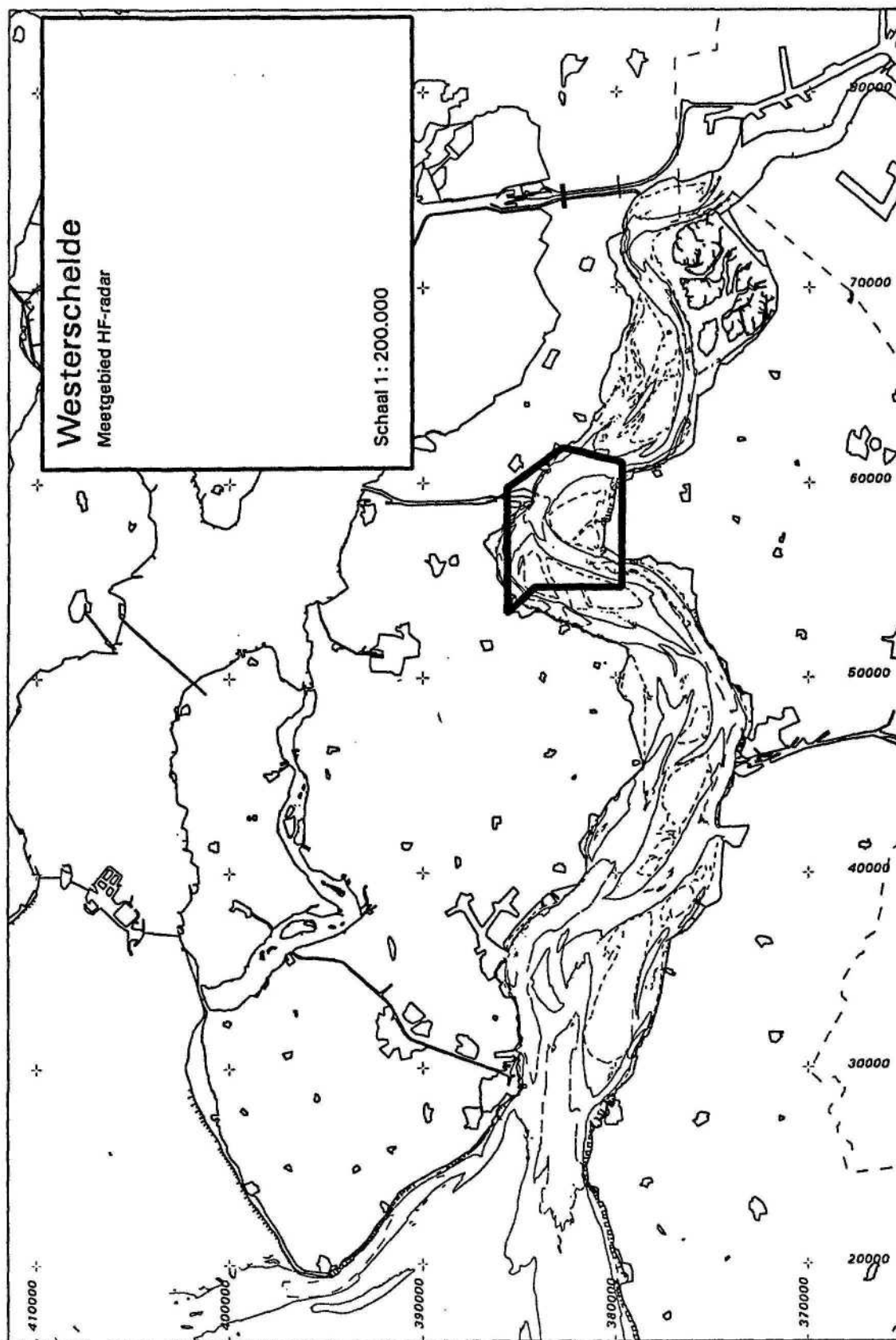
- [1] Hemel, van, J. N. J., "HF-radar Technisch rapport Pilot Zeeland", OCN, maart 1997.
- [2] Hoekstra, G.W., "ADCP stroommetingen in de Westerschelde", OCN, oktober 1995.
- [3] Hoekstra, G.W., "ADCP stroommetingen in de Westerschelde in de periode 17/10/95 - 02/11/95", OCN, november 1995.
- [4] Hoekstra, G. W., "ADCP stroommetingen in de Westerschelde in de periode 2/11/95 - 15/12/95", OCN, januari 1996.
- [5] Jansen, M. H. P., "Bouw, calibratie en verificatie SCALWEST", Svašek b.v., juni 1997.
- [6] Kamminga, S. D., "Meten van de oppervlaktestroming met een Acoustic Doppler Current Profiler", Aqua Vision, juli 1996, rapport nummer AV15.
- [7] Kamminga, S. D., "Resultaten van stromingsmetingen op de Drempel van Hansweert op Raai B en C op 17 april 1996", Aqua vision, november 1996, rapport nummer AV25.
- [8] Meijer, P., "Nauwkeurigheid van de Acoustic Doppler Current Profiler", RIKZ Den Haag, mei 1995.
- [9] OCN, "Introductie HF-radar stroommeetsysteem t.b.v. Rijkswaterstaat, Definitiestudie", maart 1995.
- [10] Tank, F. T. G., "Het gedrag van drempels in de Westerschelde", Instituut voor Marien en Atmosferisch onderzoek Utrecht, 1996.
- [11] Unen, van, R. F., "ADCP metingen in de Westerschelde bij Hansweert 10-jul-'96 t/m 09-aug-'96", OCN, augustus 1996.
- [12] Unen, van, R. F., "ADCP metingen in de Westerschelde bij Hansweert 09-aug-'96 t/m 11-sep-'96", OCN, oktober 1996.

10. Bijlagen

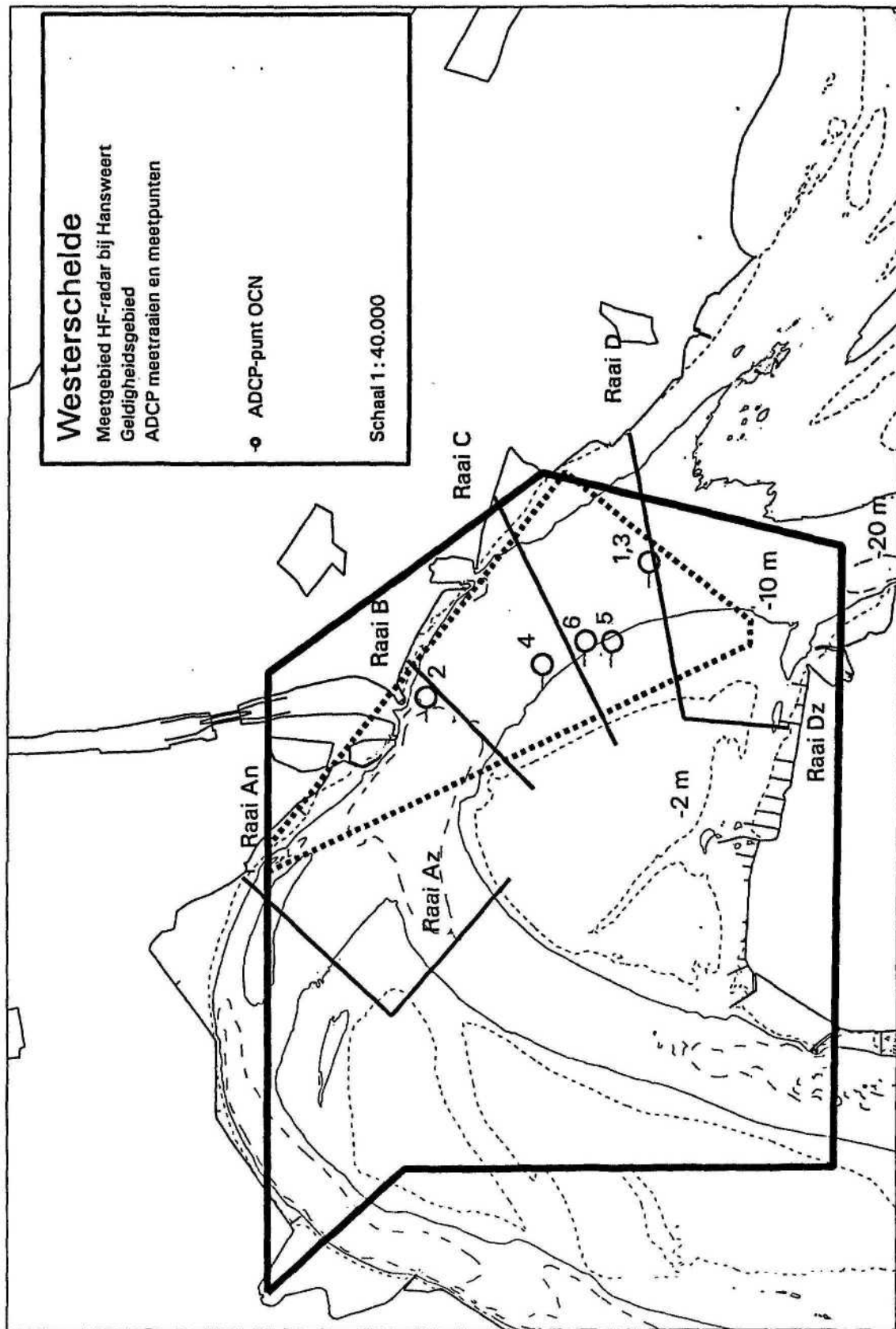
De volgende bijlagen zijn opgenomen:

<i>Bijlage 1 : Overzichtsk kaart van de Westerschelde</i>	29
<i>Bijlage 2 : Kaart van de locatie Hansweert</i>	30
<i>Bijlage 3 : Kaart met geldige punten op het HF-radar grid</i>	31
<i>Bijlage 4 : Voorbeeld van het programma Radarface</i>	32
<i>Bijlage 5 : Grid van het SCALWEST model</i>	33
<i>Bijlage 6 : Vergelijking 2-95-1</i>	34
<i>Bijlage 7 : Vergelijking 3-95-1</i>	35
<i>Bijlage 8 : Vergelijking 3-95-2</i>	36
<i>Bijlage 9 : Vergelijking 1-96-1</i>	37
<i>Bijlage 10 : Vergelijking 2-96-1</i>	38
<i>Bijlage 11 : Vergelijking 2-96-2</i>	39
<i>Bijlage 12 : Vergelijking 2-96-3</i>	40
<i>Bijlage 13 : Vergelijking 3-96-1</i>	41
<i>Bijlage 14 : Vergelijking B1</i>	42
<i>Bijlage 15 : Vergelijking B2</i>	43
<i>Bijlage 16 : Vergelijking B3</i>	44
<i>Bijlage 17 : Vergelijking B4</i>	45
<i>Bijlage 18 : Vergelijking C1</i>	46
<i>Bijlage 19 : Vergelijking C2</i>	47
<i>Bijlage 20 : Vergelijking C3</i>	48
<i>Bijlage 21 : Vergelijking C4</i>	49
<i>Bijlage 22 : Vergelijking SCALWEST met HF-radar Raai B</i>	50
<i>Bijlage 23 : Vergelijking SCALWEST met HF-radar Raai C</i>	52
<i>Bijlage 24 : Vergelijking SCALWEST met HF-radar (ruimtelijk)</i>	54
<i>Bijlage 25 : Uitval van de HF-radar ruimtelijk gezien</i>	58
<i>Bijlage 26 : Uitval van de HF-radar in de tijd</i>	59
<i>Bijlage 27 : Standaarddeviaties van de vergelijkingen</i>	60
<i>Bijlage 28 : Betrouwbaarheidsgebied</i>	61

Bijlage 1 : Overzichtskaart van de Westerschelde



Bijlage 2 : Kaart van de locatie Hansweert



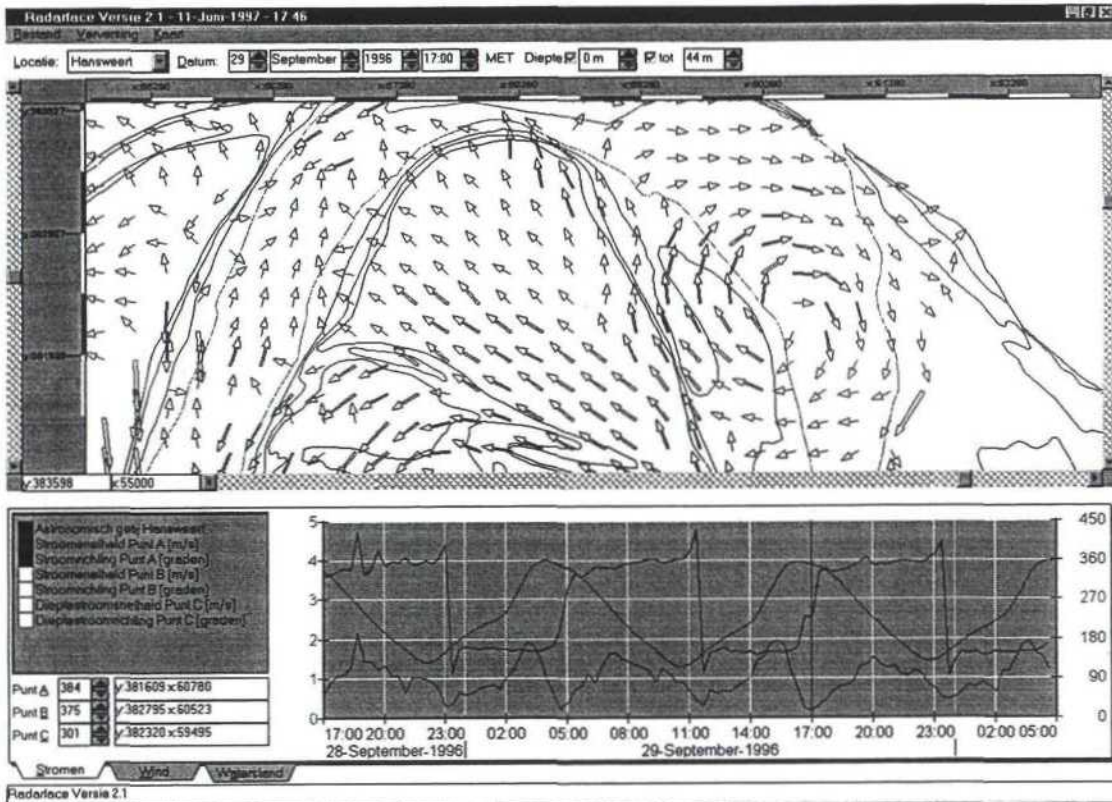
Bijlage 3: Kaart met geldige punten op het HF-radar grid

Hieronder zijn de punten op het HF-radar grid te zien. Het gebied binnen de lijnen is het geldigheidsgebied.



Bijlage 4 : Voorbeeld van het programma Radarface

Hieronder is een voorbeeld opgenomen van hoe het programma Radarface werkt. Te zien is een situatie waarbij een neer (rechterkant van de pagina) ontstaat rond kentering van vloed naar eb.

