

Vlottermetingen CDW Deurganckdok

T0 - APRIL 2009



816_03 WL Rapporten

Vlottermetingen CDW Deurganckdok

T0 - april 2009

Plancke, Y.; Vanlede, J.; Mostaert, F.

Augustus 2009

WL2009R816_03_rev2_0

Deze publicatie dient als volgt geciteerd te worden:

Plancke, Y.; Vanlede, J.; Mostaert, F. (2009). Vlottermetingen CDW Deurganckdok: T0 - april 2009. Versie 2.0. WL Rapporten, 816_03. Waterbouwkundig Laboratorium: Antwerpen, België



Waterbouwkundig Laboratorium

Flanders Hydraulics Research

Berchemlei 115
B-2140 Antwerpen
Tel. +32 (0)3 224 60 35
Fax +32 (0)3 224 60 36
E-mail: waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be
www.watlab.be

Niets uit deze uitgave mag worden verveelvoudigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze ook zonder voorafgaandelijke schriftelijke toestemming van de uitgever.



Documentidentificatie

Titel:	Vlottermetingen CDW Deurganckdok: T0 - april 2009		
Opdrachtgever:	MOW - afdeling Maritieme Toegang	Ref.:	WL2009R816_03_rev2_0
Keywords (3-5):	Vlottermetingen, Deurganckdok, CDW, T0		
Tekst (p.):	12	Tabellen (p.):	/
Bijlagen (p.):	6	Figuren (p.):	/
Vertrouwelijk:	<input type="checkbox"/> Ja	Uitzondering:	<input type="checkbox"/> Opdrachtgever
			<input type="checkbox"/> Intern
			<input type="checkbox"/> Vlaamse overheid
		Vrijgegeven vanaf	
	<input checked="" type="checkbox"/> Nee		<input checked="" type="checkbox"/> Online beschikbaar

Goedkeuring

Auteur Ir. Yves Plancke	Revisor Ir. Joris Vanlede	Projectleider Ir. Yves Plancke	Afdelingshoofd Dr. Frank Mostaert
----------------------------	------------------------------	-----------------------------------	--------------------------------------

Revisies

Nr.	Datum	Omschrijving	Auteur
1_0	02/06/2009	Conceptversie	Plancke, Y.
1_1	17/08/2009	Inhoudelijke revisie	Plancke, Y.; Vanlede, J.
1_2	25/08/2009	Revisie opdrachtgever	Roose, F.
2_0	25/08/2009	Definitieve versie	Plancke, Y.

Abstract

In de afgelopen jaren werd onderzoek uitgevoerd naar de haalbaarheid en de efficiëntie van een Current Deflecting Wall (CDW) voor het Deurganckdok. Het bouwen van een CDW kan leiden tot een reductie van de onderhoudsbaggerwerkzaamheden. Op basis van dit onderzoek heeft de afdeling Maritieme Toegang beslist over te gaan tot de bouw van een CDW. Hiervoor werden de nodige vergunningen bekomen. In 2009 zal met de bouw van start gegaan worden.

Om de invloed van de CDW na te gaan is het van belang te beschikken over een goede beschrijving van de referentietoestand. Naast de aanslibbingen in het Deurganckdok, zullen ook de stromingen in de omgeving van het Deurganckdok door de bouw van de CDW beïnvloed worden.

Dit rapport beschrijft de resultaten van de GPS-vlottermetingen die uitgevoerd werden in april 2009 en die als referentietoestand voor de stromingen zullen fungeren. Na de bouw van de CDW zullen de metingen herhaald worden op de invloed van de CDW op de stromingen na te kunnen gaan.

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave.....	I
Lijst van de tabellen	II
Lijst van de figuren	III
1 Inleiding.....	1
2 Beschrijving GPS-vlottermeettechniek.....	2
2.1 Vlotters.....	2
2.2 Global Positioning System (GPS).....	3
2.3 Metingen	3
2.4 Verwerking.....	4
3 Resultaten	5
3.1 Getijcondities	5
3.2 Wind.....	6
3.3 Stroming.....	7
3.4 Saliniteit	8
3.5 Vlottermetingen.....	9
4 Bespreking	11
5 Referentielijst	12
Bijlage A: Resultaten vlottermetingen	B1

Lijst van de tabellen

Tabel 1 – Overzicht getij te Liefkenshoek	6
Tabel 2 – Overzicht wind te Zandvliet	7
Tabel 3 – Karakteristieke waarden saliniteit te Boei 84 en Deurganckdok – DP World.....	9

Lijst van de figuren

Figuur 1 – Luchtfoto van het studiegebied (bron: Google Earth)	1
Figuur 2 – Onderdelen GPS vlotter: boei (links), kruisvormig paneel (midden), GPS-toestel (rechts).....	2
Figuur 3 – Overzicht studiegebied (zwart)	5
Figuur 4 – Getij te Liefkenshoek op 24/04/2009 (blauw) en 27/04/2009 (rood) tijdens de vlottermetingen	6
Figuur 5 – Wind te Zandvliet op 24/04/2009 (blauw) en 27/04/2009 (rood) tijdens de vlottermetingen	7
Figuur 6 – Overzicht stroomsnelheid (-) en –richting (–) te Boei 84 (24/04/2009 – blauw en 27/04/2009 – rood).....	8
Figuur 7 – Overzicht conductiviteit te Boei 84 en Deurganckdok op beide meetdagen.....	8
Figuur 8 – Overzicht meetperiodes van de vlottermetingen 24/04/2009 – oppervlakte (blauw) – diepte (rood).....	10
Figuur 9 – Overzicht meetperiodes van de vlottermetingen 27/04/2009 – oppervlakte (blauw) – diepte (rood).....	10
Figuur A10 – Vlotterbanen per meetdag – 24/04/2009 (links) en 27/04/2009 (rechts)	B1
Figuur A11 – Vlotterbanen per diepte (voor beide meetdagen) oppervlaktevlotter (links) en dieptevlotter (rechts)	B2
Figuur A12 – Snelheidsvectoren (voor beide meetdagen) HW – 5u (links) en HW – 4u (rechts) (in cm/s) ..	B3
Figuur A13 – Snelheidsvectoren (voor beide meetdagen) HW – 3u (links) en HW – 2u (rechts) (in cm/s) ..	B4
Figuur A14 – Snelheidsvectoren (voor beide meetdagen) HW – 1u (links) en HW (rechts) (in cm/s)	B5
Figuur A15 – Snelheidsvectoren (voor beide meetdagen) HW + 1u (links) en HW + 2u (rechts) (in cm/s) ..	B6

1 Inleiding

In de afgelopen jaren werd door externe partijen onderzoek uitgevoerd naar de haalbaarheid en de efficiëntie van een Current Deflecting Wall (CDW) voor het Deurganckdok (Van Kessel et al., 2003; Bijlsma et al., 2004; van Maren, 2006). Het bouwen van een CDW kan leiden tot een reductie van de onderhoudsbaggerwerkzaamheden. Op basis van dit onderzoek heeft de afdeling Maritieme Toegang beslist over te gaan tot de bouw van een CDW. Hiervoor werden de nodige vergunningen bekomen. In 2009 zal met de bouw van start gegaan worden.

Om de uiteindelijke invloed van de CDW na te gaan is het van belang te beschikken over een goede beschrijving van de referentietoestand ("T0"). Naast de aanslibbingen in het Deurganckdok, zullen ook de stromingen in de omgeving van het Deurganckdok door de bouw van de CDW beïnvloed worden. Daartoe is het ook noodzakelijk om een goede beschrijving te hebben van de referentietoestand inzake stromingen. Voorliggend rapport beschrijft deze referentietoestand inzake stromingen.



Figuur 1 – Luchtfoto van het studiegebied (bron: Google Earth)

Dit rapport beschrijft de resultaten van deze T0-meetcampagne. In hoofdstuk 2 wordt een beschrijving gegeven van de gebruikte meettechniek. In hoofdstuk 3 worden de resultaten van de meetcampagne gepresenteerd. In hoofdstuk 4 volgt een bespreking van de resultaten.

