



**Ingenieursbureau  
S.D.Kamminga BV**

**STROMINGSMETINGEN  
AAN DE BELGISCHE KUST TE OOSTENDE OP  
11 AUGUSTUS 1998**



**Ir. S.D.Kamminga  
Oktober 1998  
RIK-22**

**In opdracht van:**

**Ministerie van de  
Vlaamse  
Gemeenschap**

**Afdeling Maritieme  
Schelde**

## INHOUDSOPGAVE

---

1. Inleiding
2. Basisgegevens
  - 2.1. Meetcondities
  - 2.2. De ADCP
3. De verwerking en resultaten
  - 3.1. Verwerking
  - 3.2. Resultaten
4. Discussie en conclusies

Bijlage 1: Wijze van berekenen

Bijlage 2: Resultaten van de ADCP

Bijlage 3: Video kleuren presentatie

Bijlage 4: Kaart van de haven van Oostende met de meetraaien

De **Bijlagen** zijn apart op de CD-ROM opgeslagen

## 1. INLEIDING

---

De Afdeling Maritieme Schelde heeft op 11 augustus 1998 stromingsmetingen uitgevoerd aan de Belgische Kust te Oostende. De metingen zijn uitgevoerd met een schip met een Acoustic Doppler Current Profiler (ADCP).

In dit rapport worden in hoofdstuk twee de meetcondities en de instellingen van de ADCP beschreven. In hoofdstuk drie worden de meetresultaten van de ADCP gepresenteerd. Hoofdstuk vier geeft een discussie over de resultaten en conclusies.

Dit rapport is geschreven in opdracht van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Afdeling Maritieme Schelde, middels een brief van 31 augustus 1998.

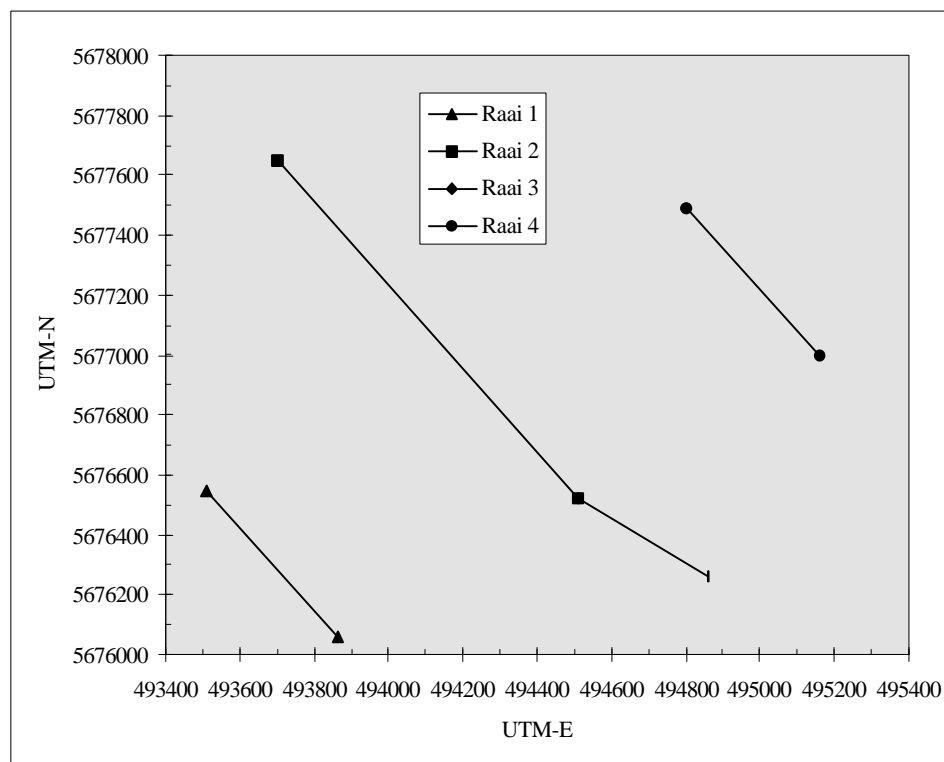
## 2. BASISGEGEVENS

### 2.1. Condities tijdens de meting

De metingen zijn uitgevoerd op 11 augustus 1998 aan de Belgische Kust te Oostende. Er is gevaren op vier meetraaien, Tabel 2.1. en Figuur 2.1. De metingen met de ADCP zijn uitgevoerd met het "MS Veremans".