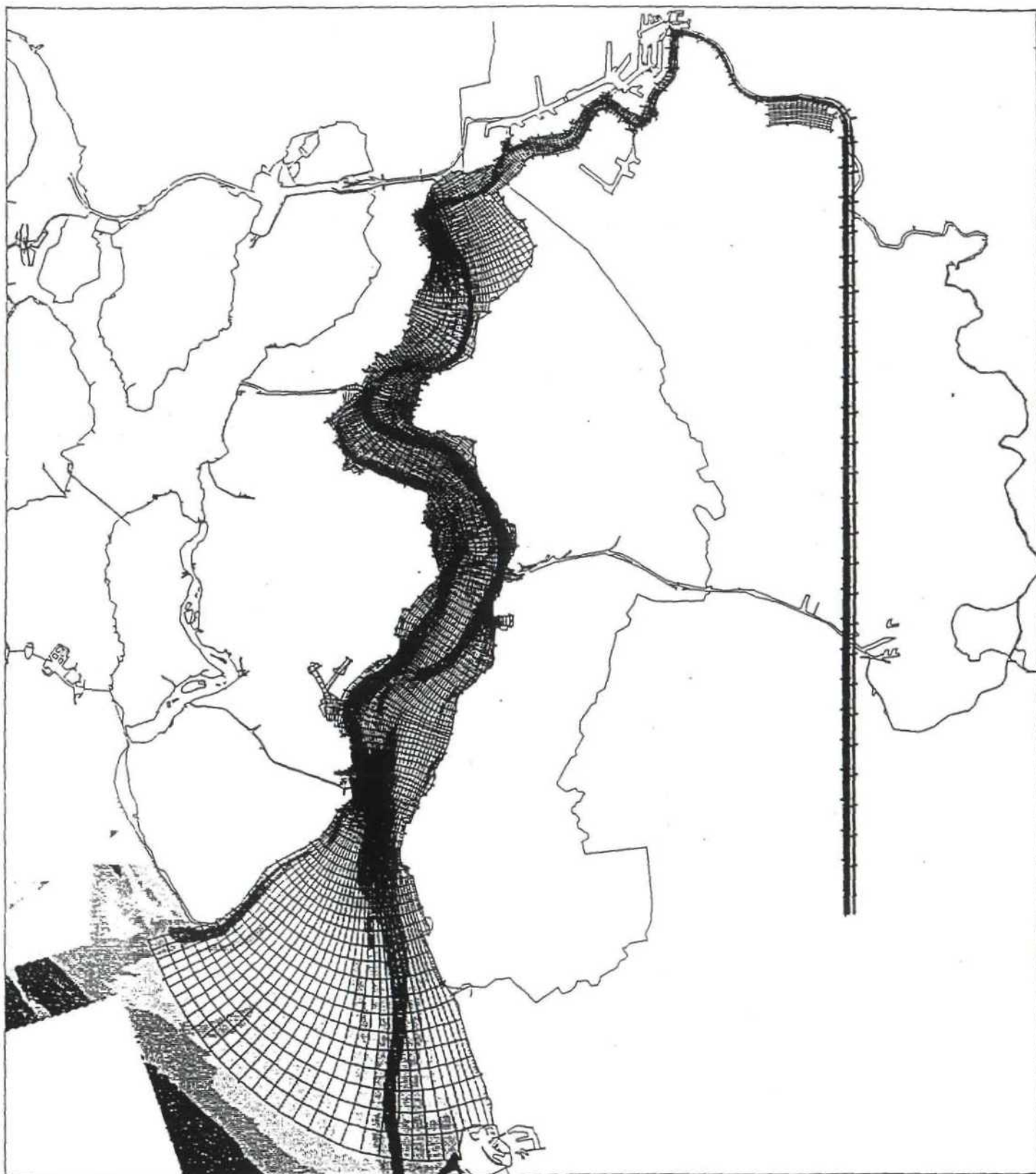


Zoals te zien kan een ruimtelijk beeld van de stroomvectoren gepresenteerd worden voor een bepaalde tijd.

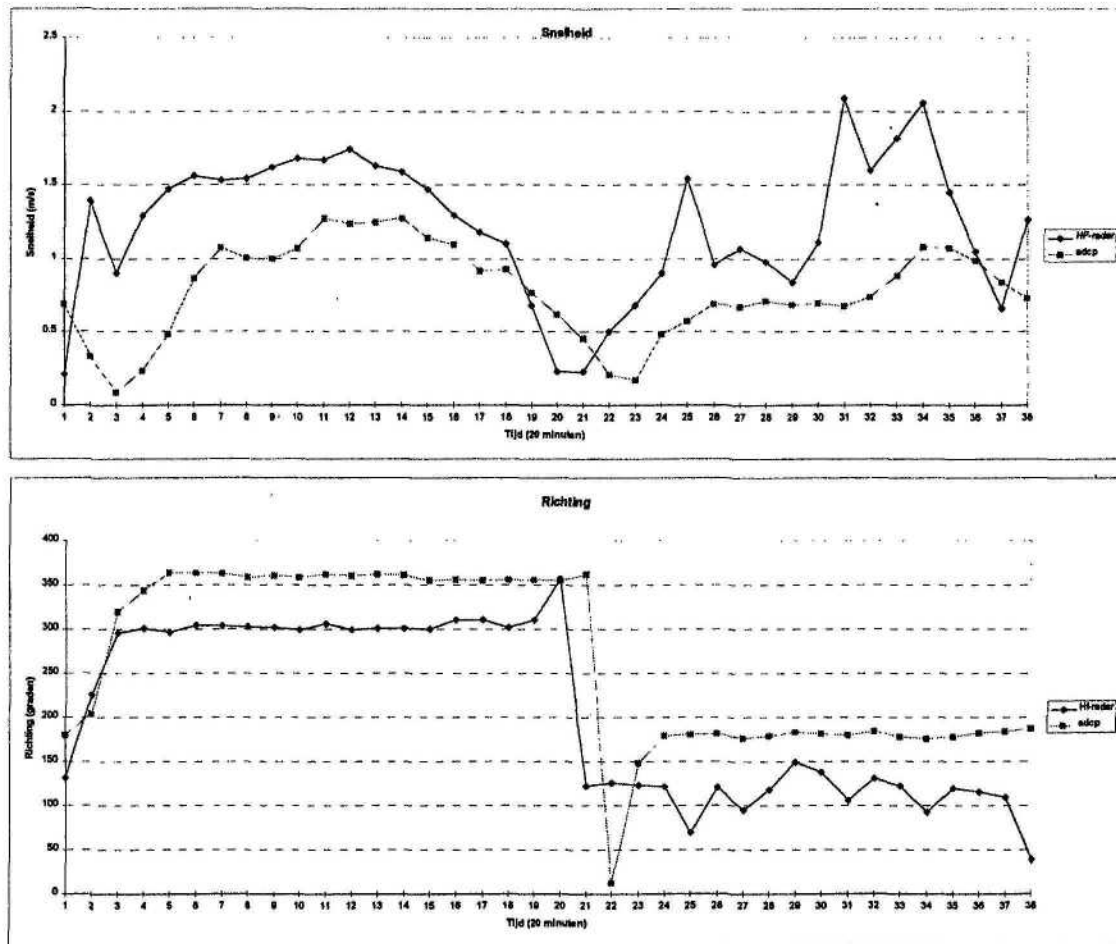
Verder kan een tijdreeks van de stroomsnelheid en stroomrichting van drie punten van het grid in een grafiek bekeken worden. Men kan met behulp van de tabbladen de stromen, de wind en waterstandgegevens opvragen.

Met behulp van de optie "dieptevectoren" kunnen de stroomgegevens in de verticaal (dus berekend met het model) op het scherm gepresenteerd worden. Hiervoor moet men een waarde invullen bij het venster "diepte". De vector die dan gepresenteerd wordt is het gemiddelde van de ingevulde waterkolom.

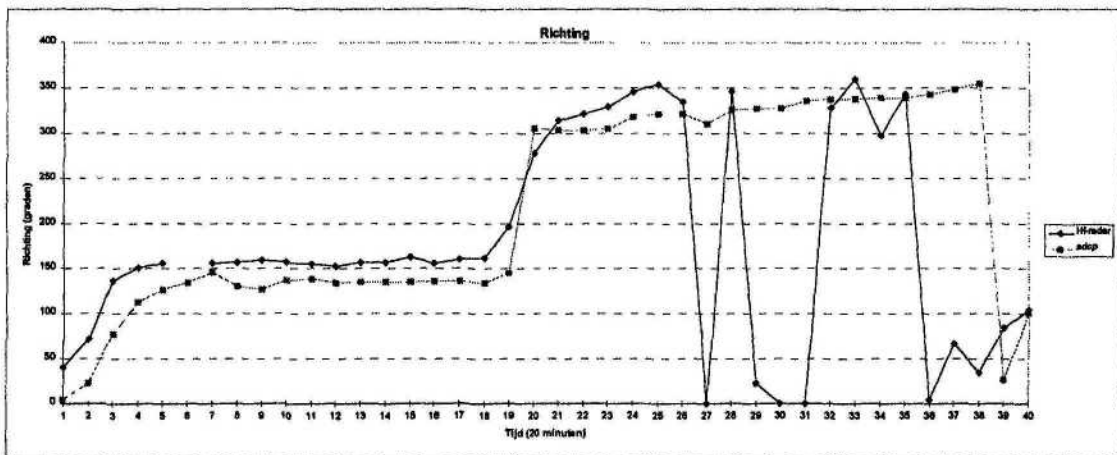
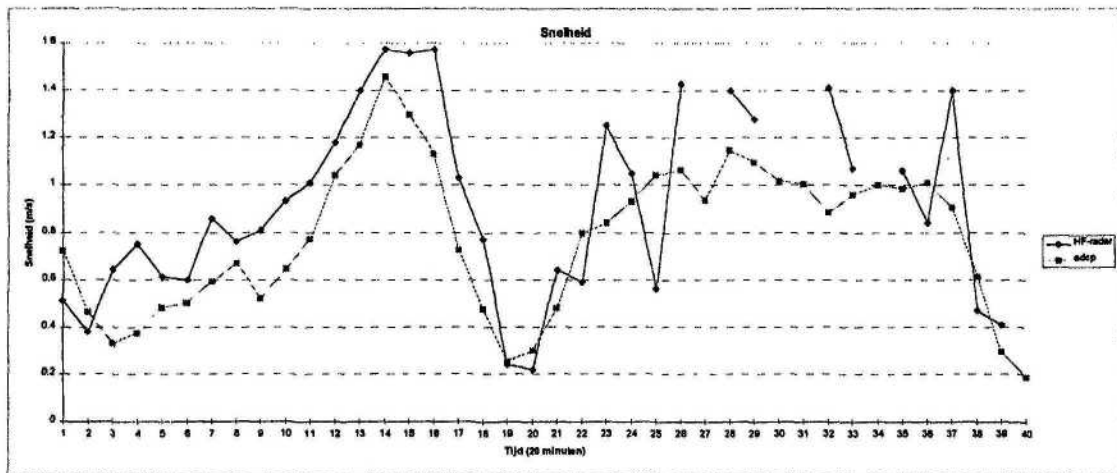
Bijlage 5 : Grid van het SCALWEST model



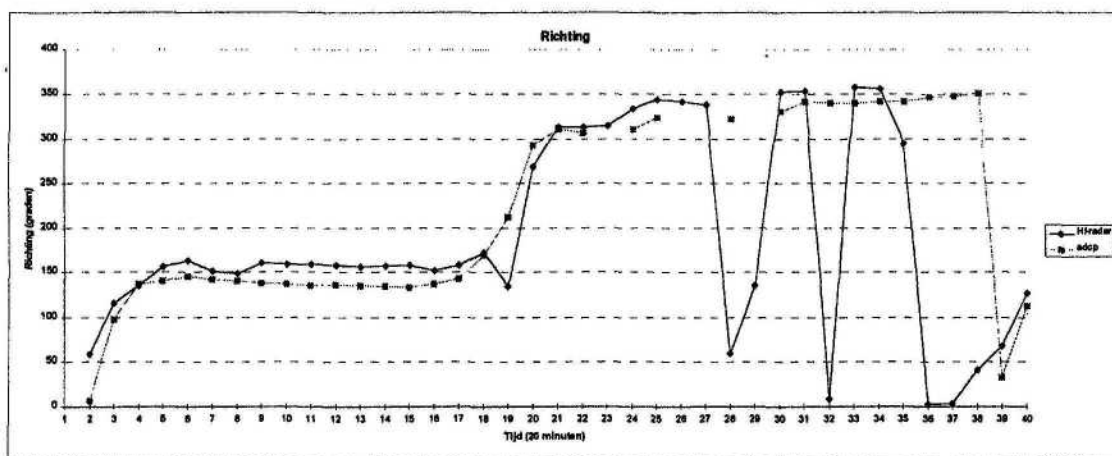
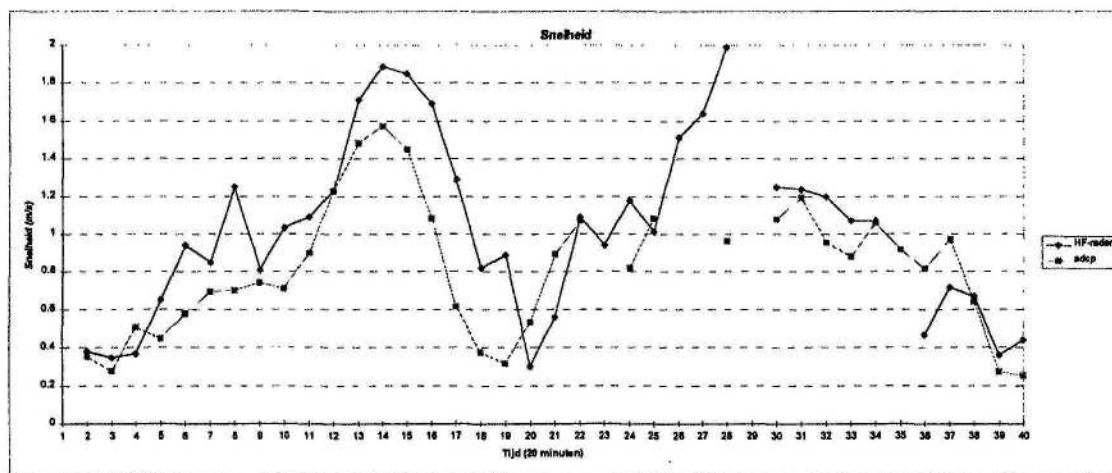
Bijlage 6 : Vergelijking 2-95-1



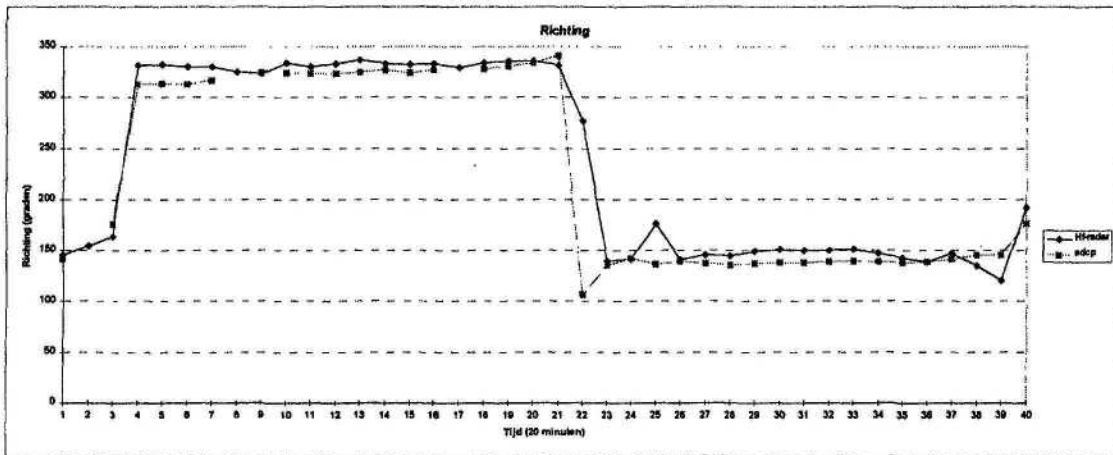
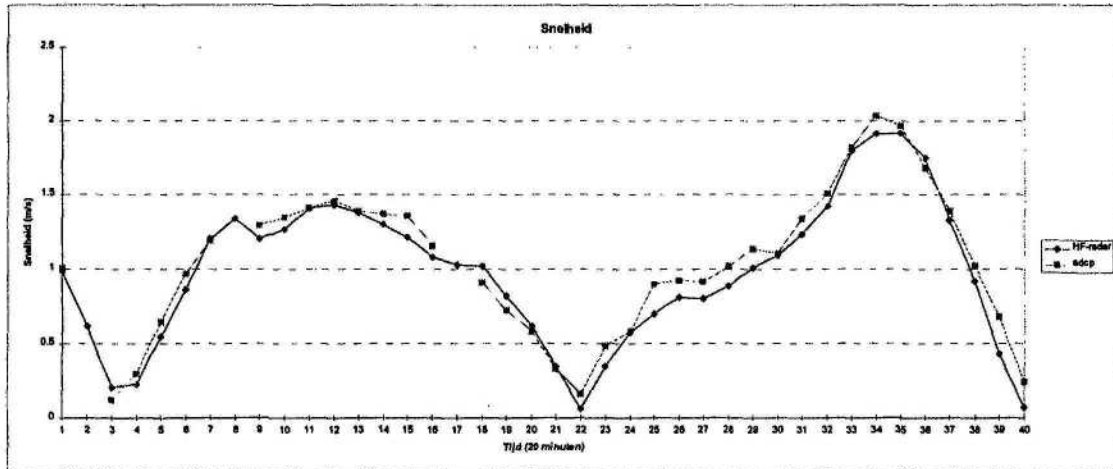
Bijlage 7 : Vergelijking 3-95-1