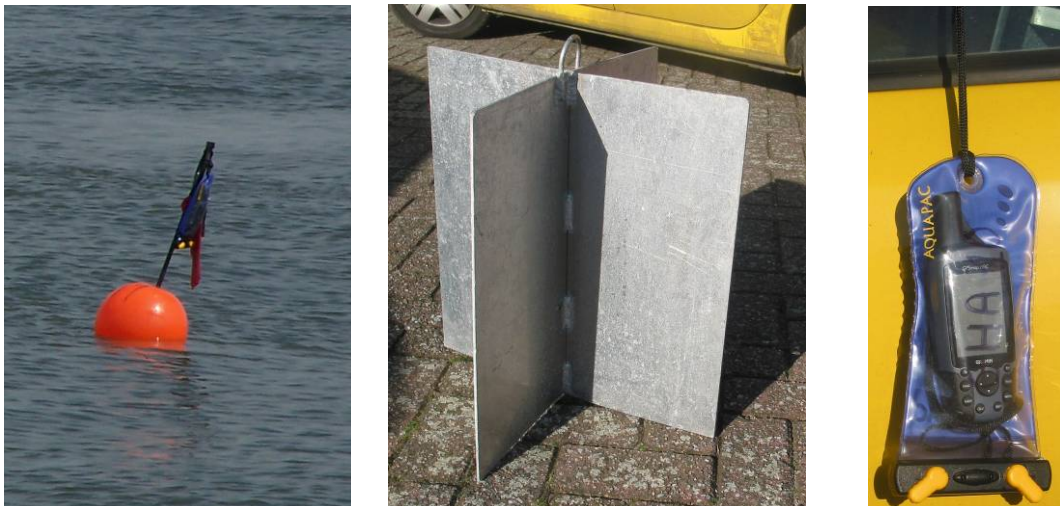
2 Beschrijving GPS-vlottermeettechniek

Het principe om stroompatronen op te meten is gebaseerd op het gebruik van vlotters in combinatie met GPS-toestellen. De vlotters, bestaande uit een drijvende boei en een in diepte verstelbaar paneel (de aandrijvende kracht van de vlotter), worden door de stroming meegevoerd. Een GPS-toestel met interne dataopslag maakt het mogelijk om met een bepaalde frequentie de positie van de vlotter op te slaan. Op deze manier kan een beeld verkregen worden van het Lagrangiaans stromingspatroon. Hieronder wordt verder ingegaan op de diverse onderdelen van de vlotter. Daarnaast wordt de GPS techniek beknopt beschreven.

2.1 Vlotters

De vlotters die gebruikt worden voor het opmeten van de stroompatronen bestaan uit volgende onderdelen (zie figuur 2):

- Drijvend element, "boei"
- Kruisvormig paneel
- Verbinding tussen de boei en het paneel
- GPS-toestel in waterdichte verpakking "aquapack"



Figuur 2 – Onderdelen GPS vlotter: boei (links), kruisvormig paneel (midden), GPS-toestel (rechts)

Het drijvende element bestaat uit een boei waaraan aan de bovenzijde het GPS-toestel kan bevestigd worden, terwijl aan de onderkant het paneel wordt bevestigd. De afmetingen van de boei zijn bepaald door enerzijds het drijfvermogen van de boei, anderzijds de eis dat de boei zo weinig mogelijk boven het wateroppervlak uitsteekt om de directe effecten van wind te beperken. De bolvormige boeien die bij deze meting zijn gebruikt hebben een diameter van ca. 35 cm.

De structuur waarop de stroming inwerkt, en zo de vlotter voortstuwt, zijn kruisvormige aluminium panelen. De afmetingen van dergelijk paneel zijn ca. 50 cm hoog en ca. 40 cm breed. Het paneel is verbonden met de boei door middel van een touw. De diepte van het paneel, en zo ook de diepte waarop de stroming inwerkt, kan eenvoudig worden aangepast door de lengte van het touw aan te passen. Voor deze metingen wordt gebruik gemaakt van zowel oppervlakte- als dieptevlotters.

De GPS-toestellen, die toelaten met een bepaalde frequentie de positie op te slaan, worden in een

waterdichte verpakking (een zgn. "aquapack") aan de boei bevestigd.

2.2 Global Positioning System (GPS)

Bron: www.wikipedia.org

Een satelliet plaatsbepalingssysteem gebruikt verschillende satellieten die boven het aardoppervlak cirkelen. GPS gebruikt minimaal 24 (momenteel 30) verschillende satellieten die elk in een van de zes banen op 20.200 km hoogte cirkelen, op een zodanige manier dat er vanaf elke plaats op aarde op elk moment minstens 4 satellieten te 'zien' zijn.

Het meetprincipe van de plaatsbepaling is gebaseerd op de afstandsmeting tussen satelliet en ontvanger en het bekend zijn van de positie van de satelliet. De afstanden tussen de satelliet en de ontvanger worden uit de gemeten looptijden van radiogolven afgeleid. De satellieten zenden de informatie op twee frequenties uit. Op deze frequenties zijn dan met modulatietechnieken digitale codes aangebracht. Die codes bevatten informatie over de satelliet zelf, zijn keplerse baanparameters, de onderlinge synchronisatie van de satellietklokken, en de benaderde baanparameters van alle satellieten. Deze codes vormen samen de informatie die van belang is voor de plaatsbepaling.

Het principe van het systeem berust erop dat iedere satelliet een zeer nauwkeurig radiosignaal uitzendt met daarin zijn identificatie plus een zeer precieze tijdmelding (iedere satelliet heeft meerdere atoomklokken aan boord). De baan van iedere satelliet is vooraf benaderend bekend, dus ook de plaats waarvan het signaal verzonden is (de precieze baan is slechts een tijdje na de meting beschikbaar en kan gebruikt worden om de nauwkeurigheid te verhogen). Door na te gaan hoeveel vertraging er is tussen het uitzenden en de ontvangst van het tijdsignaal, kan de ontvanger berekenen hoever hij van die satelliet verwijderd is. Omdat de lichtsnelheid constant en in alle richtingen even groot is, wordt hiermee de ontvanger op een bol geplaatst met de satelliet in het denkbeeldige middelpunt. Ontvangst van een tweede signaal plaatst de ontvanger op een tweede denkbeeldige bol, en dus op de snijlijn van de twee 'bollen' van beide satellieten: een cirkel. Het signaal van de derde satelliet maakt maar twee punten mogelijk als oplossing van de drie satellietpeilingen. Slechts één van deze twee punten bevindt zich op een plek in de buurt van het aardoppervlak.

Doordat de klokken in de ontvanger, die een onnauwkeurige kwartsklok gebruiken, en de satelliet onmogelijk gesynchroniseerd kunnen worden is voor een nauwkeurige meting het signaal van een vierde satelliet nodig, dit probleem wordt ook wel de klokfout genoemd. Om deze extra onbekende te vinden is een vierde satelliet nodig. Het probleem komt dan neer op het bepalen van een Δt en dus ΔR van alle bollen, zodat deze precies in één punt snijden. Voor een exacte hoogteberekening op aarde zijn meer satellietpeilingen nodig. Voor het hele systeem geldt: hoe meer satellieten hoe nauwkeuriger de berekende positie. Ook de onderlinge positie van de satellieten (constellatie) heeft invloed op de nauwkeurigheid, bij een goede spreiding zal het mogelijke volume waarin de ontvanger zich kan bevinden kleiner zijn en een gunstiger vorm hebben. Dit kan gevisualiseerd worden door bovengenoemde bollen een "schil" te geven met een dikte gelijk aan twee keer de mogelijke fout. Het snijpunt van de bollen is dan geen punt maar een "doos" waarin de ontvanger zich bevindt.

2.3 Metingen

Bij het uitvoeren van vlottermetingen worden verschillende (6 voor de hier beschreven meetcampagne) vlotters gebruikt die van op meetschepen in het water worden geplaatst en nadien ook door het meetschip uit het water worden opgevist.

De GPS-toestellen die worden gebruikt zijn van het type Garmin GPSMAP 60C. Voor de

nauwkeurigheid qua positiebepaling van de toestellen wordt 3 à 5 m opgegeven. De instellingen laten toe de frequentie van opslag van een positie in te stellen. Voor deze metingen werd een opslagfrequentie gekozen van één positie elke 5 seconden. Met deze instellingen is het mogelijk 830 minuten (bijna 14 uren) continu metingen uit te voeren, daar er 10.000 meetpunten kunnen opslagen worden.

Tijdens de meetcampagne werd geopteerd om de GPS-toestellen continu te laten registreren. Hierdoor bestaat de opgeslagen informatie zowel uit de stroommetingen als uit niet relevante data (vlotter aan boord van het meetschip). Aan boord van elk meetschip werd dan ook telkens het begin- en eindtijdstip van een gemeten stroombaan genoteerd.

2.4 Verwerking

De opgeslagen posities dienen nadien uitgelezen en verwerkt te worden. Het uitlezen gebeurt met het programma Garmin MapSource. In de verwerking worden eerst de stroombanen uit de continue reeks van meetdata gefilterd. Dit gebeurt via een zelf ontwikkelde MATLAB-routine. Deze routine laat tevens toe een aantal geselecteerde stroombanen te visualiseren. Op deze manier worden de afzonderlijke stroombanen gecontroleerd op anomalieën. Dit gebeurt visueel, waarbij de belangrijkste fouten zich kunnen voordoen rond het begin en het einde van de stroombaan (begintijdstip te vroeg, eindtijdstip te laat). Om dit te voorkomen werden steeds de eerste 30 seconden na het inwerpen en de laatste 30 seconden voor het uithalen verwijderd.