**Tabel 2.1:** De raaien met de begin- en eindpunten in UTM, lengte en richting.

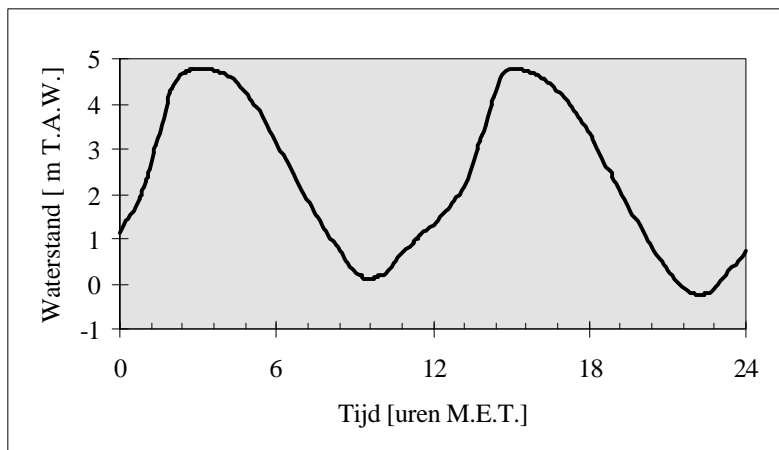
Raai	Beginpunt (E,N)	Eindpunt (E,N)	Lengte (m)	Richting
1	493865, 5676060	493510, 5676545	601	327
2	494510, 5676525	493700, 5677650	1386	327
3	494860, 5676260	494510, 5676525	439	337
4	494802, 5677488	495159, 5677000	604	327



**Figuur 2.1:** De meetraaien bij Oostende. Raai 3 bevindt zich tussen de staketsels van de haventoeegang. Raai 2 en 3 worden beschouwd als één meetraai..

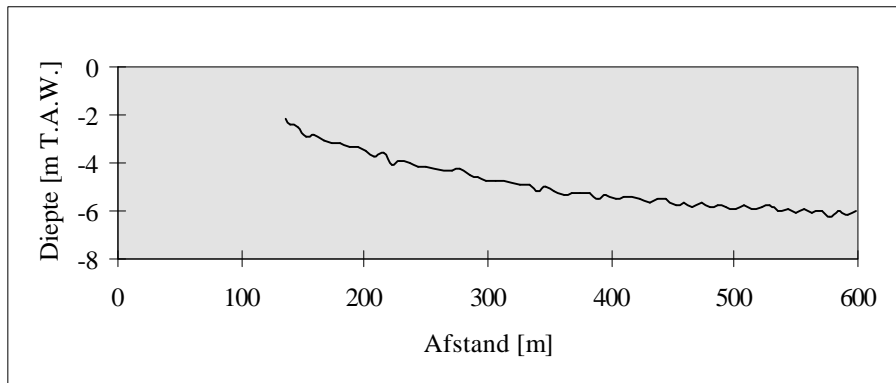
De korte raaien, 1 en 4, beginnen op het strand. De Raaien 2 en 3 worden gecombineerd tot Raai 23 en begint in de haven van Oostende. Raai 23 is gedefinieerd van het beginpunt van Raai 3 naar het eindpunt van Raai 2 met als tussenpunt het eindpunt van Raai 3 (is het beginpunt van Raai 2).

De waterstand op de meetdag is weergegeven in Figuur 2.2. Het was Hoog Water om 3.05 uur, Laag Water om 09.30 uur MET en Hoog Water om 15.05 uur MET.