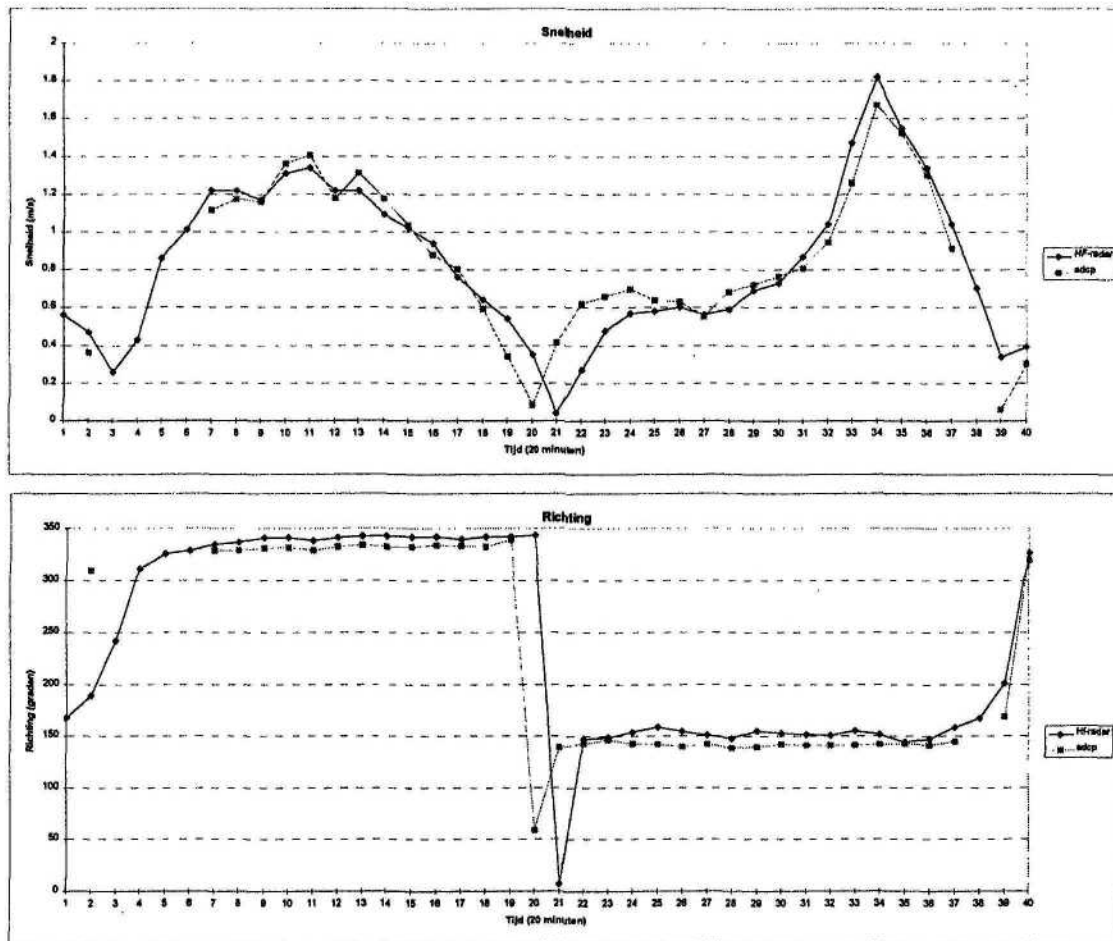
Bijlage 8 : Vergelijking 3-95-2



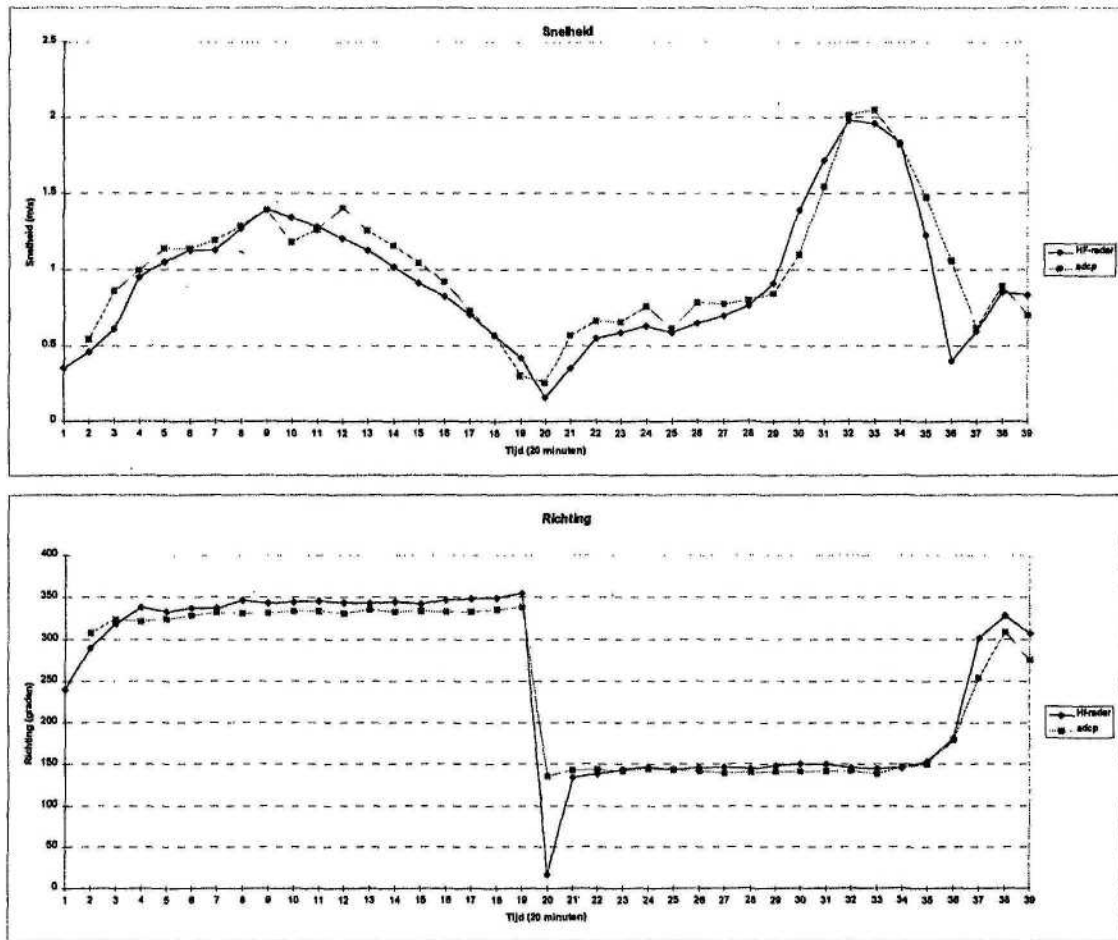
Bijlage 9 : Vergelijking 1-96-1



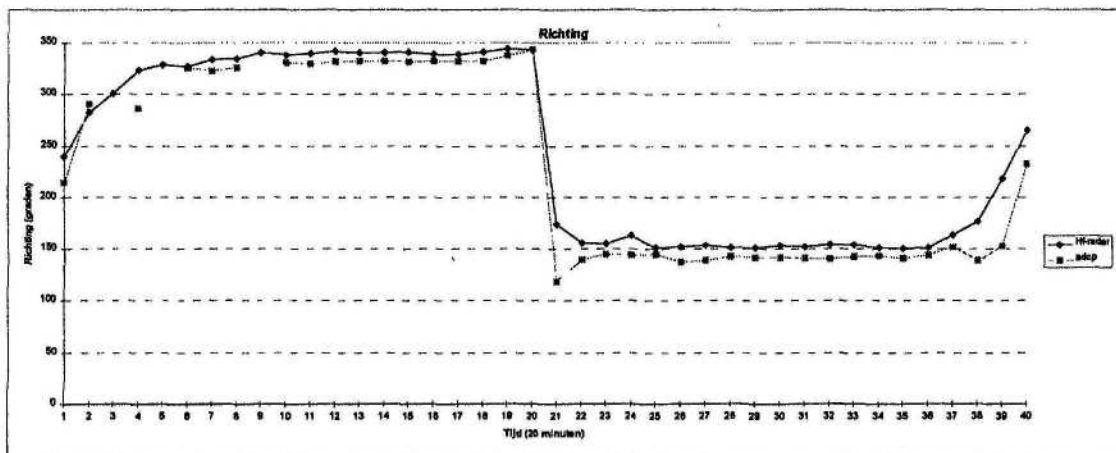
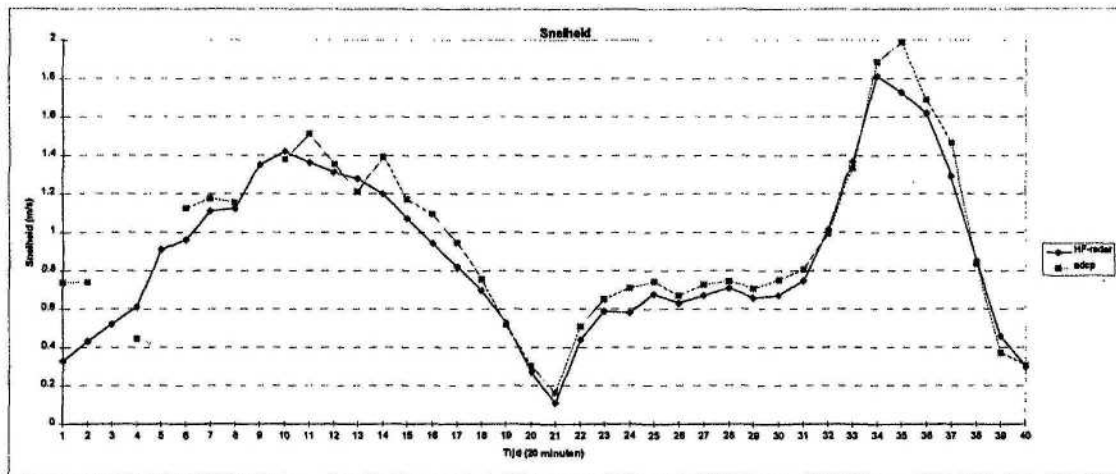
Bijlage 10 : Vergelijking 2-96-1