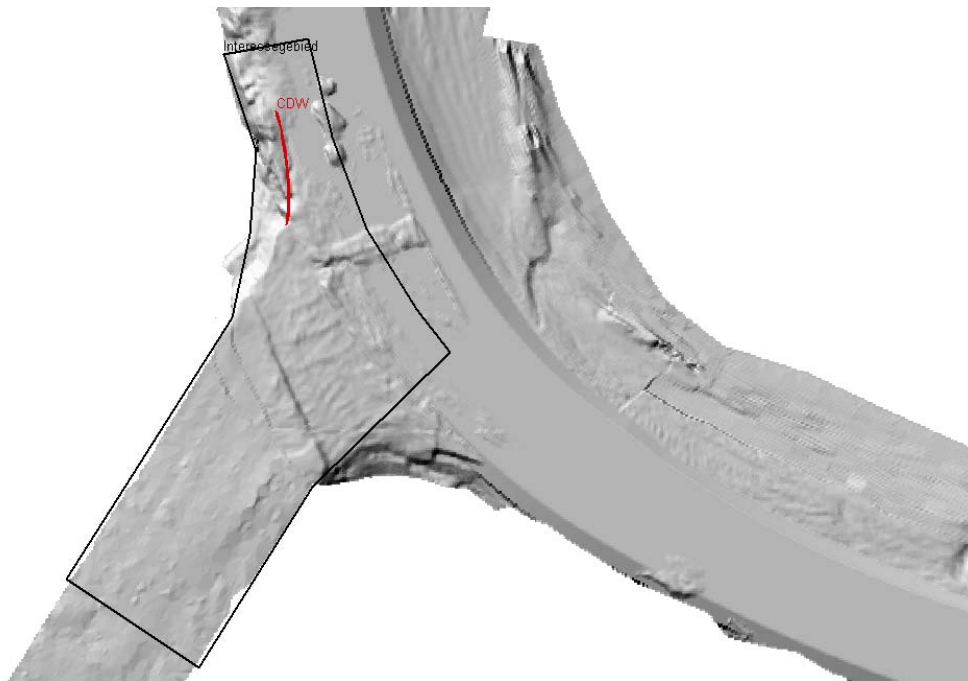
Met de MATLAB-routine worden ook de figuren gegenereerd voor het presenteren van de resultaten. De verschillende stroombanen worden per gebied voor zowel eb als vloed weergegeven. Aangezien alle vlotters op een zelfde diepte hebben gemeten, worden alle banen in dezelfde kleur gepresenteerd.

Daarnaast kunnen met een tweede MATLAB-routine uit de stroombanen de snelheidsvectoren afgeleid worden. De stroomsnelheid en –richting wordt gemiddeld over een bepaald opeenvolgend aantal meetpunten (hier 180 seconden). Deze snelheidsvectoren worden opgedeeld per tijdsblok van één uur in het getij.

3 Resultaten

Voor het bepalen van de referentietoestand T0 werden op 2 dagen vlottermetingen uitgevoerd, vrijdag 24 april en maandag 27 april 2009. De metingen werden uitgevoerd met het meetschip MS Parel II en vonden plaats gedurende de periode van vloed, daar er gedurende de eb geen effect mogelijk is van de toekomstige CDW op de stroming ter hoogte van de ingang van het Deurganckdok. Zowel oppervlakte- als dieptevlotters werden gebruikt. Bij de oppervlaktevlotters werd een verbindingstouw van 3 m lengte gebruikt, terwijl bij de dieptevlotters een touw van 10 m (in de periode van laagwater tot halftij) of 14 m (in de periode van halftij tot hoogwater) werd gebruikt.

Het studiegebied strekt zich uit van ca. 250 m zeewaarts van de CDW tot de opwaartse kaaimuur van Deurganckdok, tot ca. 1000 m in het Deurganckdok. Dit wordt weergegeven in figuur 3. Op deze manier zal een beeld verkregen worden van zowel het directe effect van de CDW op de stroming (afbuigen onderste waterlagen weg van het dok, afbuigen bovenste waterlagen in het dok), alsook van het indirecte effect (reduceren van de neer aan de ingang van het Deurganckdok).



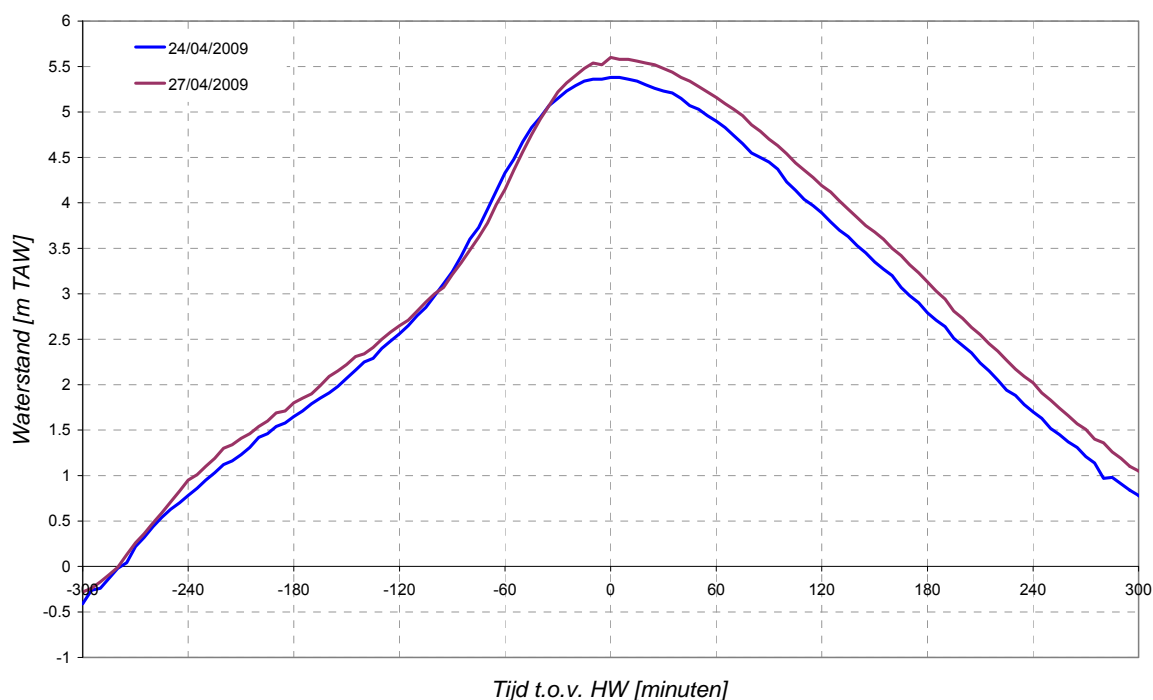
Figuur 3 – Overzicht studiegebied (zwart)

3.1 Getijcondities

Het Deurganckdok is gelegen net afwaarts van het waterstandstation van Liefkenshoek. De waterstanden tijdens de vlottermetingen zijn opgenomen in figuur 4. Voor de presentatie van de resultaten is het tijdstip van hoogwater te Liefkenshoek gekozen. De waterstanden die gepresenteerd worden op de figuur zijn deze van de beide meetdagen. Hieronder zijn ook de karakteristieke waarden van de getijden tijdens de meetdagen opgenomen. Daarnaast zijn ook de 10-jaar gemiddelde waarden voor gemiddeld getij en voor springtij opgenomen in de tabel. Hieruit blijkt dat de getijcondities op beide meetdagen overeenstemmen met deze van een gemiddeld springtij.

Tabel 1 – Overzicht getij te Liefkenshoek

<i>Liefkenshoek</i>	LW [cm TAW]	HW [cm TAW]	LW [cm TAW]	Stijging [cm]	Daling [cm]
24/04/2009	-49	+538	-32	587	570
27/04/2009	-32	+560	-27	592	587
1991-2000 Gemiddeld tij	5	519			
1991-2000 Springtij	-18	563			