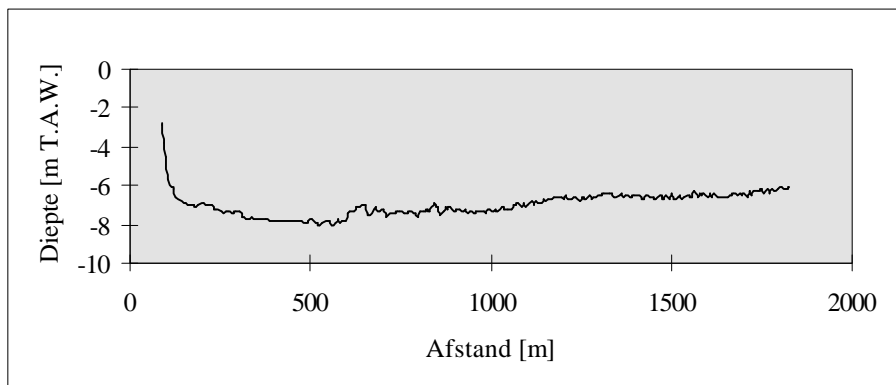


**Figuur 2.2:** De waterstand op de meetdag.

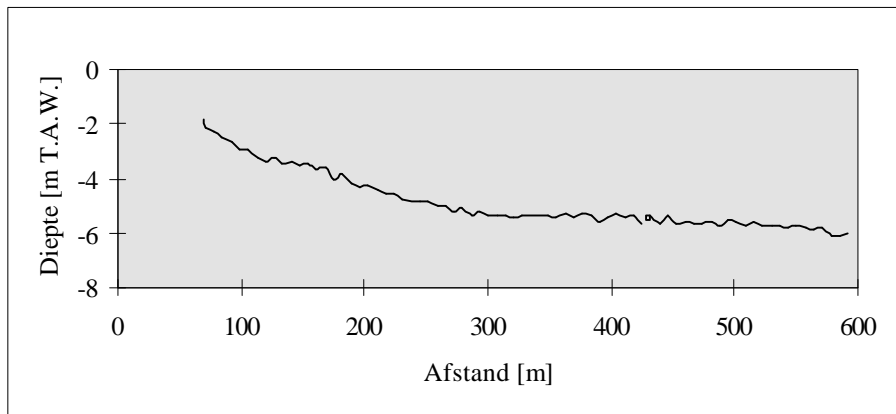
Met een echolood zijn de diepteprofielen gemeten, Figuur 2.3.



**Figuur 2.3a:** Het diepteprofiel van Raai 1.



**Figuur 2.3b:** Het diepteprofiel van Raai 23.



**Figuur 2.3c:** Het diepteprofiel van Raai 4

De gegevens van de raaien, diepteprofielen en waterstand zijn geleverd door de Afdeling Maritieme Schelde.

## 2.2. De ADCP

In Tabel 2.2 zijn de gegevens over de ADCP en de instellingen van de ADCP weergegeven.

**Tabel 2.2:** Instellingen van de ADCP.

Frequentie	600 kHz
Bundelhoek	30 graden
Firmware versie	5.52
TRANSECT versie	2.80
Water Profiling Mode	4
Bottom Track Mode	1
Bin Lengte	0.50 m
Diepte eerste bin t.o.v. wateroppervlak	2.58 m
Aantal Pings per Ensemble	4

De ADCP was gekoppeld met een dGPS-plaatsbepalingssysteem, een gyro-kompas en een pitch- en roll-sensor. Parallel aan de metingen met de ADCP zijn het zoutgehalte en de watertemperatuur gemeten. Al deze gegevens zijn opgeslagen in de bestanden die het besturingsprogramma TRANSECT produceert.

In Tabel 2.3 zijn de varende metingen met de ADCP vermeld.

Het merendeel van de metingen is uitgevoerd op Raai 23. Bij eb zijn enkele metingen uitgevoerd op Raai 4. Bij vloed zijn enkele metingen uitgevoerd op Raai 1.