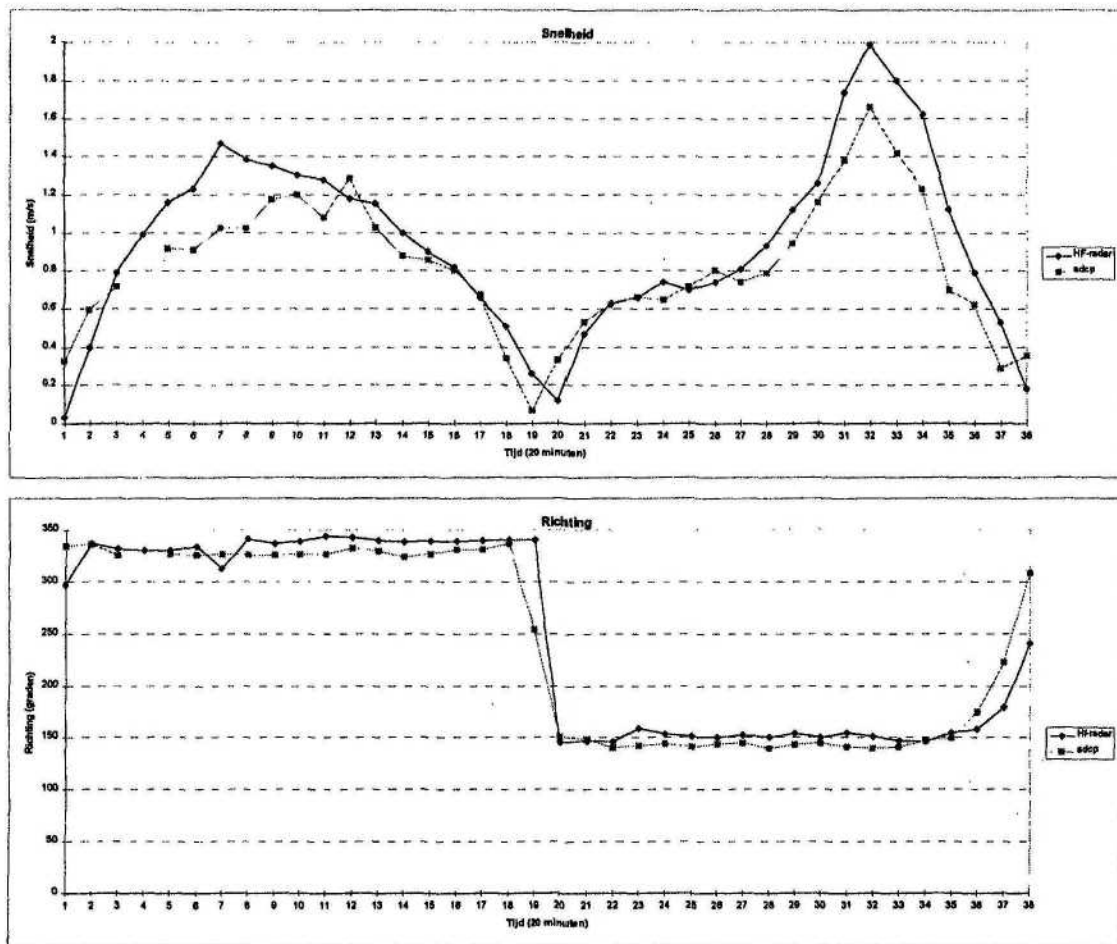
Bijlage 11 : Vergelijking 2-96-2



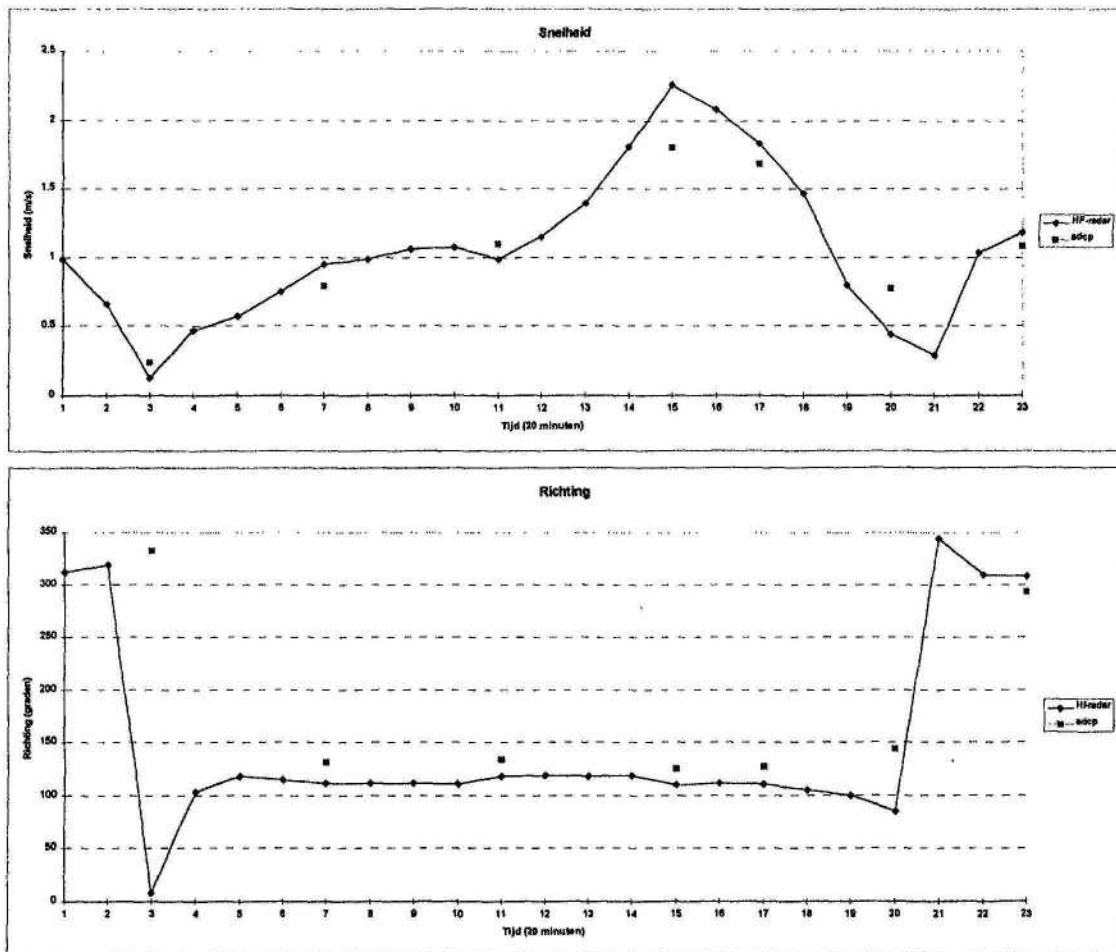
Bijlage 12 : Vergelijking 2-96-3



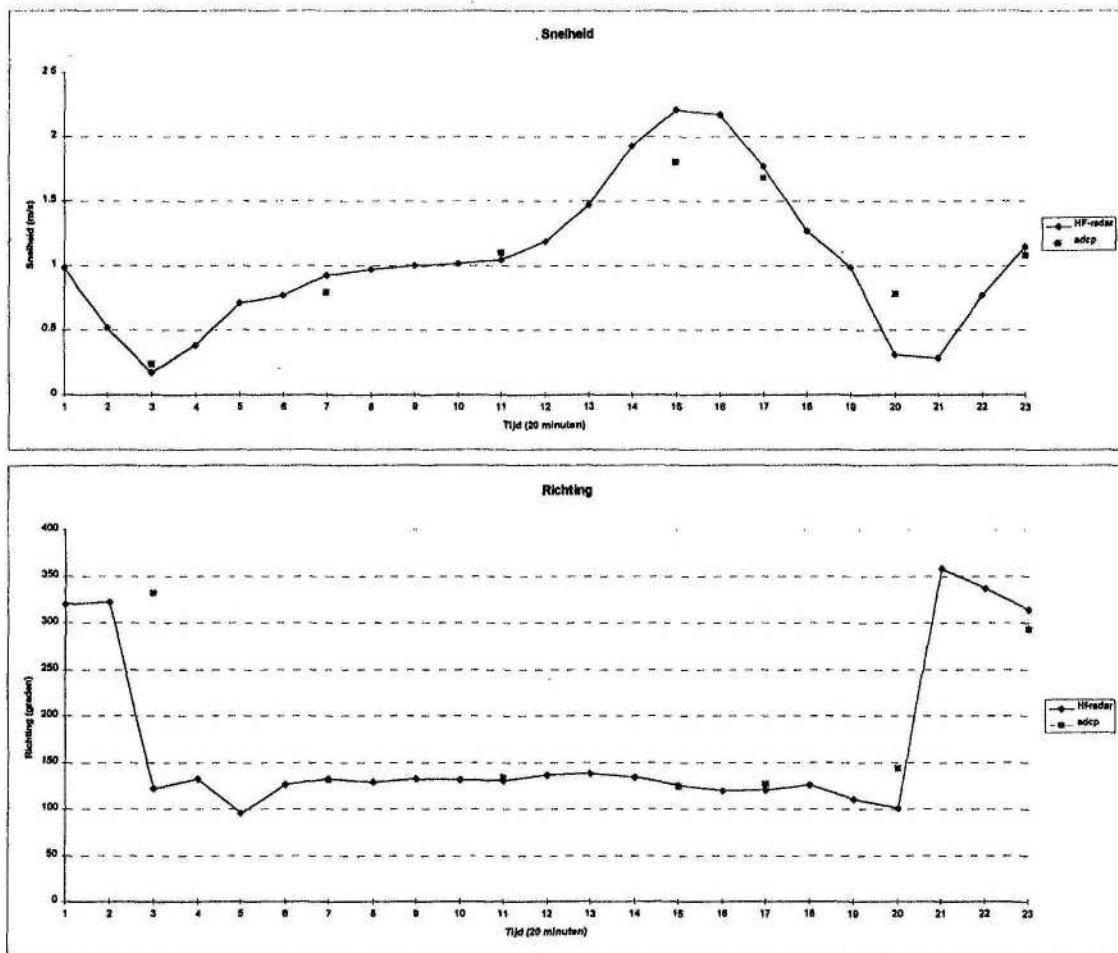
Bijlage 13 : Vergelijking 3-96-1



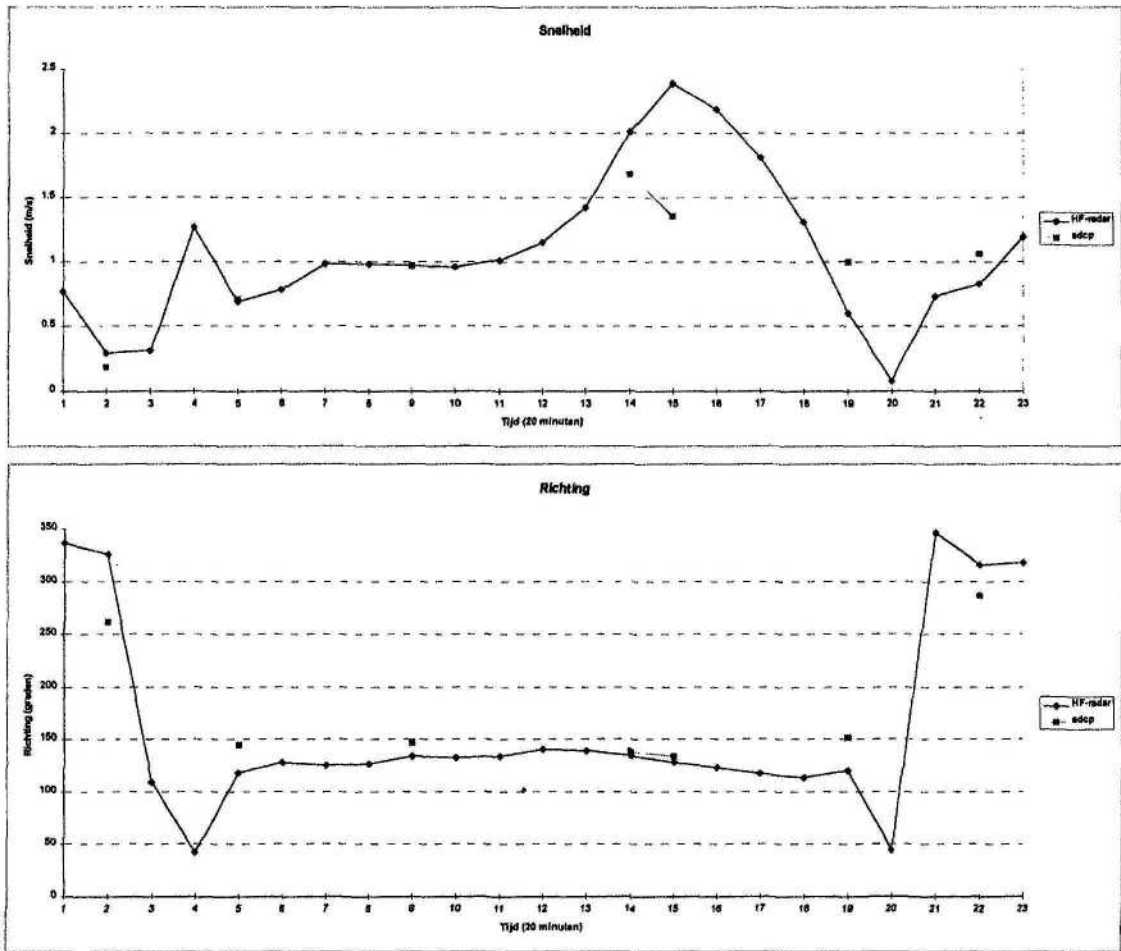
Bijlage 14 : Vergelijking B1



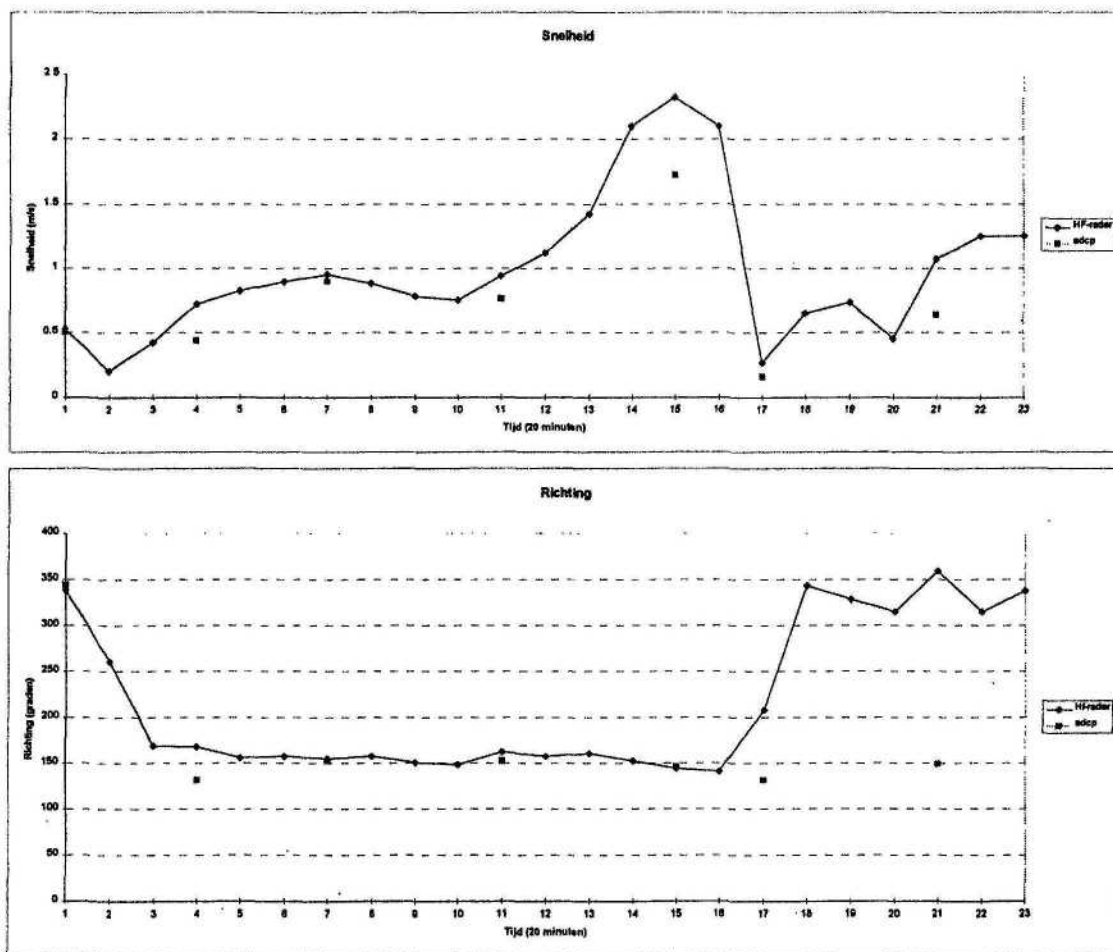
Bijlage 15 : Vergelijking B2



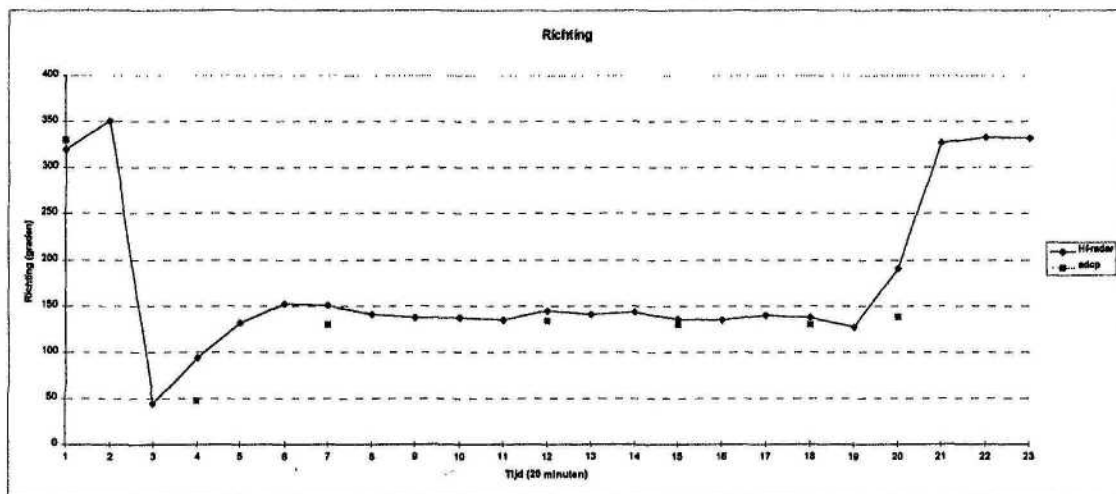
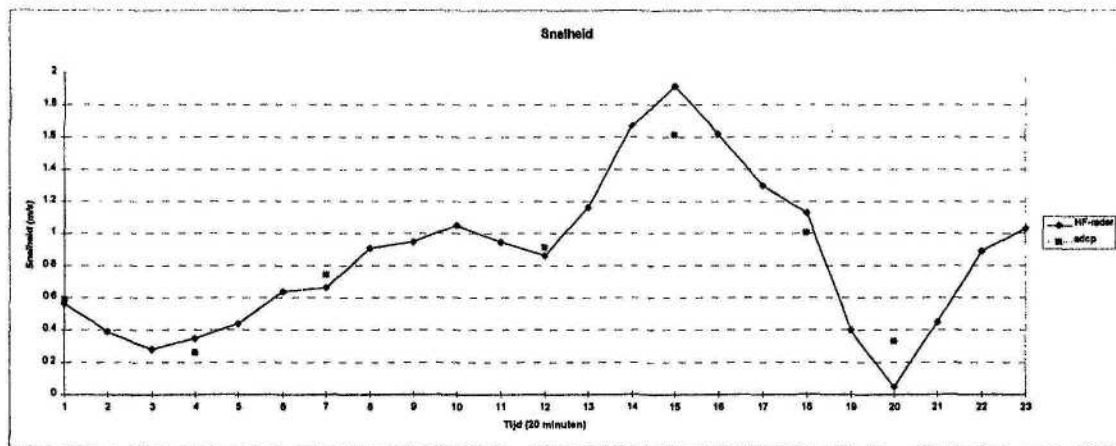
Bijlage 16 : Vergelijking B3