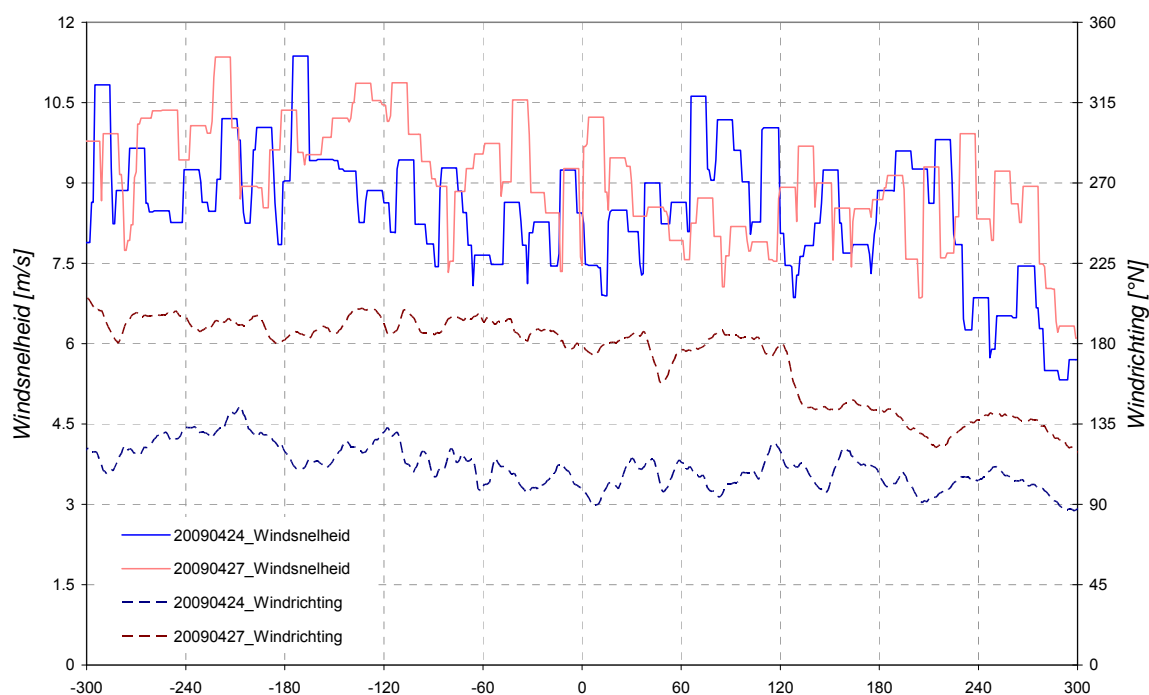
Figuur 4 – Getij te Liefkenshoek op 24/04/2009 (blauw) en 27/04/2009 (rood) tijdens de vlottermetingen

3.2 Wind

Het Deurganckdok is gelegen net opwaarts van het windstation van Zandvliet (Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen). De windgegevens tijdens de vlottermetingen zijn opgenomen in de figuur 5. De windsnelheid bedraagt de maximaal opgetreden windsnelheid over een interval van 10 minuten. Tijdens de metingen heerste op beide meetdagen matige zuidoosten wind. Dit is in tegengestelde richting van de vloedstroming, zodat op de bovenste waterlagen een beperkt remmend effect van de wind kan teruggevonden worden.

Tabel 2 – Overzicht wind te Zandvliet

Liefkenshoek	Windsnelheid (10' max) [m/s]	Windrichting [°N]
24/04/2009	Variërend tussen 8 en 10 m/s	oost – zuidoost
27/04/2009	Variërend tussen 8 en 10 m/s	zuid, draaiend naar zuidoost

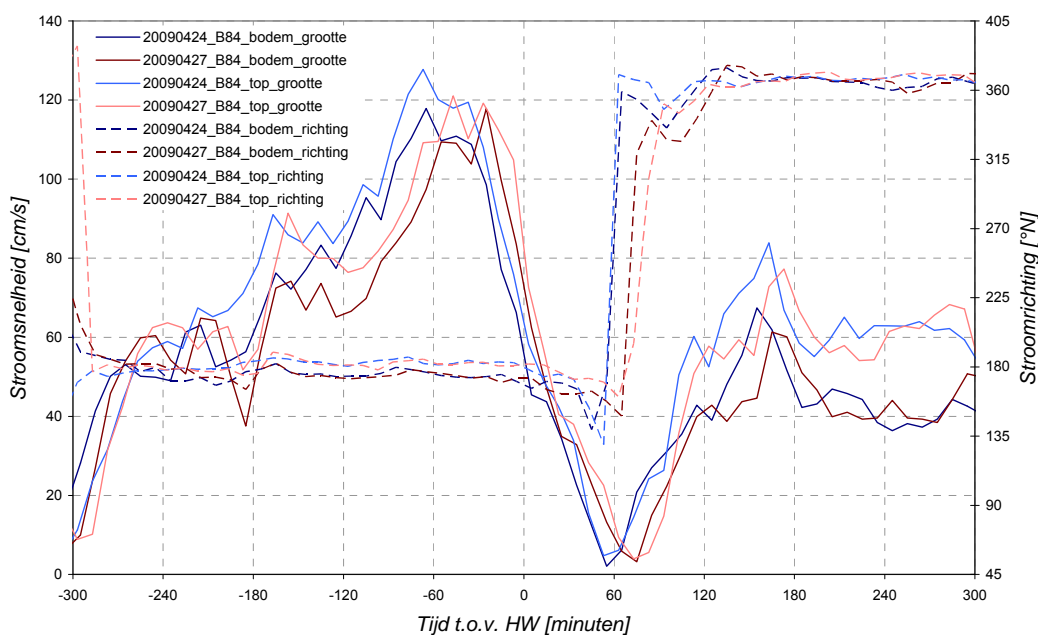


Figuur 5 – Wind te Zandvliet op 24/04/2009 (blauw) en 27/04/2009 (rood) tijdens de vlottermetingen

(Bron: Gemeentelijk Havenbedrijf Antwerpen)

3.3 Stroming

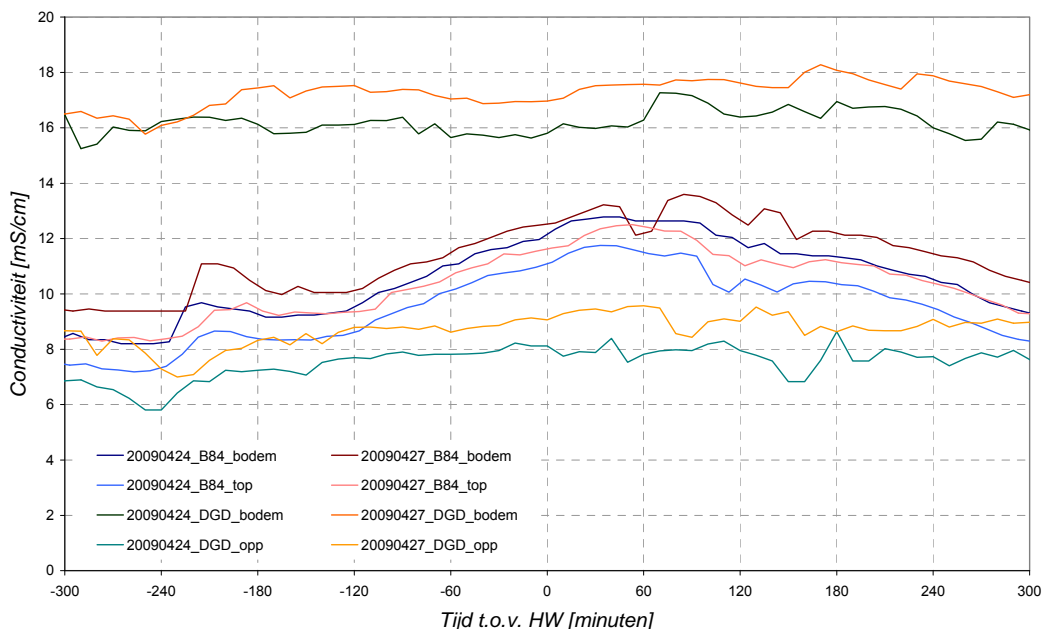
Om de vergelijking met de toekomstige metingen mogelijk te maken, wordt het permanente meetpunt ter hoogte van Boei 84 als referentie opgenomen. Op dit punt wordt met 2 multiparametersondes (type Aanderaa RCM-9) in een frame om 2 hoogten (resp. 0,8 m en 3,3 m boven de bodem) de stroomsnelheid en stroomrichting. Op onderstaande figuur wordt de stroomsnelheid en -richting op beide hoogten weergegeven voor beide meetdagen.



Figuur 6 – Overzicht stroomsnelheid (-) en –richting (--) te Boei 84 (24/04/2009 – blauw en 27/04/2009 - rood)

3.4 Saliniteit

Om de vergelijking met de toekomstige metingen mogelijk te maken, wordt het permanente meetpunt ter hoogte van Boei 84 als referentie opgenomen voor de conductiviteit. Daarnaast worden ook de metingen van de conductiviteit aan de ingang van het Deurganckdok (kant DP World) weergegeven (*bron: IMDC*). Op onderstaande figuur worden deze metingen voor beide meetdagen voorgesteld.



Figuur 7 – Overzicht conductiviteit te Boei 84 en Deurganckdok op beide meetdagen

Gelet op het belang van de saliniteit voor de dichtheitsstromingen, wordt in onderstaande tabel een

indicatie gegeven van de extreme waarden van de saliniteit tijdens beide meetdagen. De saliniteit werd hierbij berekend op basis van de vereenvoudigde UNESCO-formule (UNESCO, 1983), waarbij de drukterm verwaarloosd werd. Daar deze formule opgesteld is voor zeewater, kan deze niet in brakke milieus worden toegepast. Daartoe dienen de onderstaande getallen als indicaties beschouwd te worden, niet als exacte waarde voor de saliniteit.