**Tabel 2.3:** De varende metingen met de ADCP

Nr.	Begintijd (MET)	Begintijd (t.o.v HW)	Meetraai	Saliniteit [ppt]	Temperatuur [°C]
5	7h28	+4h23	23	30.55	20.41
6	7h44	+4h39	4		
7	7h59	+4h54	23	31.95	20.40
8	8h15	+5h10	4		
9	8h28	+5h23	23	31.60	
10	8h44	+5h39	4		
11	9h13	+6h14	23	33.60	20.12
12	9h38	-5h25	23	33.35	
13	9h57	-5h06	23	33.45	
14	10h17	-4h46	23	33.00	20.39
15	10h35	-4h28	23	32.90	
16	12h13	-2h50	23	31.40	
17	12h34	-2h29	1	32.50	
18	12h50	-2h13	23		
19	13h06	-1h56	1	32.40	
20	13h19	-1h44	23	32.40	
21	13h35	-1h28	1	32.60	
22	13h47	-1h15	23		
23	14h07	-0h56	23	32.40	
24	14h27	-0h36	23	32.40	
25	14h49	-0h14	23	32.40	
26	15h08	+0h05	1	32.50	
28	15h41	+0h38	23		
29	15h56	+0h53	1	33.30	
30	16h11	+1h08	23		
31	16h30	+1h27	1	33.50	
32	16h41	+1h38	23		
33	16h57	+1h54	1	33.60	

### 3. MEETRESULTATEN EN VERWERKING VAN DE ADCP DATA

---

#### 3.1. Verwerking

Voor de verwerking is uitgegaan van de 'Processed'-bestanden, die het programma TRANSECT maakt, en van de waterstand .

Het doel van de verwerking is het presenteren van de stroomsnelheden in het doorstroomoppervlak in de raaien en het berekenen van debieten voor elke meting. Hier wordt de verwerking beknopt beschreven. De verwerking wordt uitgebreid beschreven in **Bijlage 1**.

Elke ADCP-meting is op de volgende wijze verwerkt. Eerst is de **positie** van elk ensemble omgezet van geografische coördinaten (ED50) in UTM coördinaten. Daarna is van elk ensemble de afstand tot het beginpunt van de raai (Tabel 2.1) berekend. Ensembles die niet tussen het beginpunt en het eindpunt van de raai liggen zijn verwijderd.

Een aantal ensembles bevat geen goede stromingsgegevens. Deze ensembles worden niet gebruikt voor de berekeningen. De redenen waarom ensembles niet worden gebruikt zijn:

- Te snelle draaiing van het schip, b.v. bij het begin en het eind van de meting,
- Geringen waterdiepte onder het schip.

Bovendien is van alle ensembles de bovenste bin buiten beschouwing gelaten omdat deze in het algemeen geen goede resultaten levert. De stroming in deze bin wordt beïnvloedt door het schip en door akoestische eigenschappen van de ADCP en het schip, het zogenaamde 'ringing'.

De volgende stap is de berekening van **stroomsnelheidsprofielen**. De door de ADCP gemeten stroomsnelheden zijn geprojecteerd op een coördinatenstelsel xyz. De x-component wordt hier langs de geul genomen. De y-component staat dwars op de geul. De richtingen t.o.v. het noorden zijn vermeld in Tabel 3.1.

**Tabel 3.1:** Richting van de x- en de y-coördinaten

<b>x-richting</b>	<b>y-richting</b>
54	144

De z-component is verticaal. De x-, y- en z- componenten van de stroming zijn respectievelijk  $u_x$ ,  $v_y$  en  $w_z$ . De vloedstroom is in de positieve x-richting en de ebstroom is in de negatieve x-richting.

Dit betekent dat de vloed stroom een positieve u-component heeft. De y-richting is naar de kust. Omdat de beginpunten van de raaien op de kust liggen zijn hier de raai-richting en de y-coördinaat tegengesteld.

De x-richting en y-richting zoals gedefinieerd in Tabel 3.1. zijn gebruikt voor alle metingen. Dus ook voor het gedeelte van Raai 23 dat tussen de staketsels van de haventoeegang ligt.



De snelheden zijn gefilterd met een laag-doorlaat filter. Tevens is de grootte van de stroomsnelheid berekend  $((u_x^2 + v_y^2 + w_z^2)^{1/2})$ .