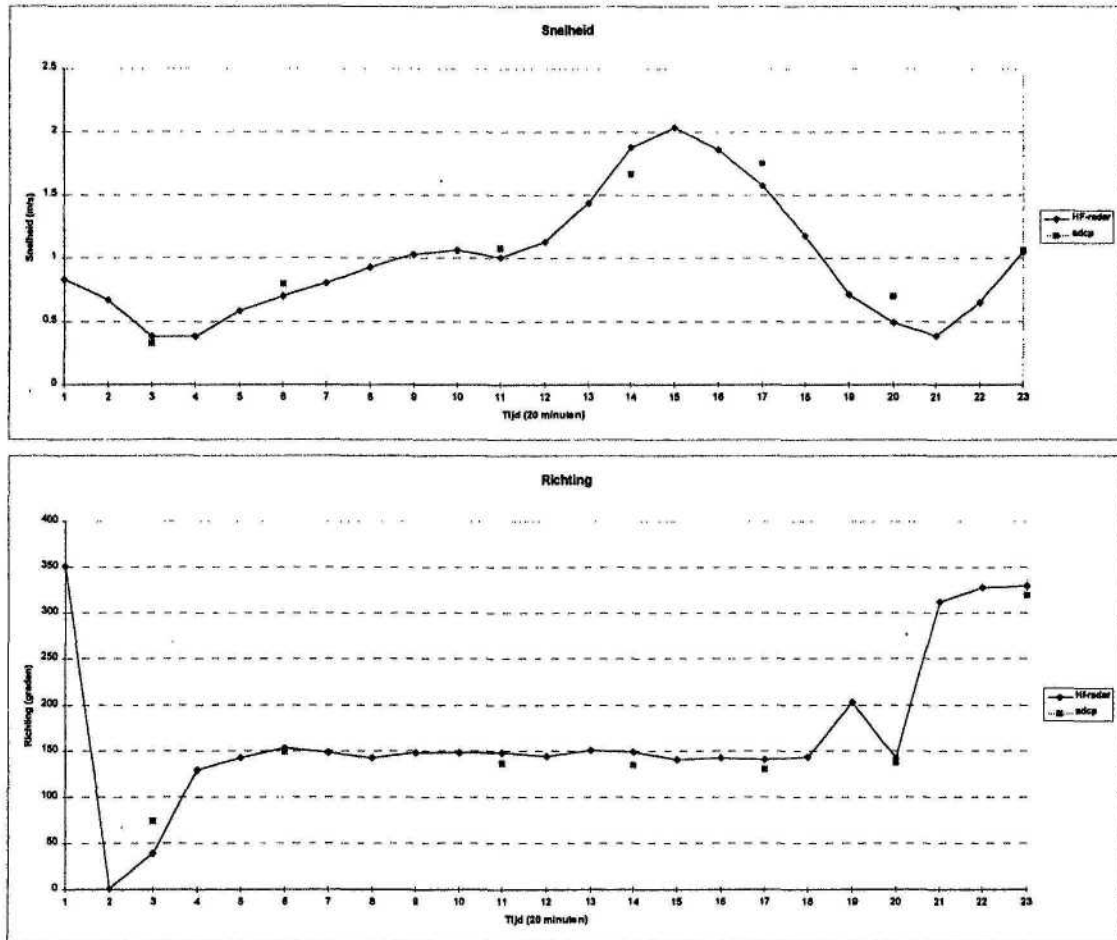
Bijlage 17 : Vergelijking B4



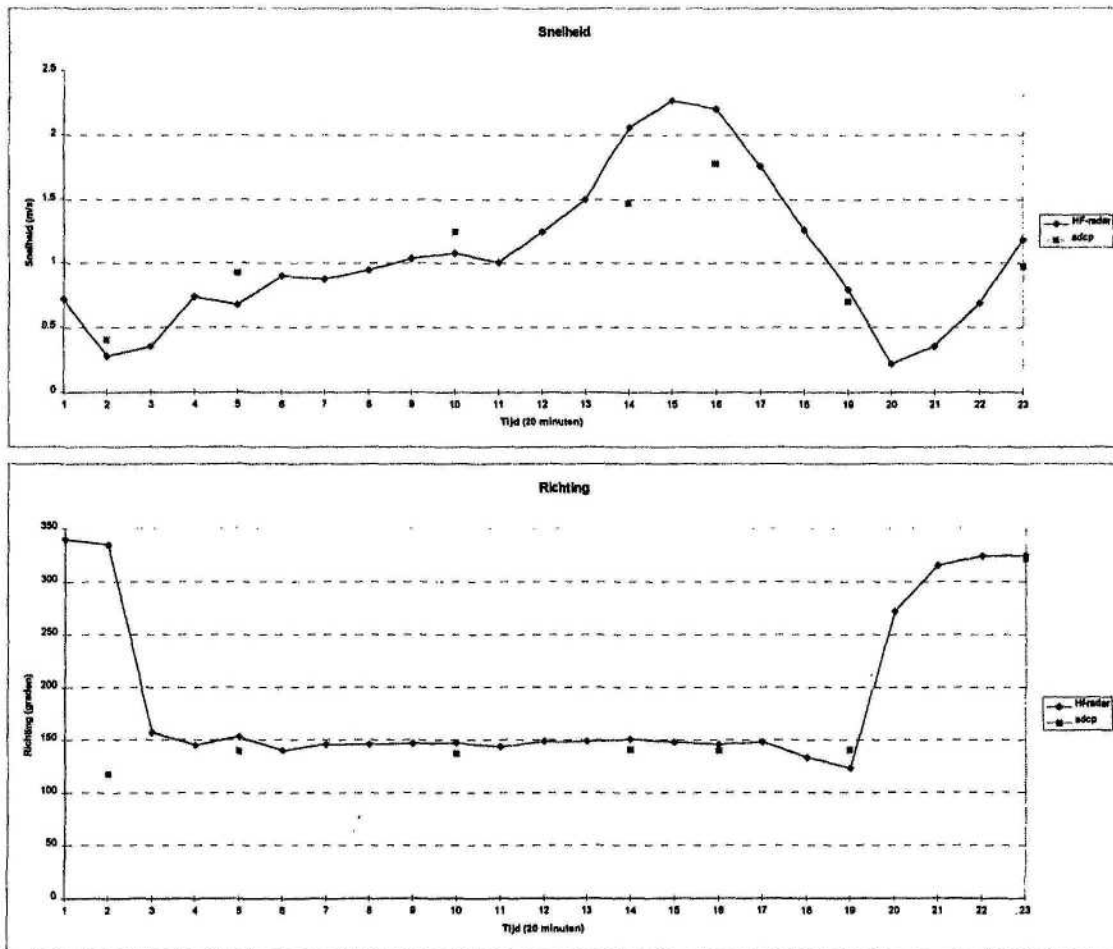
Bijlage 18 : Vergelijking C1



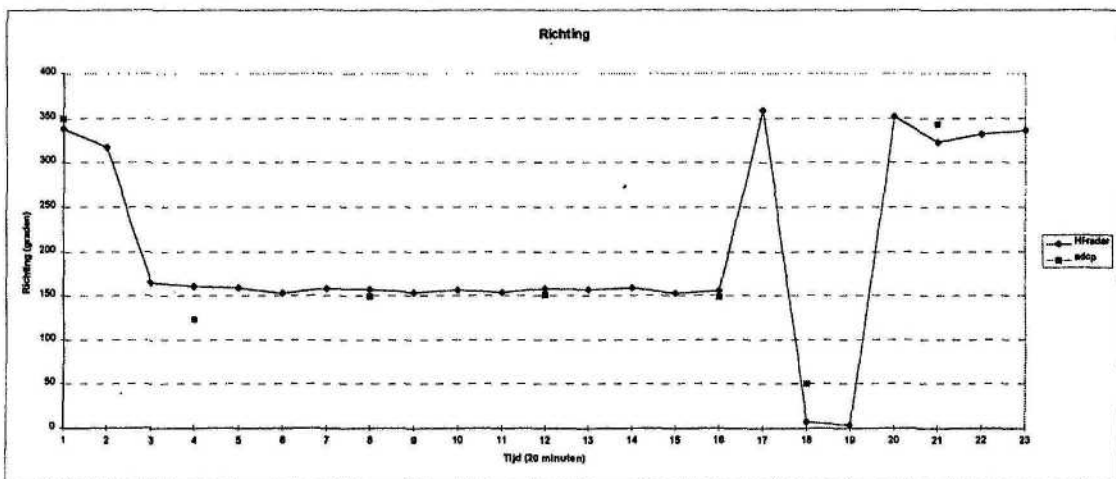
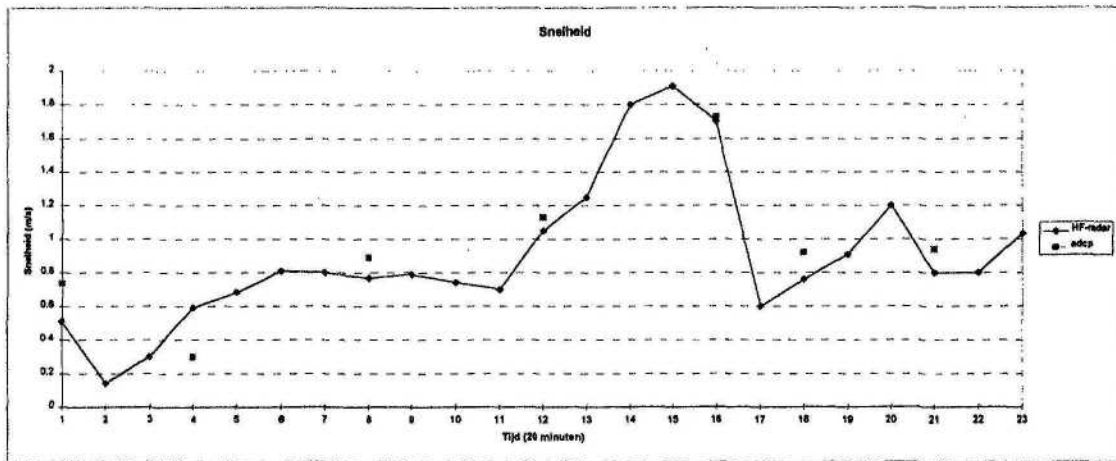
Bijlage 19 : Vergelijking C2



Bijlage 20 : Vergelijking C3

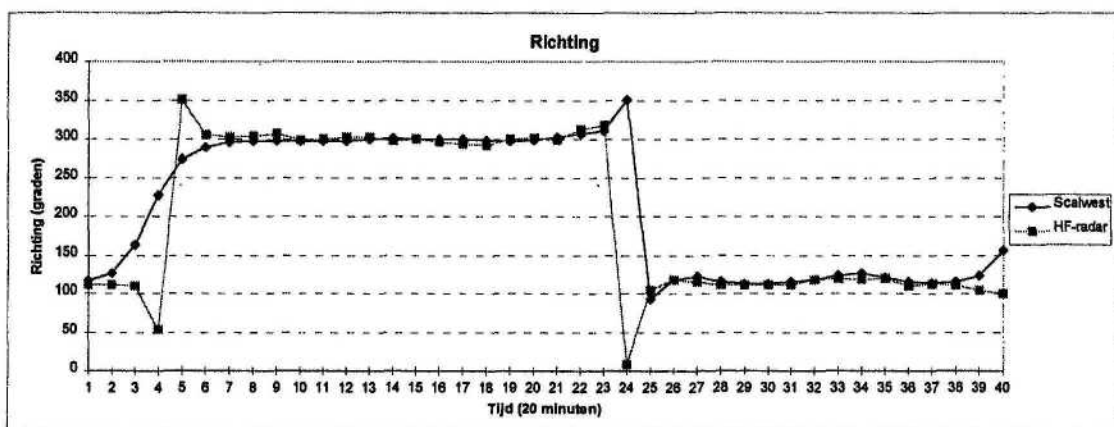
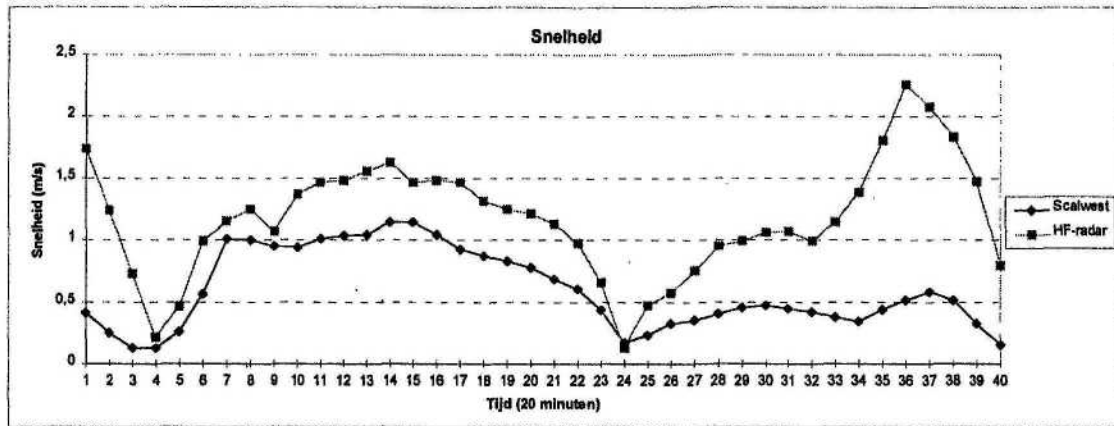


Bijlage 21 : Vergelijking C4

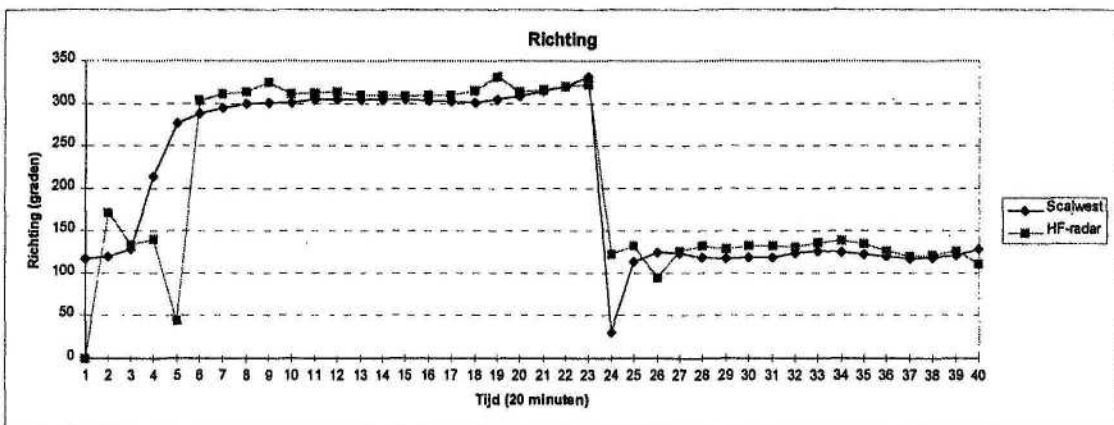
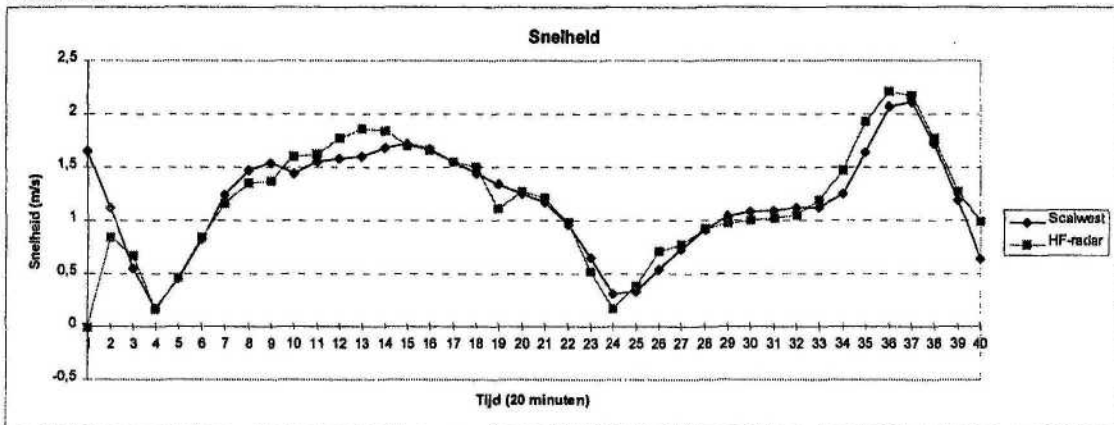


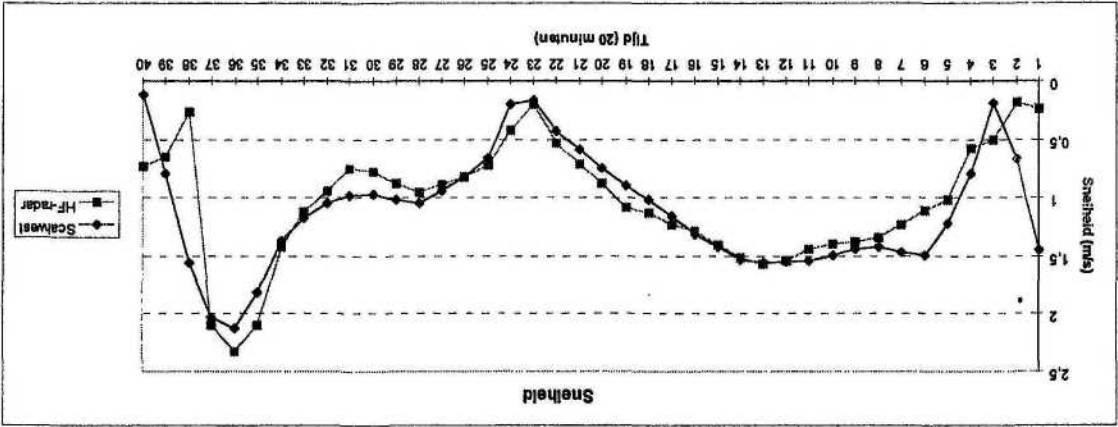
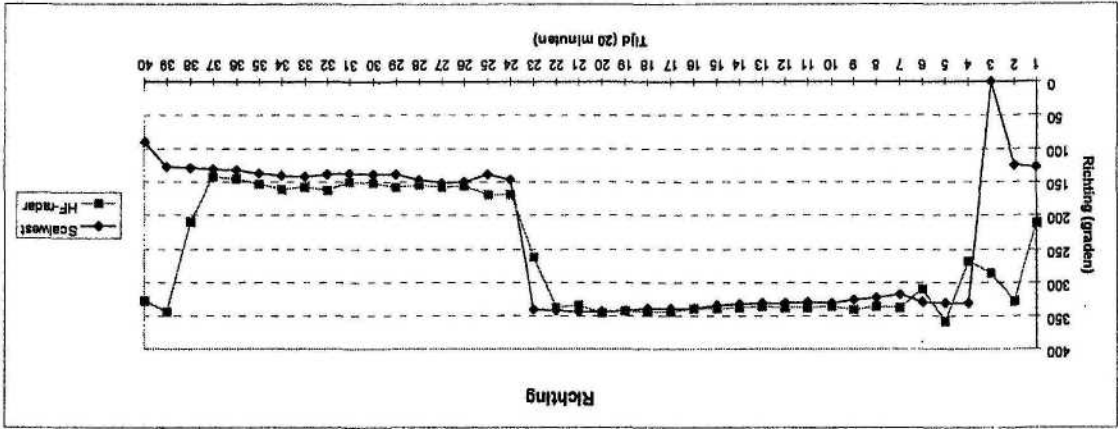
Bijlage 22 : Vergelijking SCALWEST met HF-radar Raai B