Tabel 3 – Karakteristieke waarden saliniteit te Boei 84 en Deurganckdok – DP World

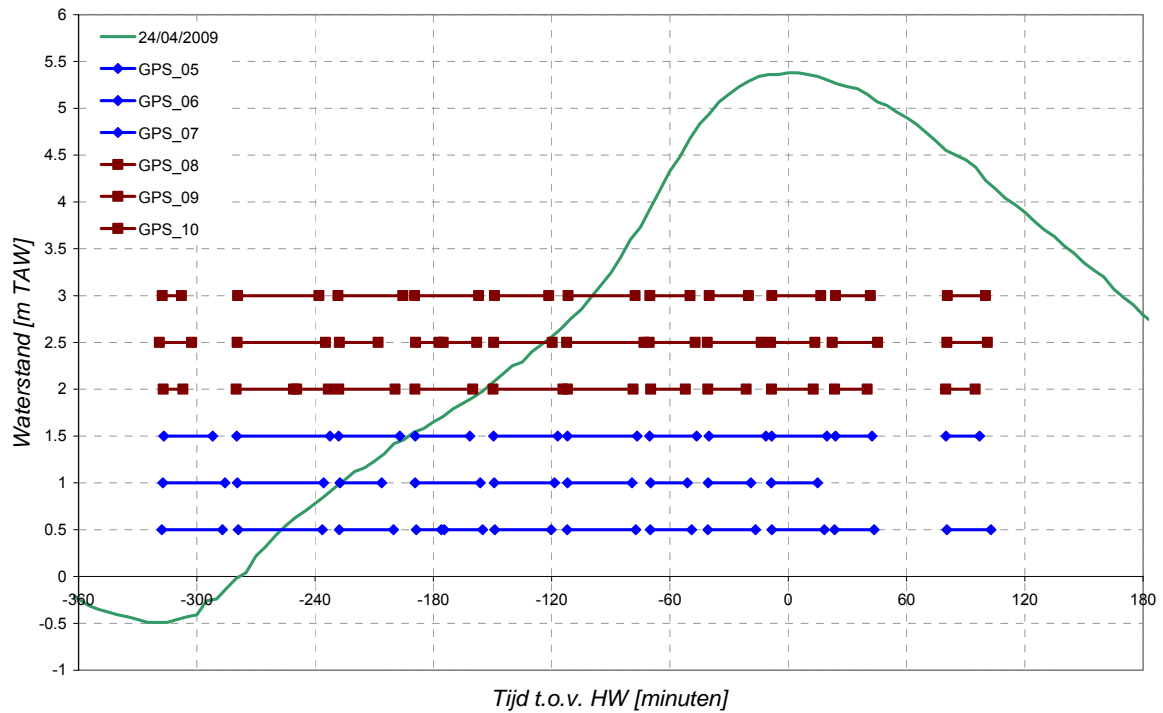
<i>Saliniteit [ppt]</i>	24/04/2009			27/04/2009		
	Min	Max	Δ	Min	Max	Δ
Boei 84 (top)	5,06	8,68	3,62	5,91	9,23	3,32
Boei 84 (bodem)	5,83	9,51	3,68	6,69	10,11	3,42
DGD-DP (opp.)	4,02	6,18	2,16	4,89	6,86	1,97
DGD-DP (bodem)	11,44	13,08	1,64	11,73	13,40	1,67

3.5 Vlottermetingen

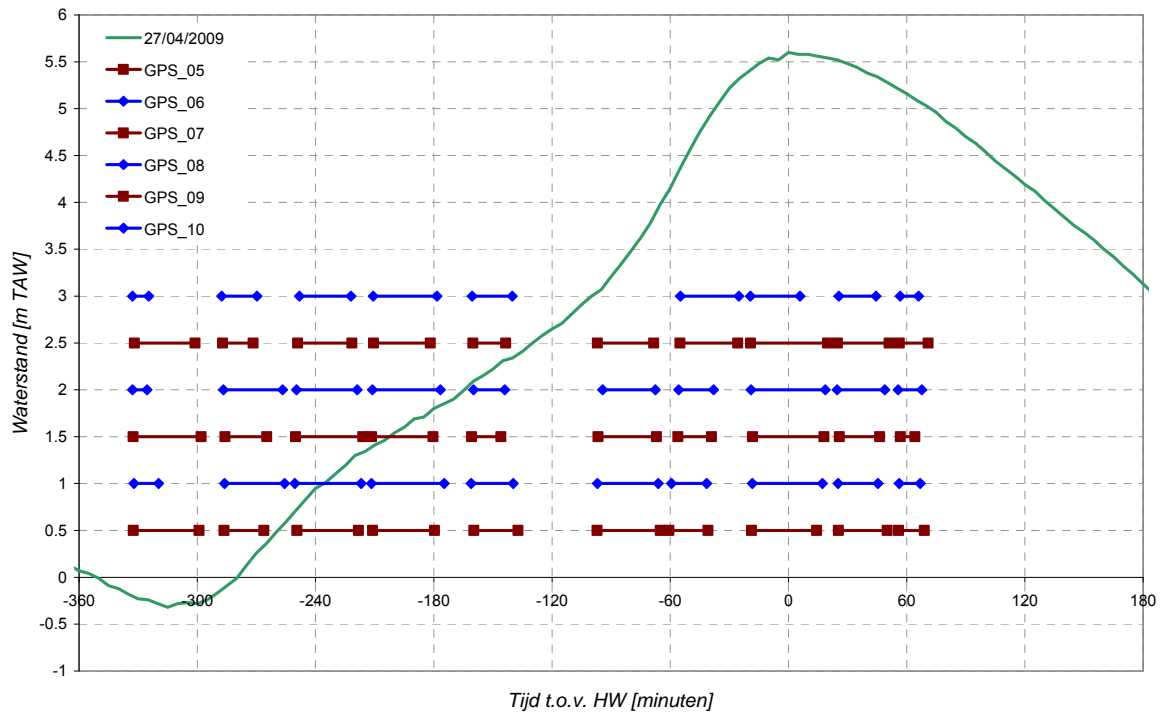
De vlottermetingen werden uitgevoerd door het meetschip MS Parel II op 24 en 27 april 2009, tijdens de vloed. Hierbij werden telkens 6 vlotters ingezet, 3 oppervlaktevlotters (3 m onder watervlak) en 3 dieptevlotters (10 m of 14 m onder het wateroppervlak). Tijdens de eerste meetdag (24/04/2009) werd voornamelijk gefocust op het gebied ter hoogte van de toekomstige CDW – i.e. zeewaarts van het Deurganckdok – terwijl op de tweede meetdag (27/04/2009) vooral de ingang van het Deurganckdok werd bemeaten.

Figuur 6 en 7 geven een overzicht van de periodes wanneer metingen werden uitgevoerd. Hierop is aangegeven welke vlotter (aan de hand van bijbehorend GPS-toestel) wanneer heeft gemeten.

De resultaten van de metingen zijn weergegeven in bijlage A. Enerzijds wordt per locatie een beeld gegeven van de vlotterbanen, opgesplitst per meetdag (figuur A8) en per diepte (figuur A9). Anderzijds wordt een beeld gegeven van de snelheidsvectoren per fase van het getij (figuren A10 tot A13). Hierbij werd het getij opgedeeld in perioden van één uur. Ter illustratie: de figuur van HW geeft de resultaten van de uit de metingen afgeleide snelheidsvectoren weer voor de periode HW – 0,5u tot HW + 0,5u.



Figuur 8 – Overzicht meetperiodes van de vlottermetingen 24/04/2009 – oppervlakte (blauw) – diepte (rood)
 (Opmerking: voorstellingswijze voor de meetperiodes van de GPS heeft geen relatie met diepte op de y-as)



Figuur 9 – Overzicht meetperiodes van de vlottermetingen 27/04/2009 – oppervlakte (blauw) – diepte (rood)
 (Opmerking: voorstellingswijze voor de meetperiodes van de GPS heeft geen relatie met diepte op de y-as)

4 Bespreking

Uit de stroombanen volgt dat de vloedstroming in de Schelde in sterke mate concentreert wordt in de geul. Slechts een zeer beperkt deel van de gemeten stroombanen wordt vanuit de geul in het Deurganckdok geleid. Ter hoogte van de ingang van het Deurganckdok kan een grote wervel worden vastgesteld, met een stroming in wijzerzin bij de vloed.

Uit de analyse van de snelheidsvectoren (bij springtijcondities) volgt dat voor het gebied rond de toekomstige CDW de stroomsnelheid in het begin van de vloed (periode HW-4u30 tot HW-2u30) de snelheid geleidelijk toeneemt tot ca. 60 cm/s (3m onder het wateroppervlak) en ca. 75 cm/s (10m onder het wateroppervlak). Vervolgens, wanneer de waterstand hoger wordt dan ca. 250 cm TAW, neemt de snelheid hier licht af (tot ca. 50 à 60 cm/s). De oorzaak van de wijziging is te vinden enerzijds in het feit dat langs de zeewaartse kant de vloedstroming over de strekdam van Ouden Doel (kruinhoogte ~ 100 à 150 cm TAW) begint te stromen, waardoor de aanstroomrichting van de vloed wijzigt, terwijl anderzijds ook een deel van de vloedstroming over de plaat van Lillo kan stromen. Deze variatie over de dwarssectie kan ook teruggevonden in de ADCP-metingen op raai K (IMDC, 2007). Nadien neemt de stroomsnelheid ter hoogte van de locatie van de CDW weer toe om op ca. HW-1u een maximum te bereiken (90 à 100 cm/s).