De stroomprofielen zijn **geëxtrapoleerd** van de dieptecellen van de ADCP naar het **wateroppervlak** en naar de bodem. Aan het wateroppervlak zijn vanwege de insteekdiepte van het meetinstrument 5 extra dieptecellen gecreëerd. De stroming in deze cellen is berekend volgens het logaritmische stromingsprofiel:

$$u_x = a z^b$$

De methode is ontleend aan Gordon (1991) en Chen.(1989). De coëfficiënt  $a$  wordt geschat uit de stroming in de door ADCP gemeten cellen, zie RD Instruments (1992)

De extrapolatie is voor beide stromingscomponenten op dezelfde wijze uitgevoerd.

De ADCP meet niet dicht bij de bodem. Het verlies aan de bodem is ongeveer 15% van de bodemdiepte. Op een eendere manier als aan het wateroppervlak wordt de stroming **geëxtrapoleerd naar de bodem**. De stroming aan de bodem zelf is gelijk aan nul. Tussen de bodem en de diepste cel van de ADCP zijn de componenten  $u_x$  en  $v_y$  lineair geëxtrapoleerd.

Bij elk ensemble is de **gemiddelde stromingscomponent  $u_x$**  over de verticaal en de bijdrage in het debiet berekend. Voor de berekening van de gemiddelde snelheid zijn de geëxtrapoleerde gegevens gebruikt, zie de vorige paragraaf. De stroomsnelheid aan de bodem is nul verondersteld. De bijdrage in het debiet,  $q$ , is de gemiddelde stroomsnelheid vermenigvuldigd met de diepte.

De ADCP meet niet van oever tot oever. De gemiddelde stroomsnelheid en de bijdrage aan het specifieke debiet  $q$  [ $m^2/s$ ] worden daarom geëxtrapoleerd van de eerste en het laatste ensemble naar de oevers, zie **Bijlage 1**. Hiervoor wordt de met het echolood gemeten bodemdiepte gebruikt.

### 3.2. Resultaten

In **Bijlage 2** zijn de resultaten van de ADCP-metingen gepresenteerd. Hier volgt eerst een beschrijving van de figuren.

Van elke meting zijn drie figuren gemaakt. De eerste, getiteld 'globale snelheidsverdeling volgens de meetraai (hoofdstroomrichting)' geeft de stromingscomponent  $u_x$  als functie van de afstand langs de raai tot het beginpunt, en de diepte. De schaalverdeling van de kleur staat rechts naast de figuur. De horizontale lijn bovenaan de figuur geeft de waterstand weer. Onder het gekleurde gedeelte geeft de getrokken lijn het diepteprofiel weer. Met pijlen, of vectoren, zijn de stromingscomponenten  $v_y$  en  $w_z$  weergegeven. rechts onderin de figuur is als referentie een vector weergegeven met componenten van 0.5 m/s.

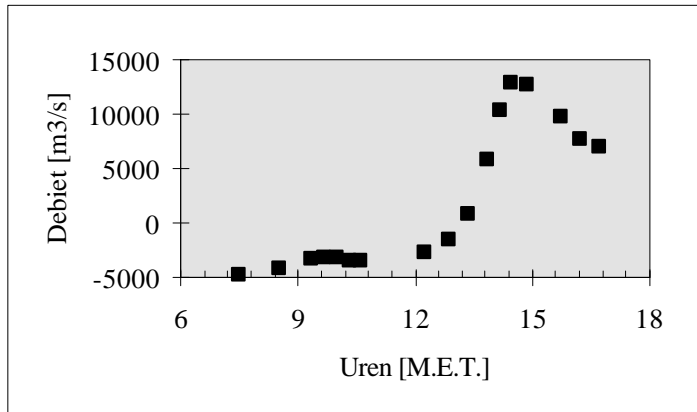
De tweede figuur, getiteld 'horizontale snelheidscomponente volgens de meetraai (hoofdstroomrichting)', is eender aan de eerste figuur, slechts de vectoren ontbreken.

De derde figuur, getiteld 'horizontale snelheids en richtingsverdeling', geeft in vectoren  $u_x$  en  $v_y$  weer.