Punt B1:

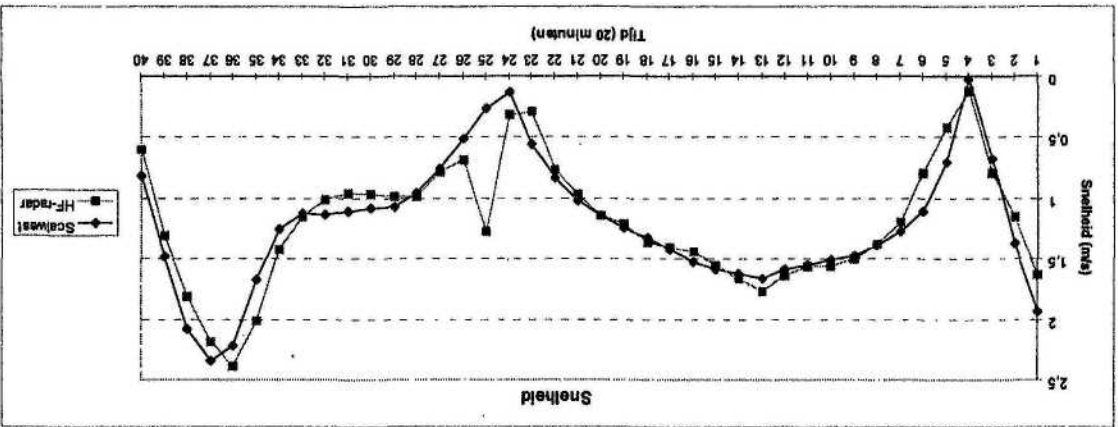
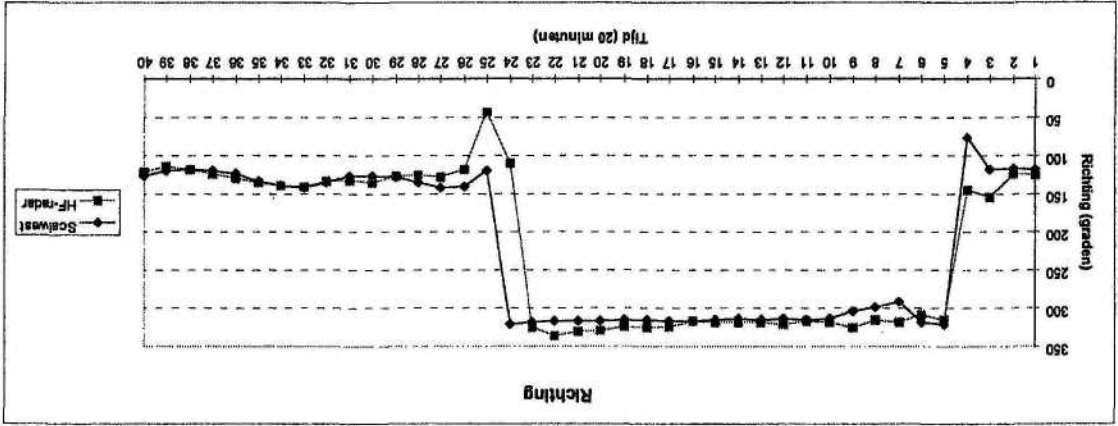


Punt B2:





Punt B4:

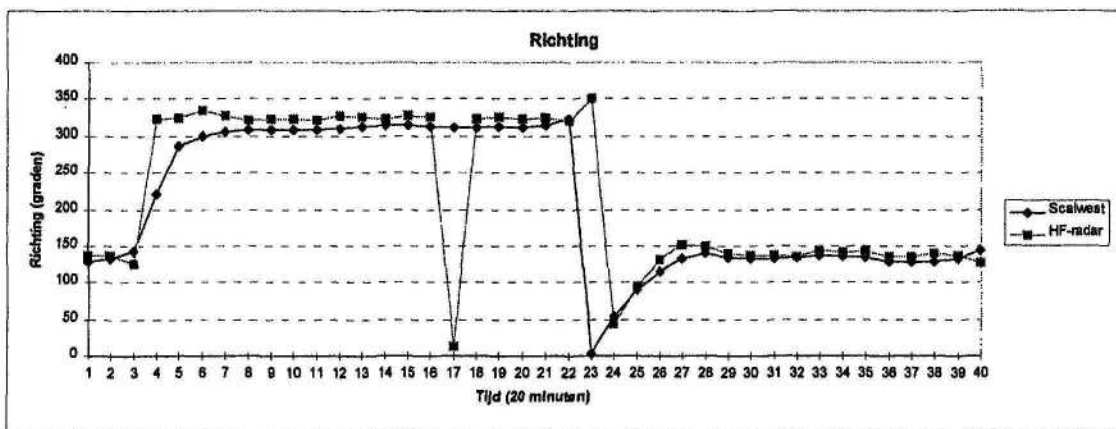
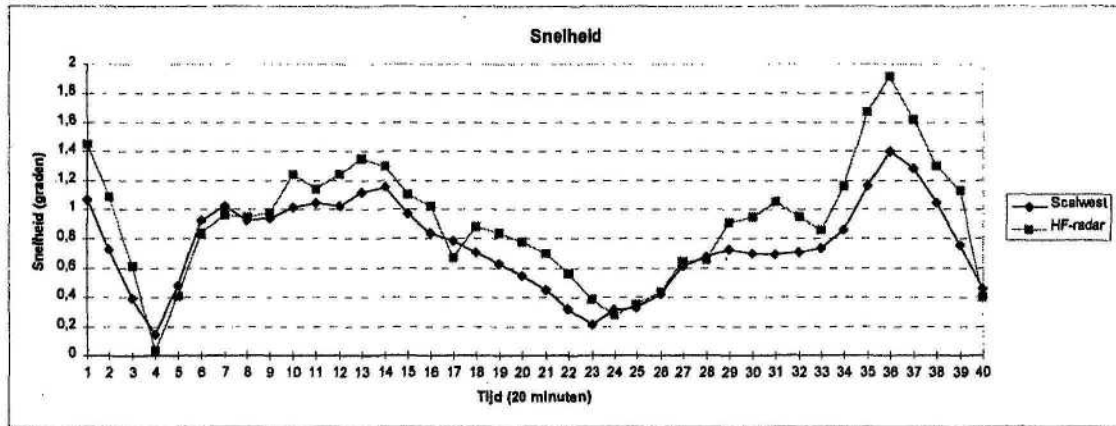


Punt B3:

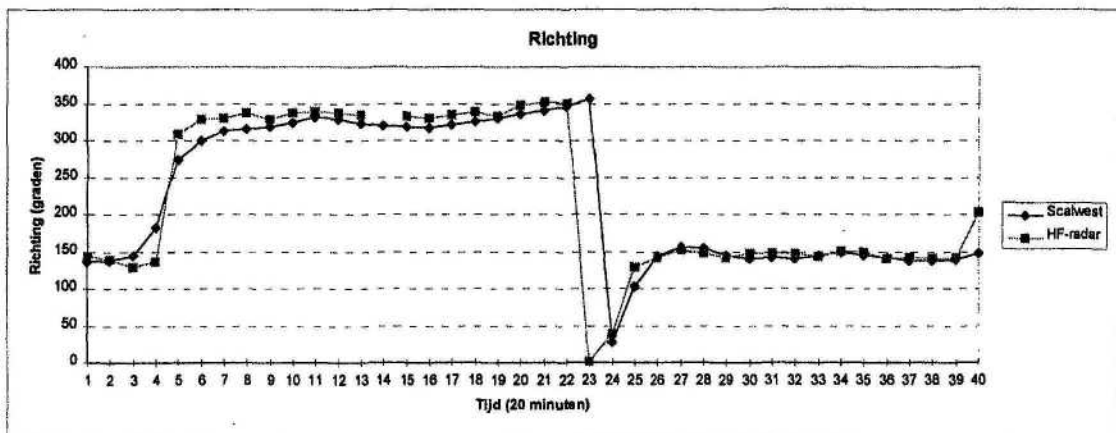
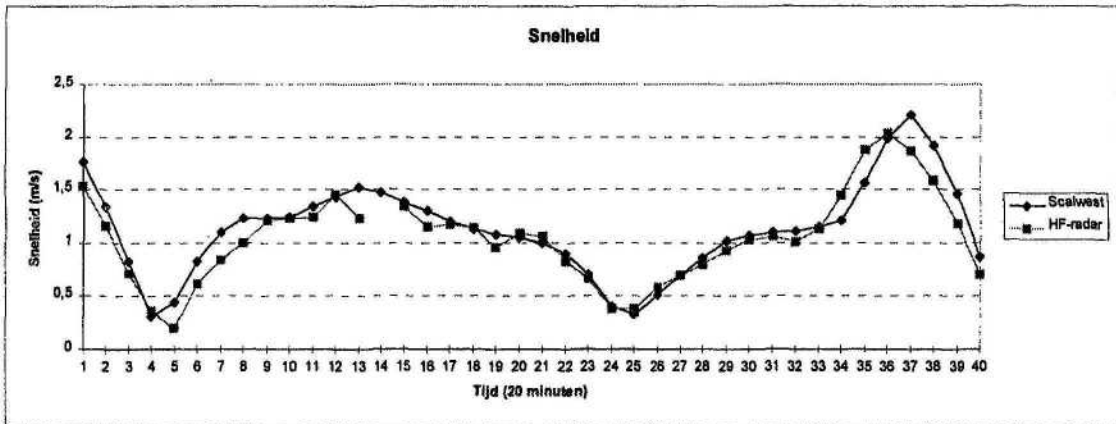
Vervolg Bijlage 22 : Vergelijking SCALWEST met HF-radar Raai B

Bijlage 23 : Vergelijking SCALWEST met HF-radar Raai C

Punt C1:

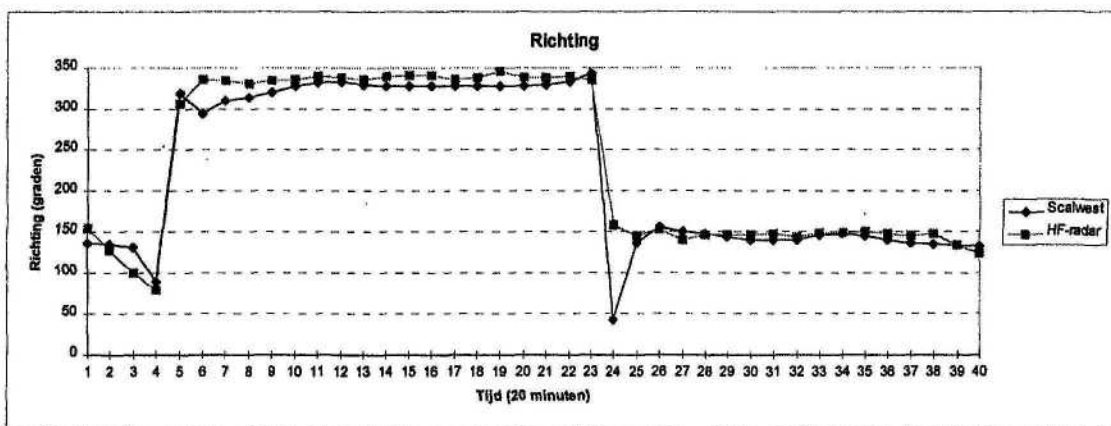
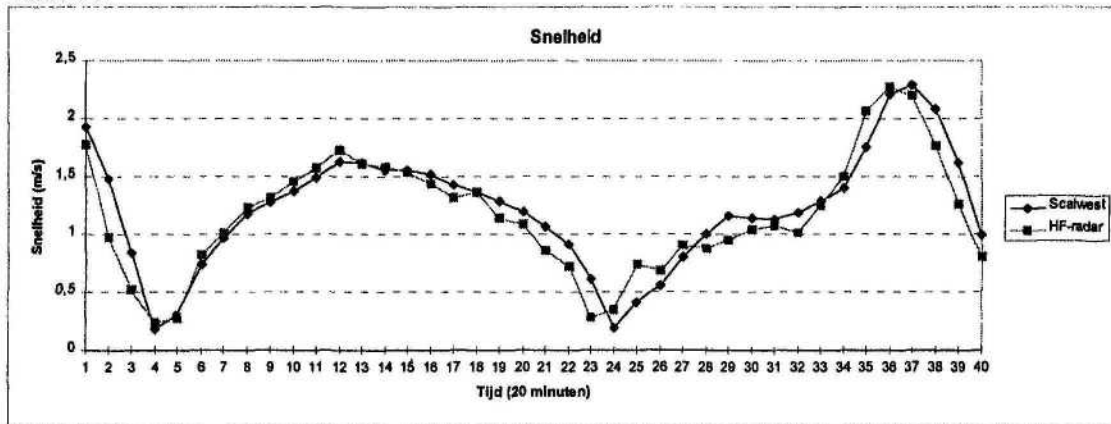


Punt C2:

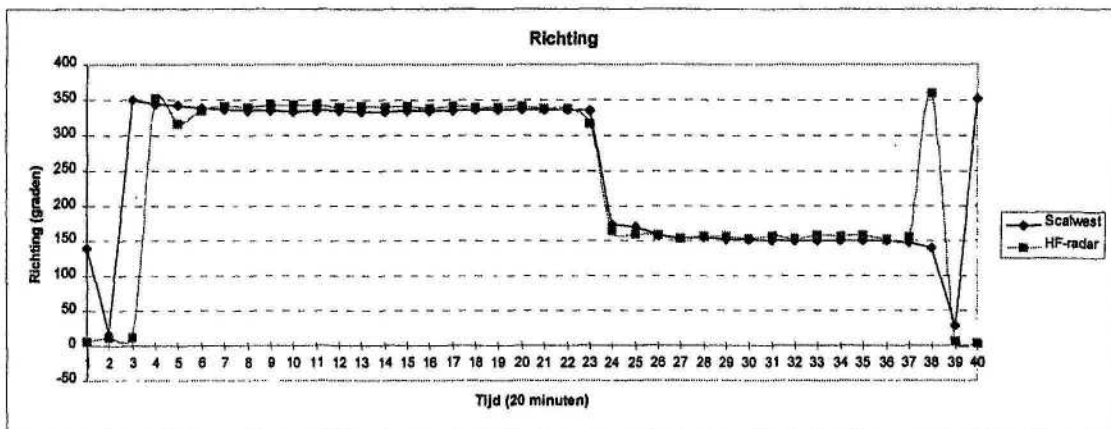
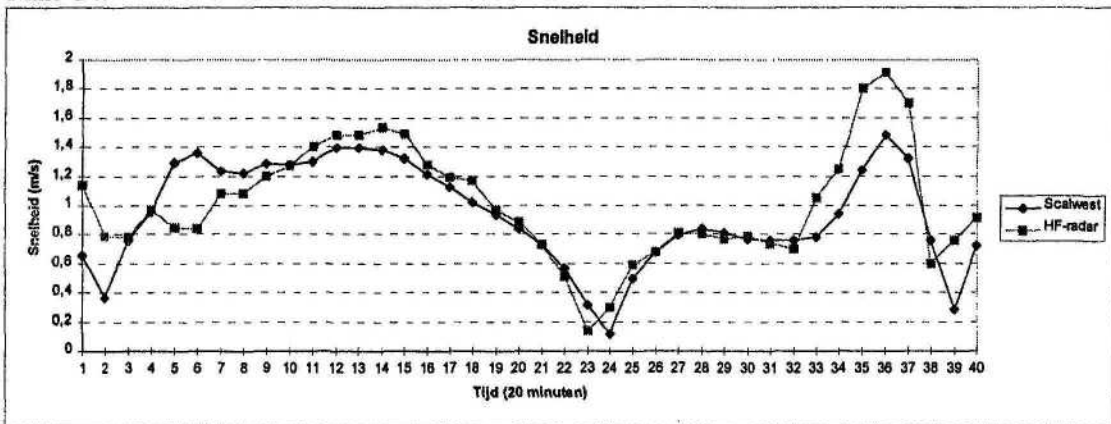