Ter hoogte van de ingang van het Deurganckdok blijven de stroomsnelheden gedurende het grootste deel van de vloed beperkt tot maximaal 30 cm/s. Langs de zeewaartse kant van de ingang is de stroming (zeer kleine snelheden, kleiner dan 20 cm/s) uit het Deurganckdok gericht, dit ten gevolge van de wervel. In de periode rond hoogwater (HW-1u tot HW+1u) wordt door de metingen een goed beeld gegeven van de wervel: ter hoogte van de aansluiting van het Deurganckdok aan de Schelde (i.e. drempel) ontstaat nabij het wateroppervlak een uitstroming waarbij de snelheid beperkt blijft tot maximaal 45 cm/s; ca. 500 m in het Deurganckdok ontstaat door de wervel, voornamelijk in de diepere waterlagen, een dwarsstroming. Deze dwarsstroming blijft beperkt tot maximaal 25 cm/s.

Op basis van de vlottermetingen werd een goed beeld gecreëerd van de wervel ter hoogte van het Deurganckdok in de periode rond hoogwater. De stroomsnelheden in deze wervel blijven beperkt tot 25 cm/s. De densiteitstromingen die hier verwacht worden, werden op basis van de vlottermetingen slechts zeer beperkt vastgesteld. Tijdens het uitvoeren van de metingen kon worden vastgesteld dat, rond het moment van kentering hoogwater, de oppervlaktevlotters door de stroming uit het Deurganckdok gezet worden, terwijl de dieptevlotters in het Deurganckdok blijven. De dieptevlotters geven echter voornamelijk een dwarse stroming weer, niet zozeer een stroming vanuit de Schelde dieper in het dok.

5 Referentielijst

Bijlsma, AC; van Vossen, B (2004) Study of density currents in the framework of the LTV for the Scheldt estuary. Numerical model investigation. WL Delft Hydraulics report H3981

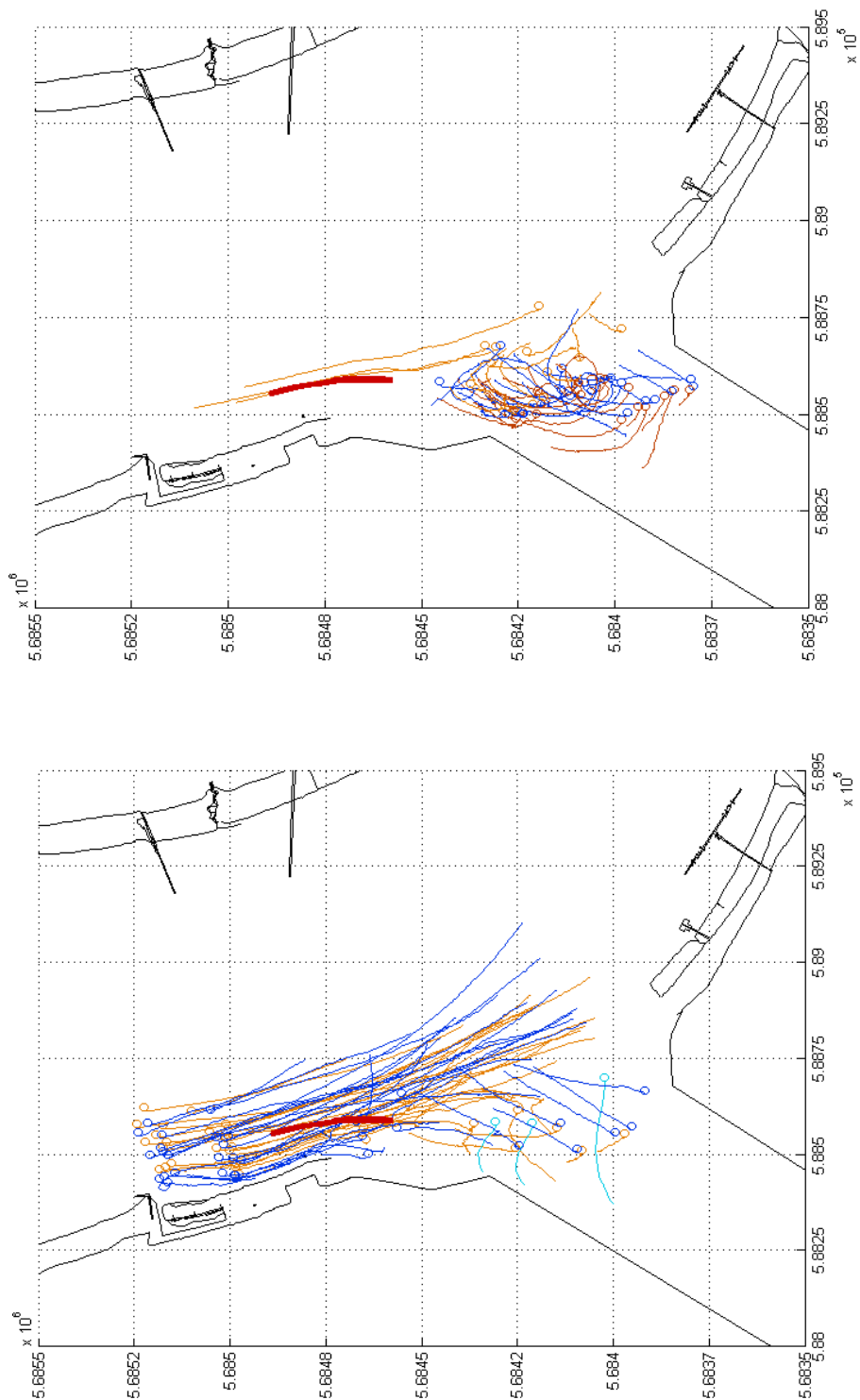
IMDC (2007). Uitbreiding studie densiteitsstromingen in de Beneden Zeeschelde in het kader van LTV Meetcampagne naar hooggeconcentreerde slib suspensies - Deelrapport 11.3: 28 september 2006 Stream – Raai K.

UNESCO (1983). Algorithms for computation of fundamental properties of seawater, UNESCO Technical Papers in Marine Science, 44. UNESCO, France.

van Kessel, T; Cornelisse, TM (2003) Physical Scale model Zeeschelde. WL Delft Hydraulics report Z2516. 220pp.

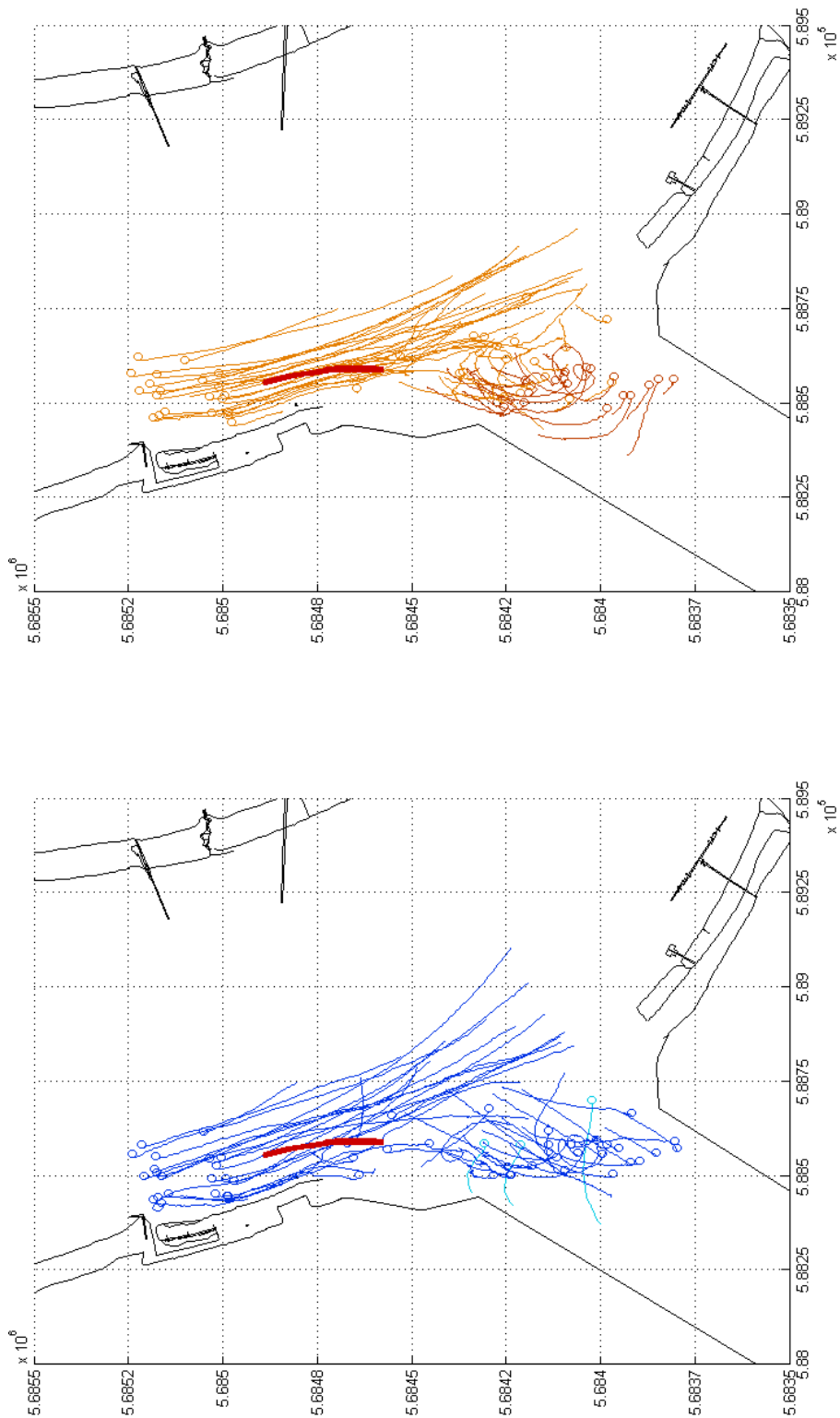
Van Maren, B. (2006) 3D slibtransportmodel Zeeschelde. Scenario 4: effect CDW op sedimentatie Deurganckdok, nieuw instrumentarium. Rapport Z3824.70 WL Delft Hydraulics. 80pp