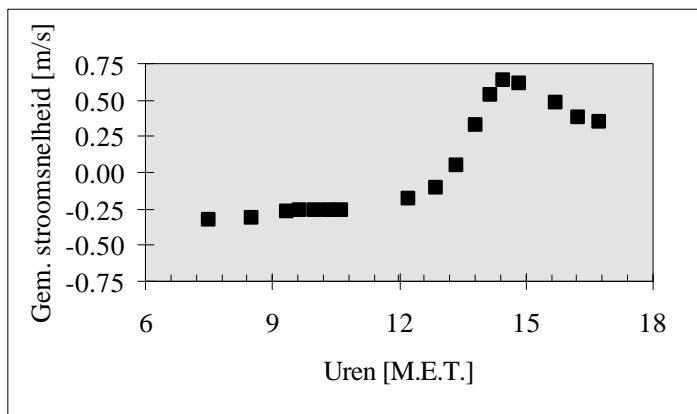
#### 4. DISCUSSIE EN CONCLUSIES

---

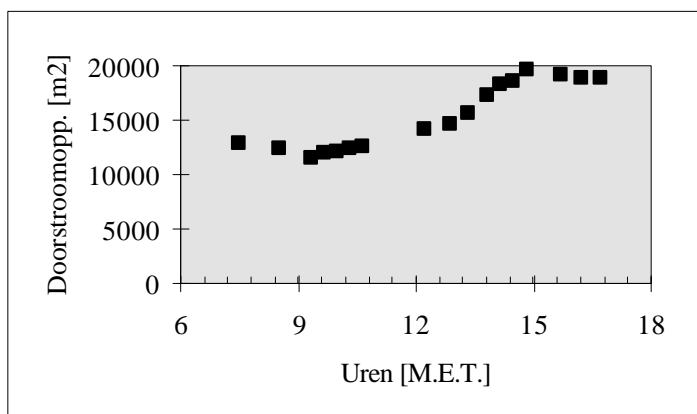
Het debiet, de over het gehele doorstroom oppervlak gemiddelde stroomsnelheid en het doorstroomoppervlak kunnen nu worden uitgezet als functie van de tijd.



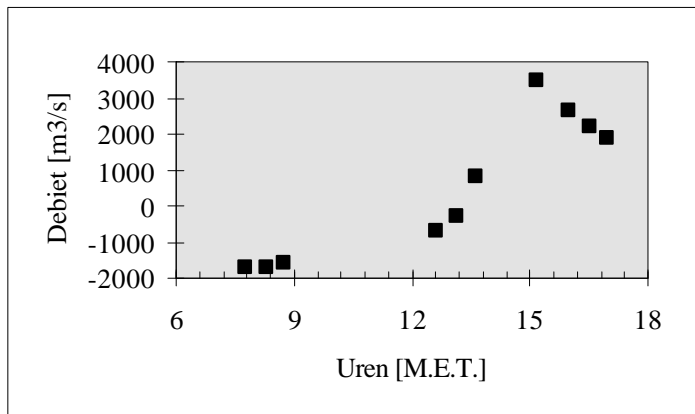
**Figuur 4.1:** Debiet op Raai 23 als functie van de tijd.



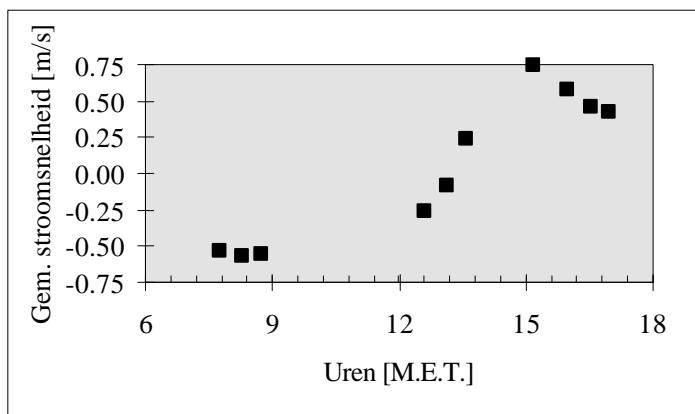
**Figuur 4.2:** De over het doorstroomoppervlak gemiddelde stroomsnelheid op Raai 23 als functie van de tijd.