Vervolg Bijlage 23 : Vergelijking SCALWEST met HF-radar Raai C

Punt C3:



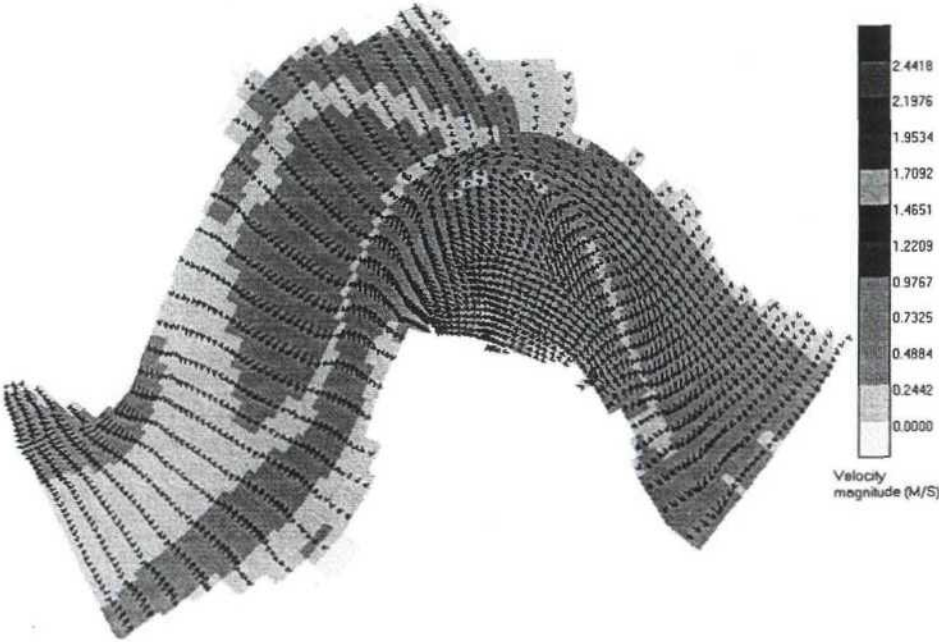
Punt C4:



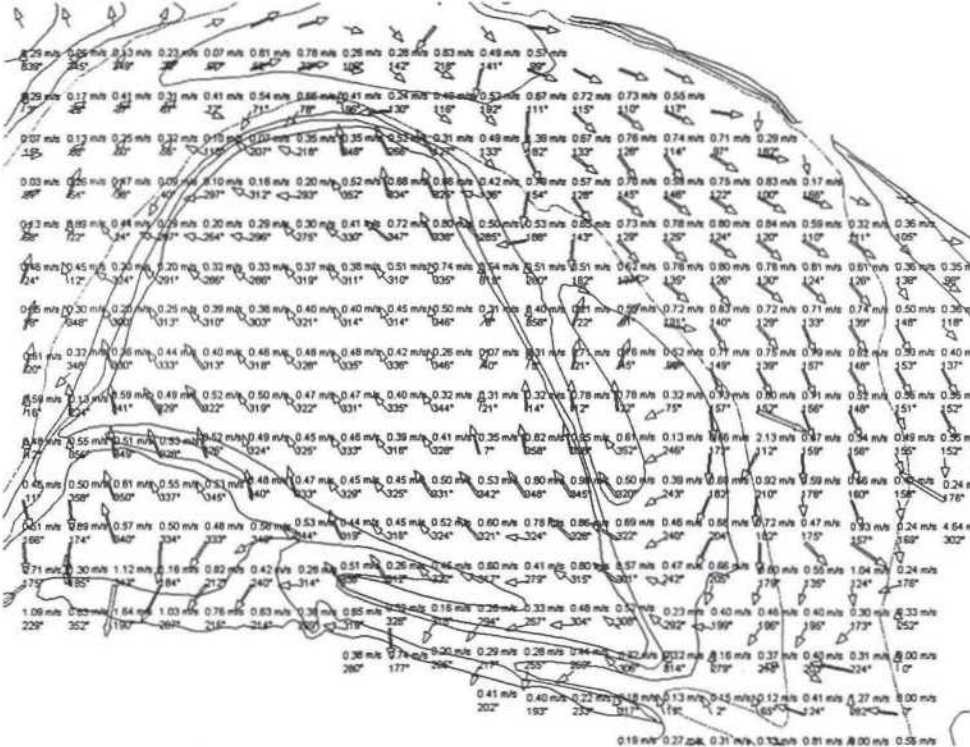
Bijlage 24 : Vergelijking SCALWEST met HF-radar (ruimtelijk)

Kentering van vloed naar eb, 28 september, 16:00.

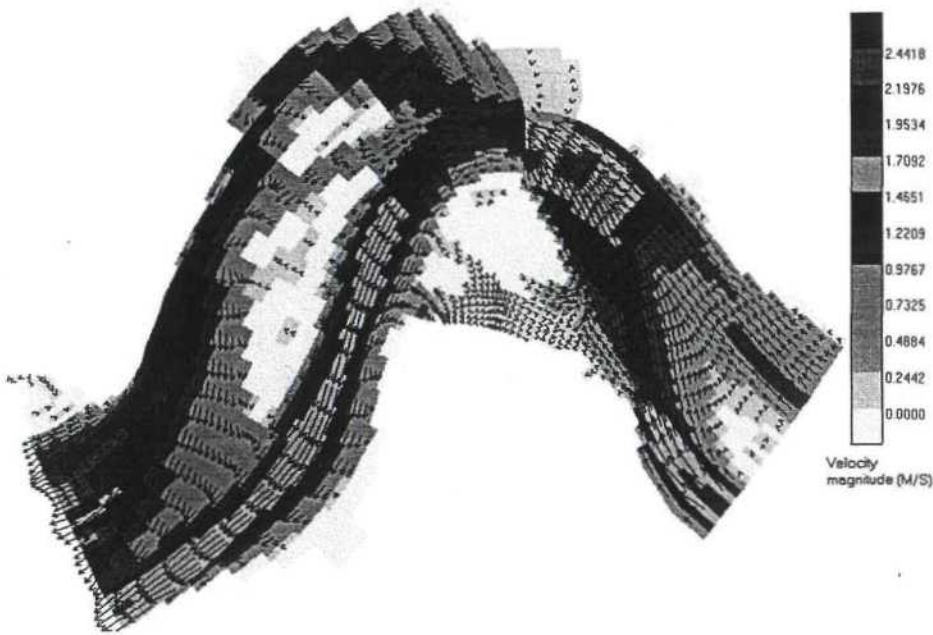
SCALWEST:



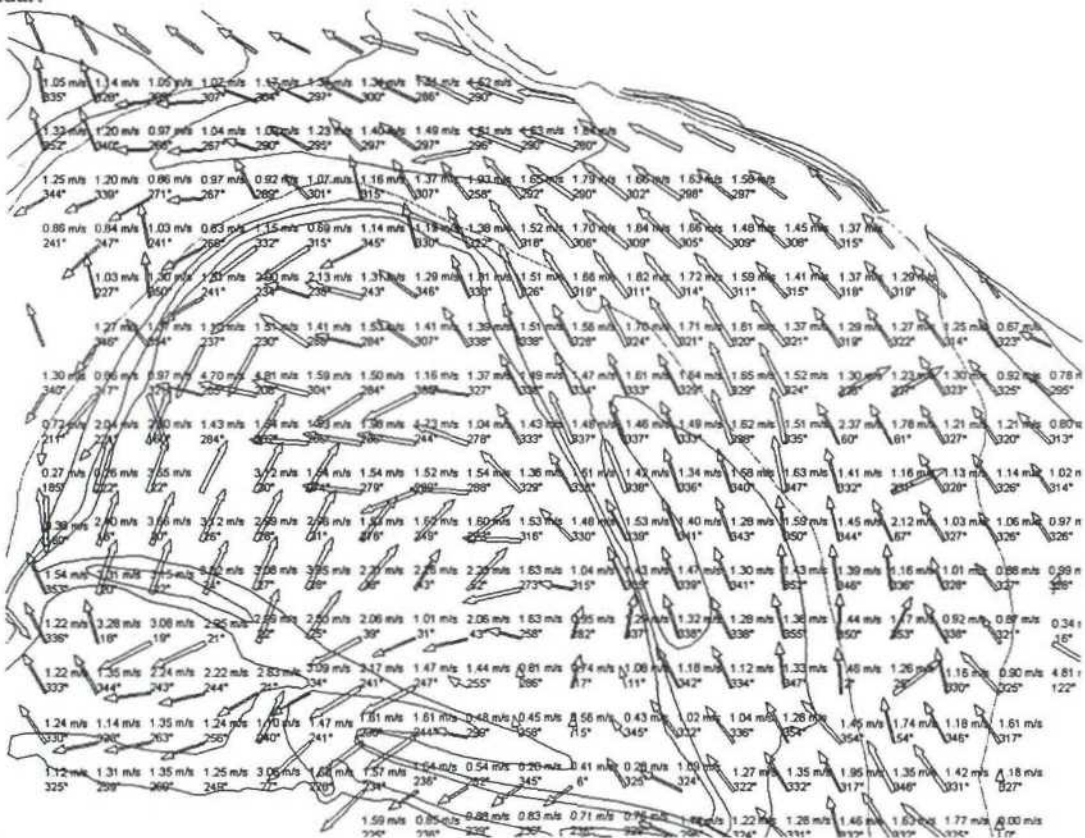
HF-radar:



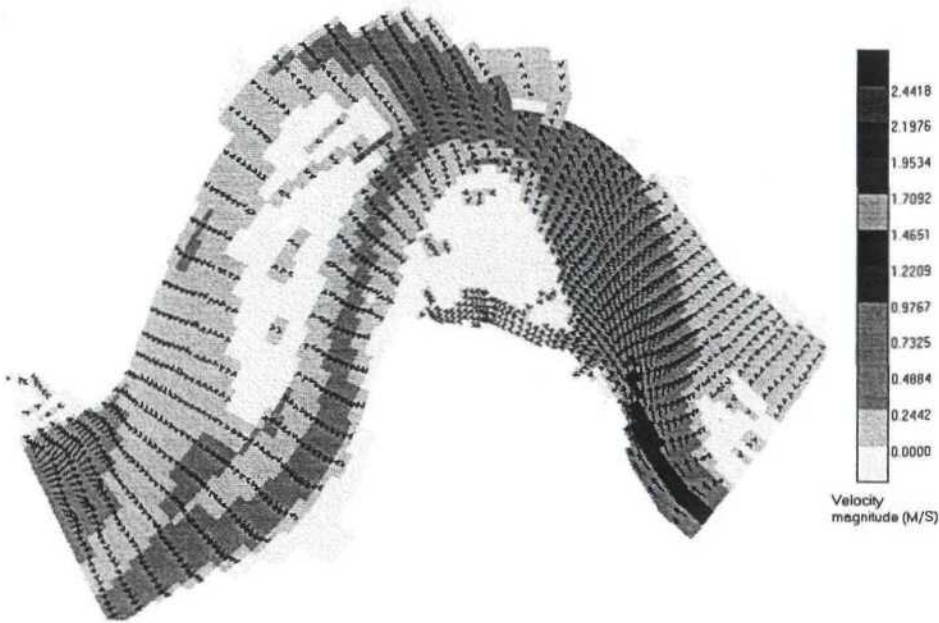
Maximum eb, 28 september 1996, 19:40:
SCALWEST:



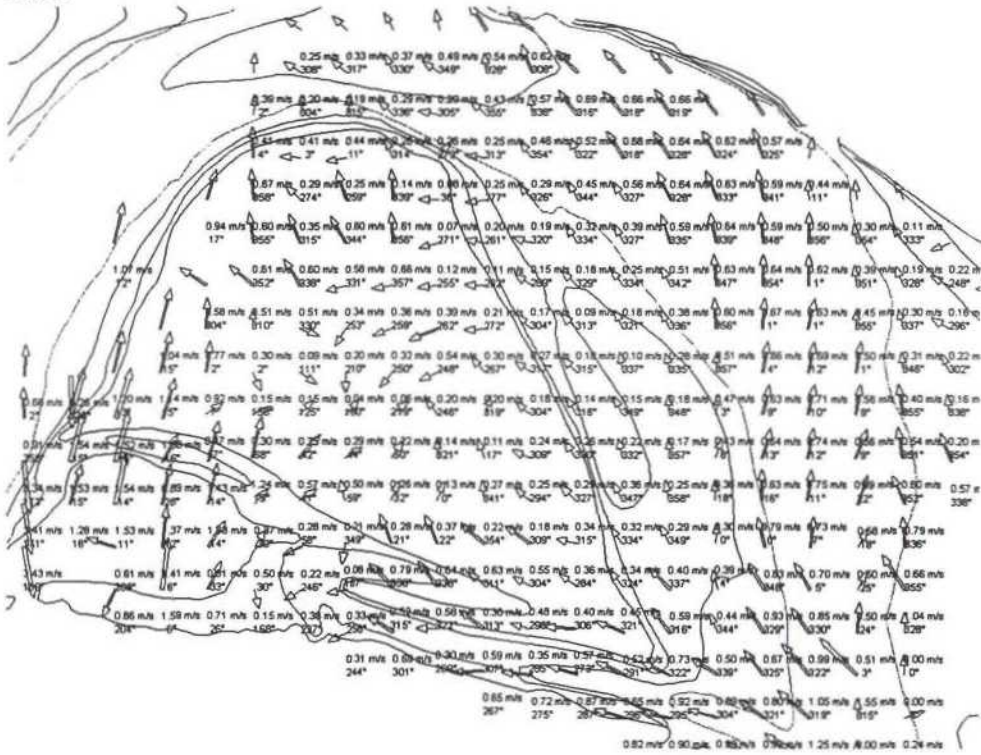
HF-radar:



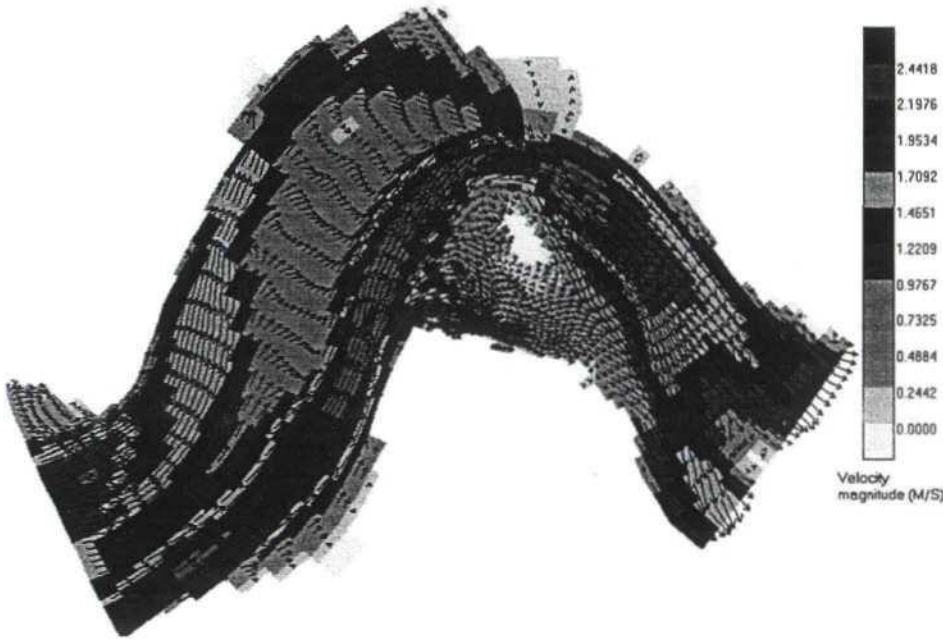
Kentering van eb naar vloed, 28 september 1996, 22:40
SCALWEST:



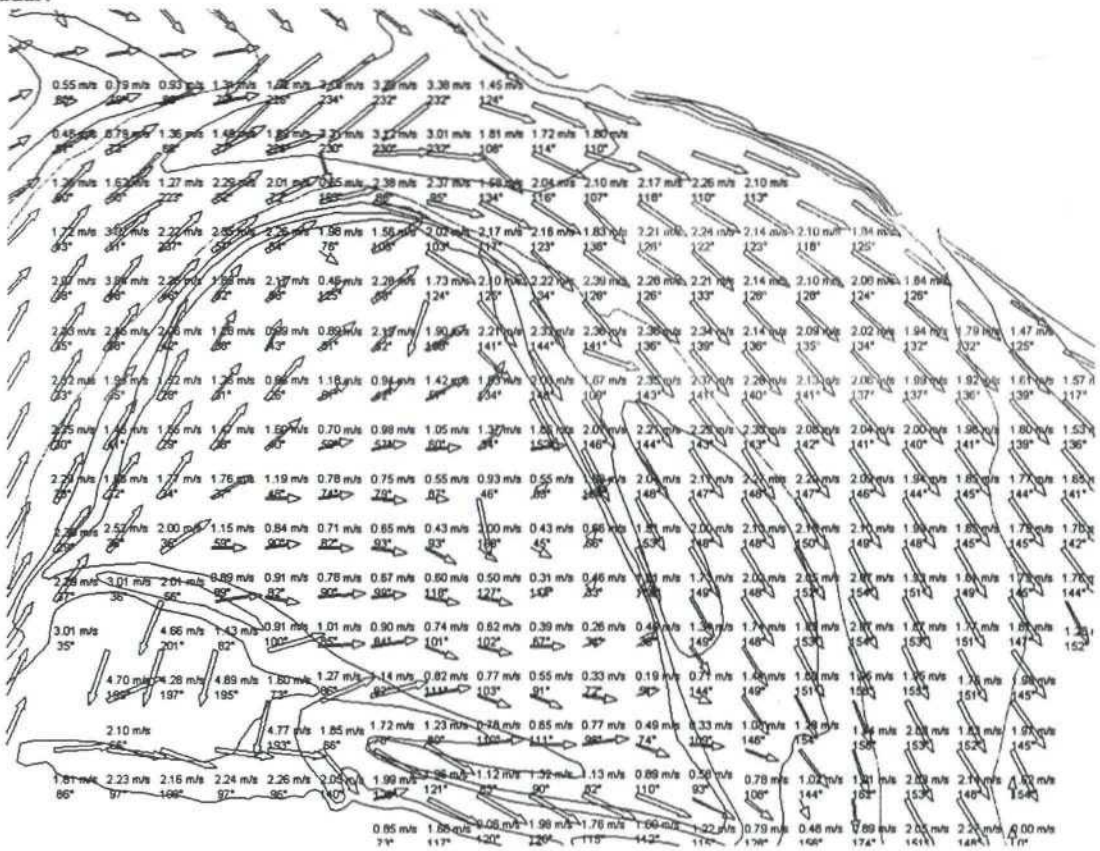
HF-radar:



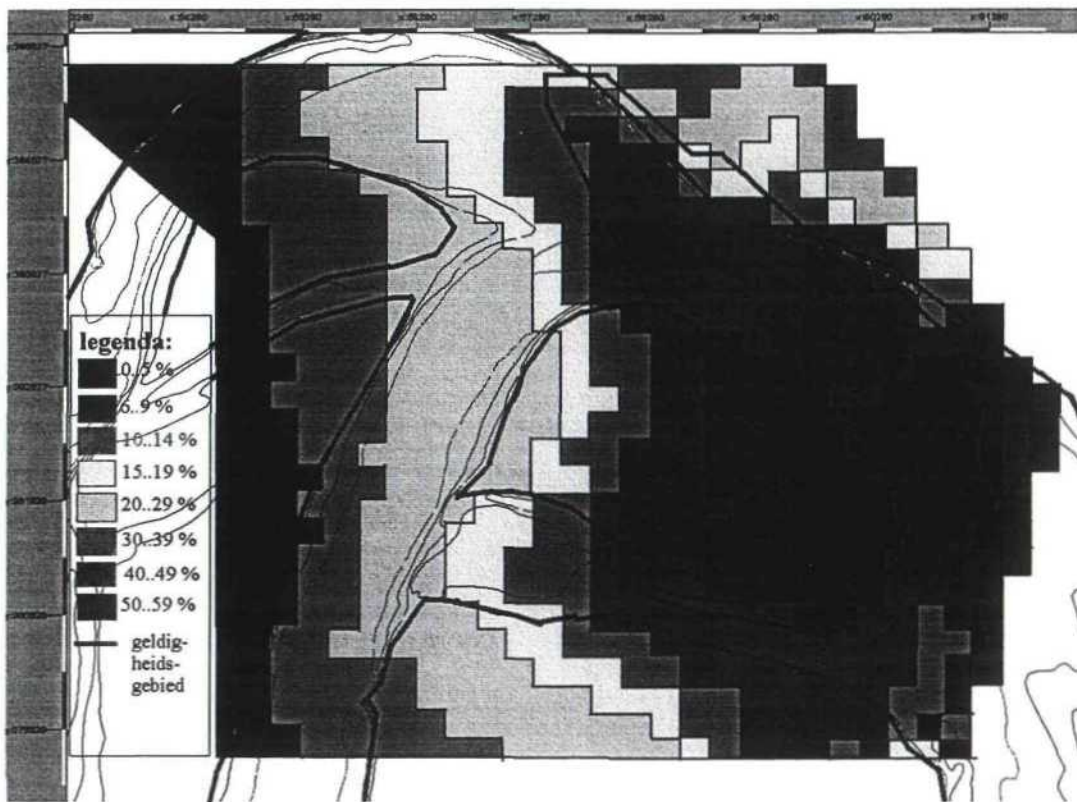
Maximum vloed:
SCALWEST:



HF-radar:

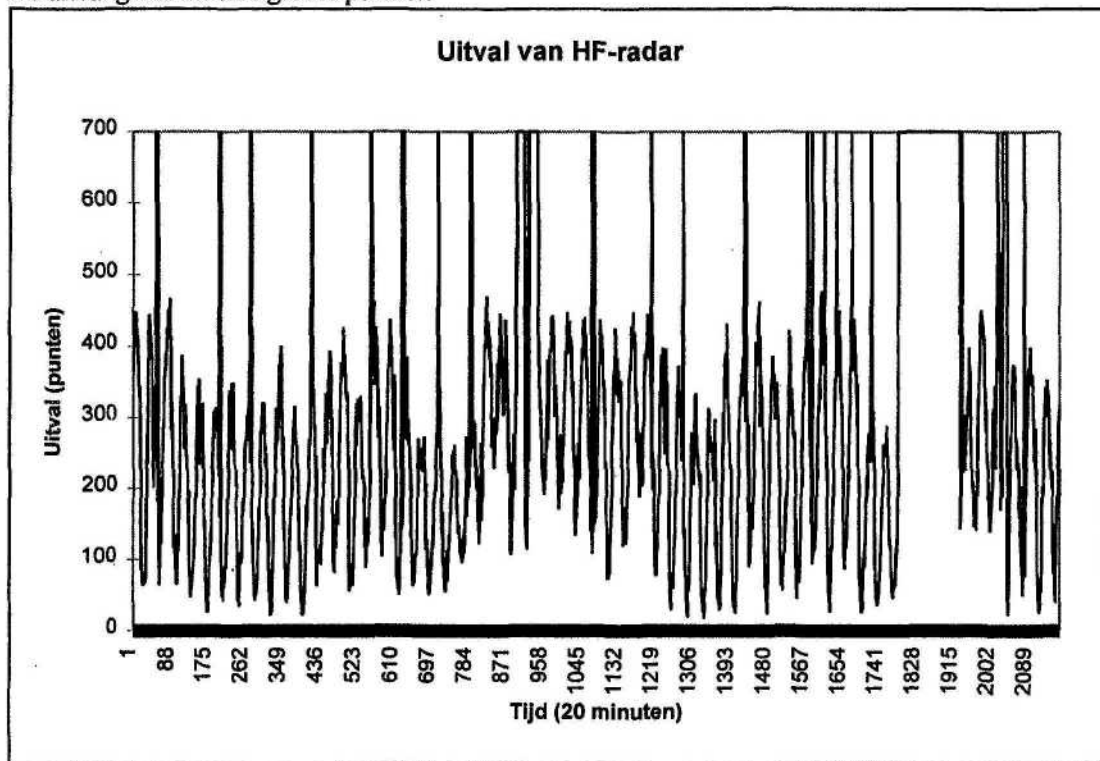


Bijlage 25 : Uitval van de HF-radar ruimtelijk gezien

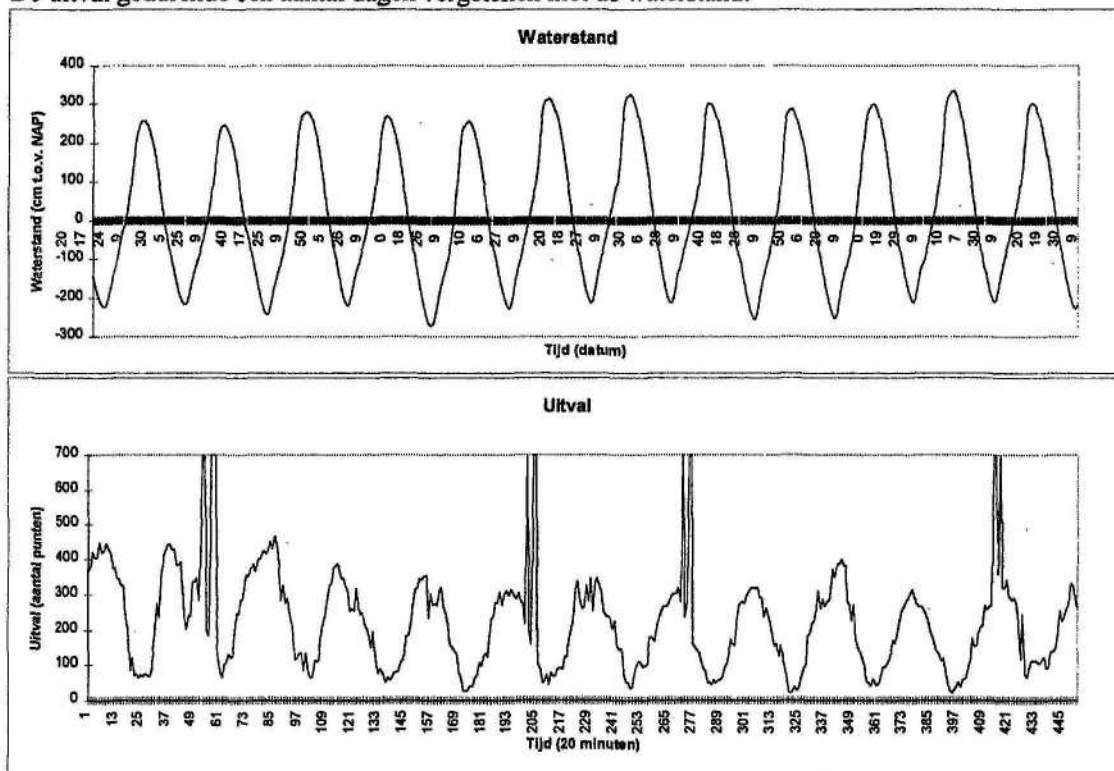


Bijlage 26 : Uitval van de HF-radar in de tijd

De uitval gedurende de gehele periode:



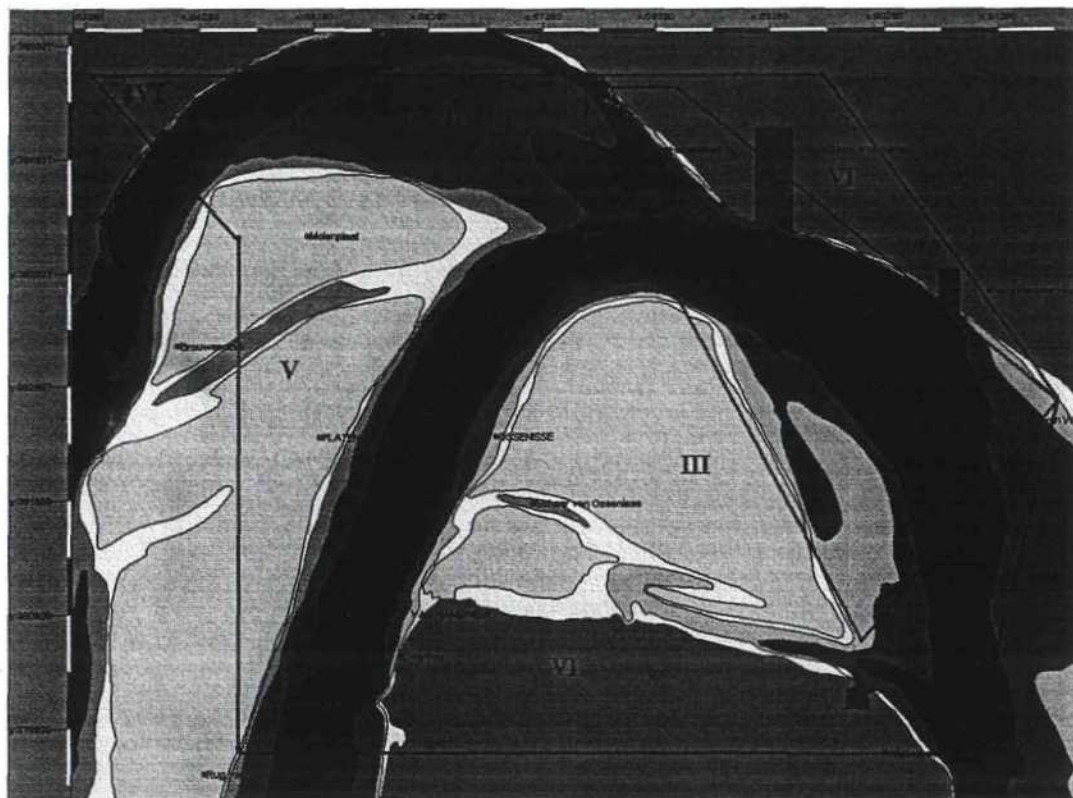
De uitval gedurende een aantal dagen vergeleken met de waterstand:



Bijlage 27 : Standaarddeviaties van de vergelijkingen

Verg	gem dwars	gem hoofd	std dwars	std hoofd
3-95-1	0,015729	0,05586	0,397404	0,424177
3-95-2	0,004708	-0,059175	0,502981	0,325861
1-96-1	0,004844	0,074754	0,191527	0,301481
2-96-1	0,023595	-0,000226	0,169109	0,192336
2-96-2	-0,085839	0,014297	0,166094	0,186814
2-96-3	0,031168	0,087218	0,210828	0,285309
3-96-1	-0,007534	-0,106971	0,191048	0,198023
ADCP B1	-0,360108	0,007446	0,202112	0,251925
ADCP B2	-0,133563	-0,050961	0,182413	0,307678
ADCP B3	-0,306849	-0,093675	0,129235	0,476852
ADCP B4	0,035646	0,083205	0,347778	0,666576
ADCP C1	0,124871	-0,02737	0,08643	0,235256
ADCP C2	0,10908	0,077865	0,221915	0,139745
ADCP C3	0,104526	0,038569	0,222415	0,346102
ADCP C4	0,219536	-0,012275	0,112618	0,183153
SW B1	-0,096462	-0,226967	0,130323	0,679341
SW B2	-0,019001	-0,018113	0,273295	0,16154
SW B3	-0,058318	-0,030651	0,205959	0,159585
SW B4	0,106826	0,059369	0,283827	0,385672
SW C1	-0,074187	-0,068625	0,220961	0,227885
SW C2	-0,091219	-0,025691	0,176621	0,154003
SW C3	-0,049026	0,005858	0,249297	0,200934
SW C4	-0,03989	0,017601	0,156113	0,399514

Bijlage 28: Betrouwbaarheidsgebied



LEGENDA CLJFERS:

- I : Betrouwbaar
- II : Redelijk betrouwbaar
- III : Redelijk betrouwbaar tijdens hoogwater
- IV : Minder betrouwbaar tijdens hoogwater
- V : Weinig betrouwbaar
- VI : Niet betrouwbaar (op land)

LEGENDA DIEPTE t.o.v. NAP

- | | |
|--------------|------------------|
| land +0.0 m | -10...-5 m |
| plaat +0.0 m | -20...-10 m |
| -2...0 m | dieper dan -20 m |
| -5...-2 m | |
- grens HF-radar grid
 grens betrouwbaarheidsgebied