Bijlage A: Resultaten vlottermetingen

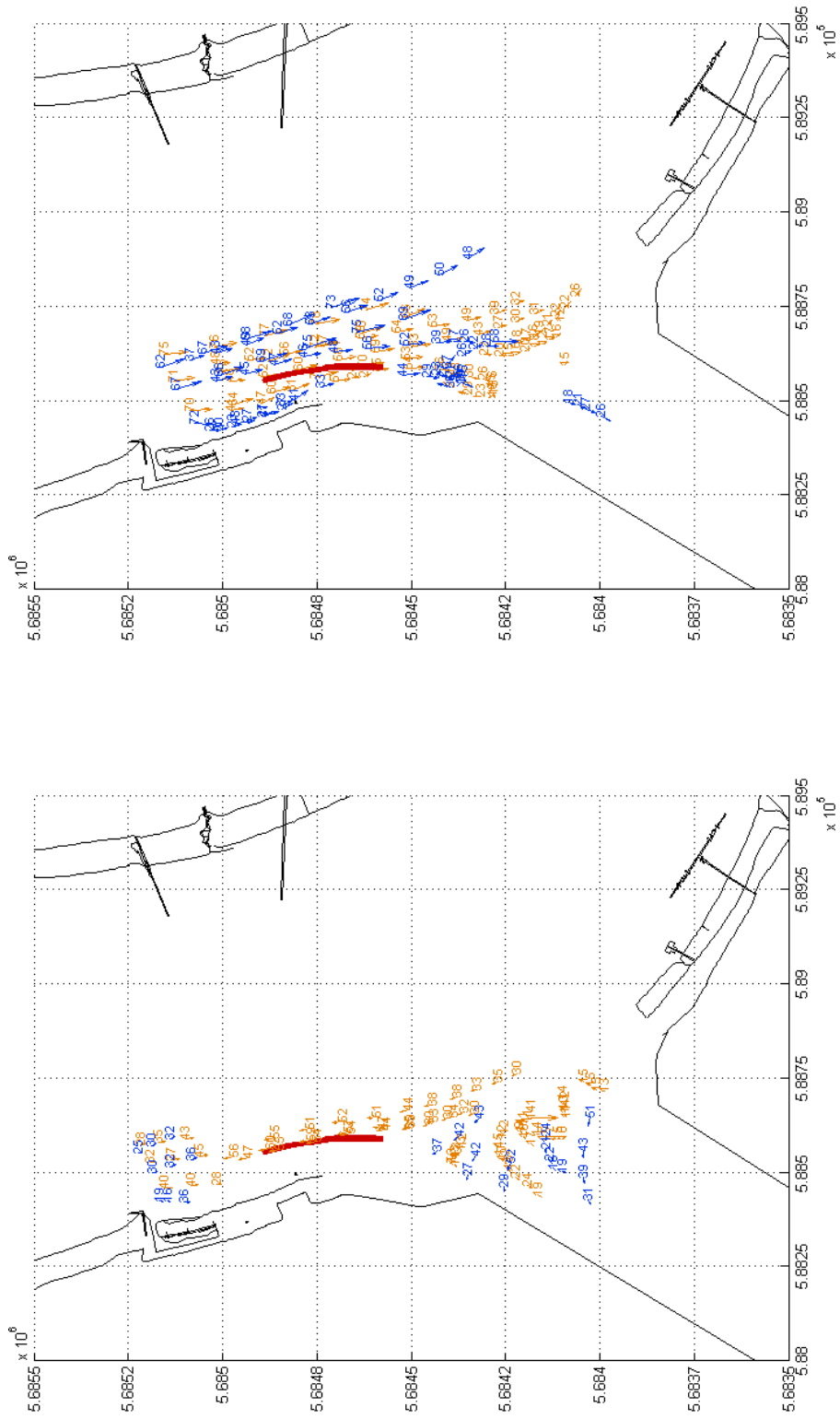


Figuur A10 – Vlotterbanen per meetdag – 24/04/2009 (links) en 27/04/2009 (rechts)

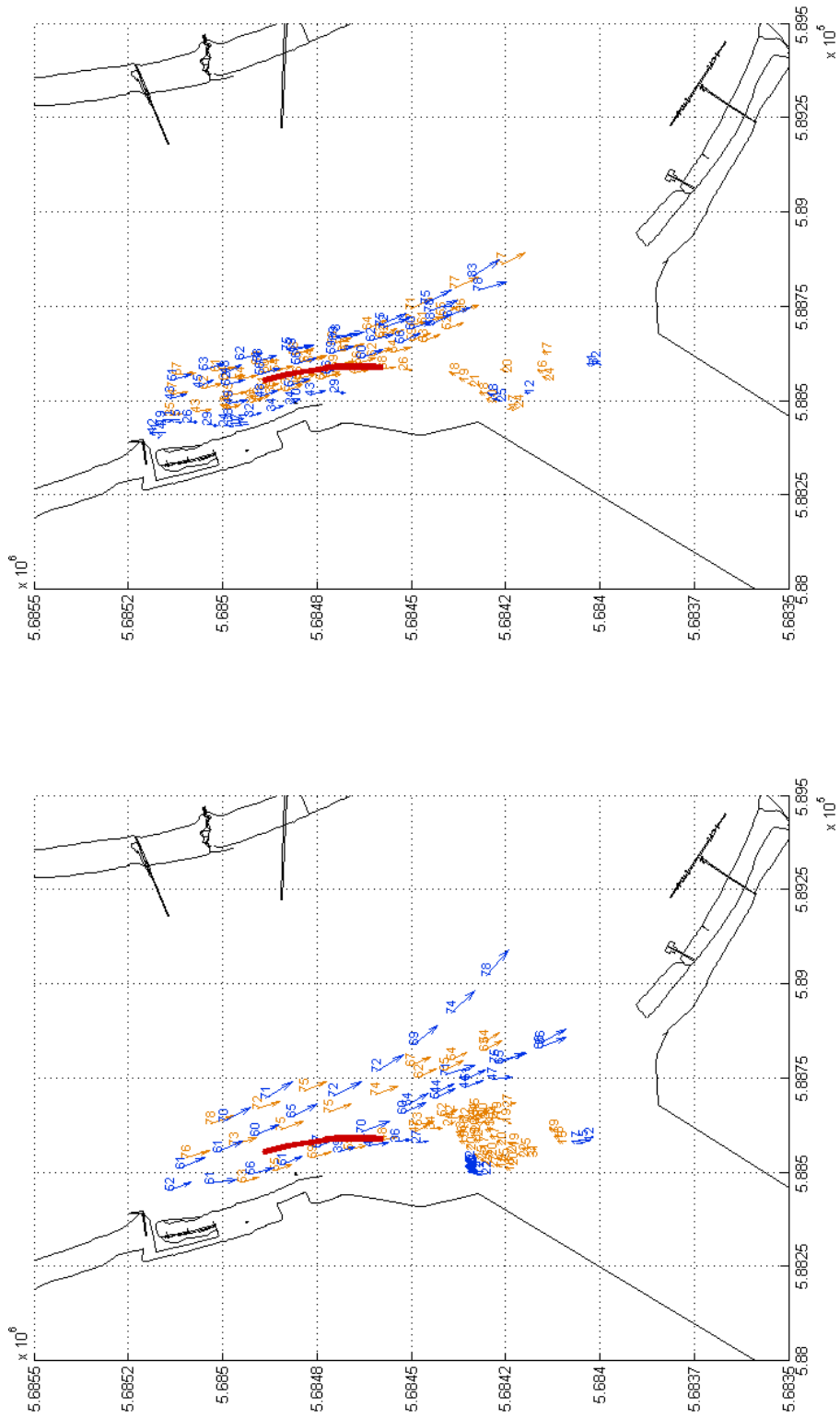
[blauw = oppervlaktevlotter – oranje = dieptevlotter]



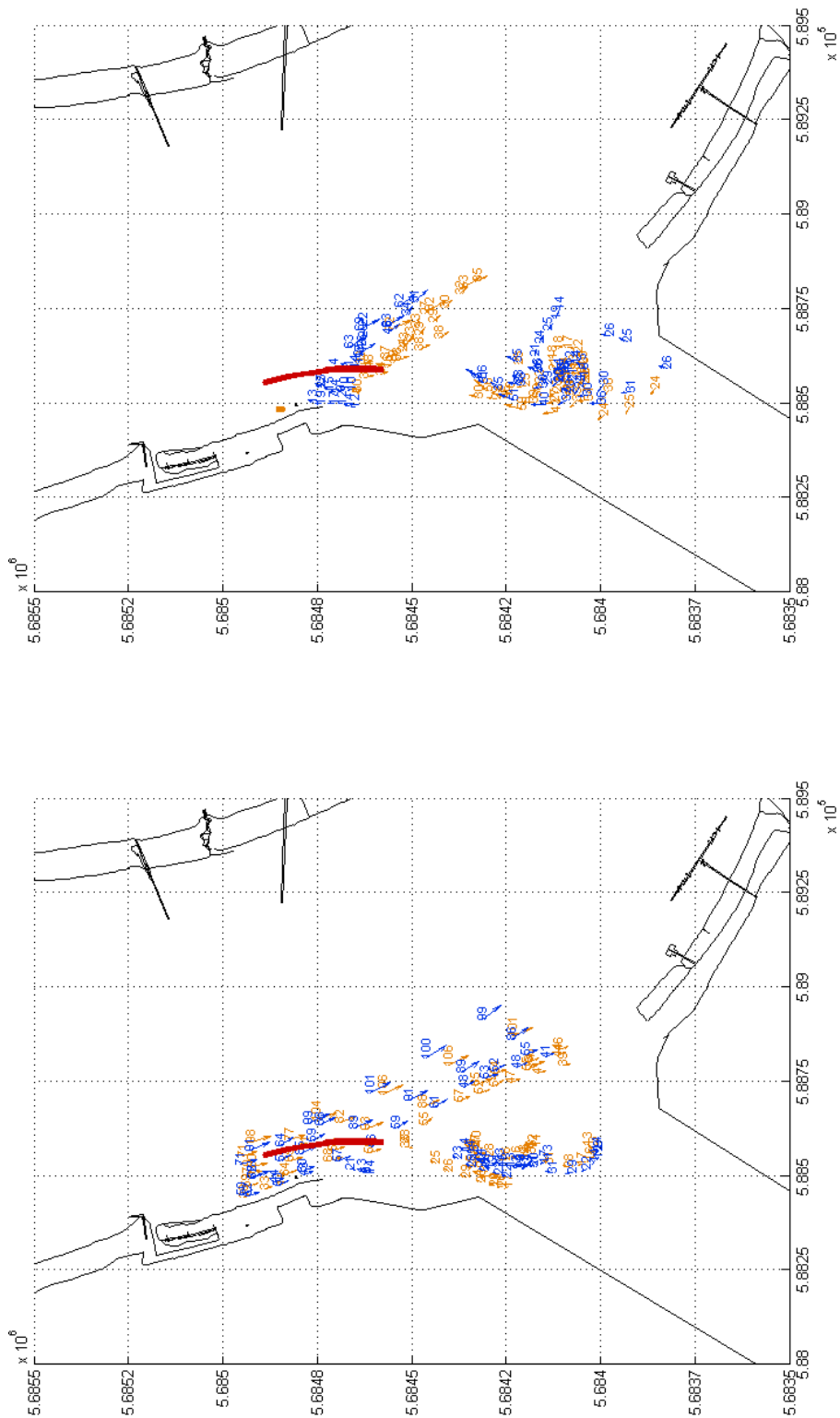
Figuur A11 – Vlotterbanen per diepte (voor beide meetdagen)
oppervlaktevlotters (links) en dieptevlotters (rechts)



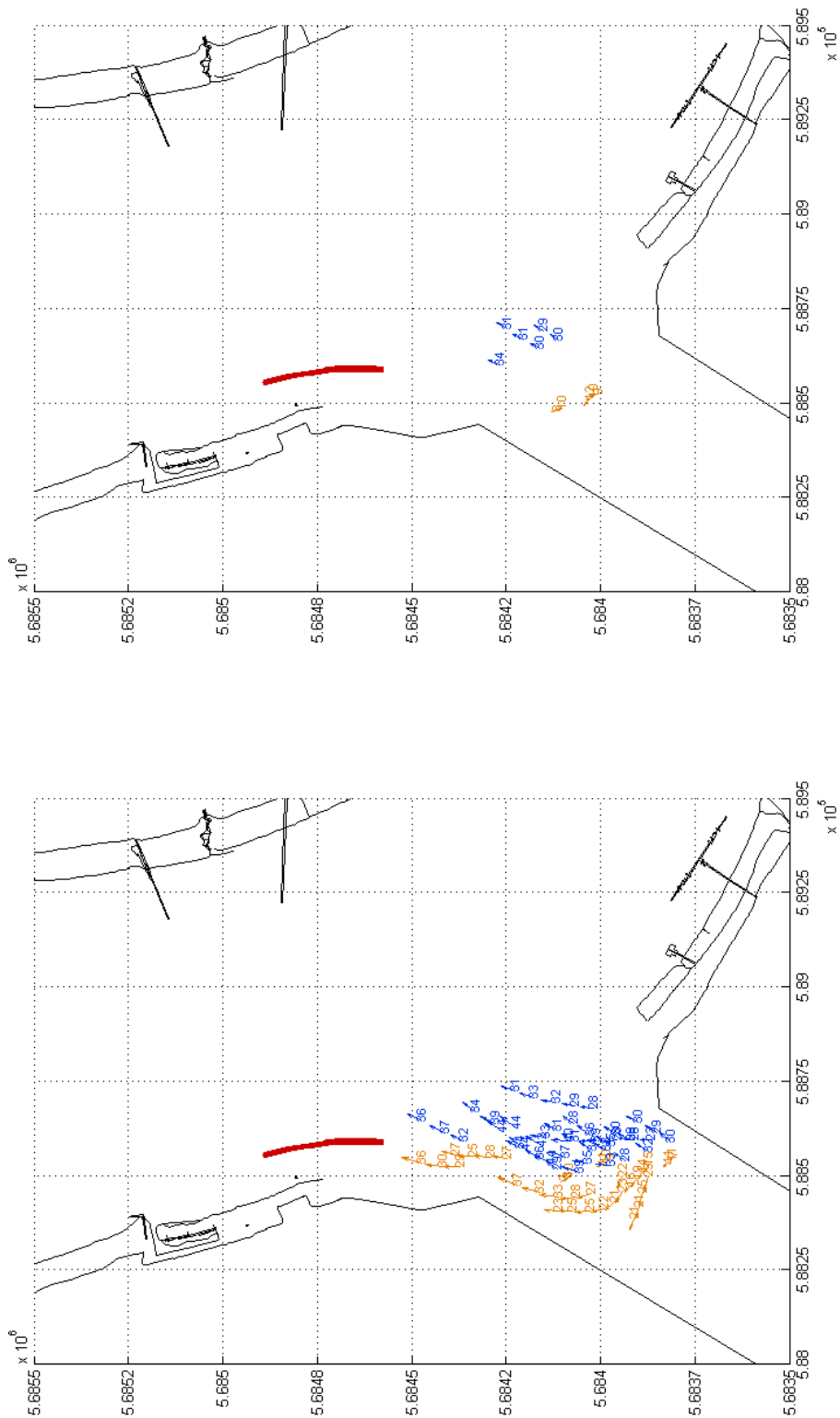
Figuur A12 – Snelheidsvectoren (voor beide meetdagen) HW – 5u (links) en HW – 4u (rechts) (in cm/s)



Figuur A13 – Snelheidsvectoren (voor beide meetdagen) HW – 3u (links) en HW – 2u (rechts) (in cm/s)



Figuur A14 – Snelheidsvectoren (voor beide meetdagen) HW – 1u (links) en HW (rechts) (in cm/s)



Figuur A15 – Snelheidsvectoren (voor beide meetdagen) HW + 1u (links) en HW + 2u (rechts) (in cm/s)



Waterbouwkundig Laboratorium

Flanders Hydraulics Research

Berchemlei 115

B-2140 Antwerpen

Tel. +32 (0)3 224 60 35

Fax +32 (0)3 224 60 36

E-mail: waterbouwkundiglabo@vlaanderen.be

www.watlab.be