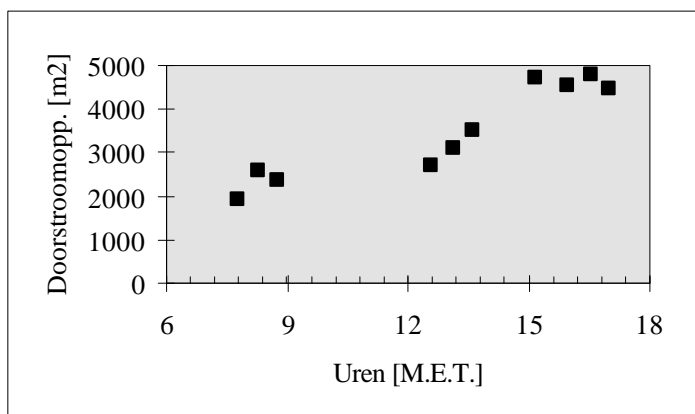
**Figuur 4.3:** Het doorstroomoppervlak van Raai 23 als functie van de tijd.



**Figuur 4.4:** Debiet op Raai 1 en Raai 4 als functie van de tijd



**Figuur 4.5:** De over het doorstroomoppervlak gemiddelde stroomsnelheid op Raai 1 en Raai 4 als functie van de tijd.



**Figuur 4.6:** Het doorstroomoppervlak van Raai 1 en Raai 4 als functie van de tijd.

**Tabel 4.1:** Samenvatting van de meetresultaten op alle raaien.

Nr.	Begintijd (MET)	Begintijd (t.o.v HW)	Meetr aai	Debiet [m <sup>3</sup> /s]	A [m <sup>2</sup> ]	U [m/s]
5	7h28	+4h23	23	-4711	14802	-0.32
6	7h44	+4h39	4	-1709	3250	-0.53
7	7h59	+4h54	23			
8	8h15	+5h10	4	-1710	3011	-0.57
9	8h28	+5h23	23	-4073	12573	-0.31
10	8h44	+5h39	4	-1543	2807	-0.55
11	9h13	+6h14	23	-3226	11615	-0.26
12	9h38	-5h25	23	-3119	12041	-0.25
13	9h57	-5h06	23	-3115	12172	-0.25
14	10h17	-4h46	23	-3312	12463	-0.26
15	10h35	-4h28	23	-3329	12685	-0.25
16	12h13	-2h50	23	-2579	14203	-0.17
17	12h34	-2h29	1	-684	2729	-0.25
18	12h50	-2h13	23	-1537	14730	-0.10
19	13h06	-1h56	1	-245	3133	-0.08
20	13h19	-1h44	23	830	15754	0.05
21	13h35	-1h28	1	852	3529	0.24
22	13h47	-1h15	23	5845	17302	0.33
23	14h07	-0h56	23	10391	18441	0.54
24	14h27	-0h36	23	12905	18679	0.64
25	14h49	-0h14	23	12726	19639	0.62
26	15h08	+0h05	1	3520	4726	0.74
28	15h41	+0h38	23	9897	19253	0.49
29	15h56	+0h53	1	2676	4574	0.58
30	16h11	+1h08	23	7805	18969	0.39
31	16h30	+1h27	1	2225	4806	0.46
32	16h41	+1h38	23	6986	19031	0.35
33	16h57	+1h54	1	1921	4500	0.43

## Literatuur

- [1] Gordon, R.L. (1989), "Acoustic measurements of river discharge", **J. Hydraulic Eng.**, **115**, 925-936
- [2] Chen, C.-L., "Unified theory on power laws for flow resistance" **J. of Hydraulic Engineering**, Vol. **117**, No. 3, 1991.
- [3] RD Instruments, (1992), "**Transect User's Manual**", Appendix F, RD Instruments, San Diego

## BIJLAGE 1: BEREKENING VAN GEMIDDELDE SNELHEID UIT VARENDE ADCP METINGEN.

---

In deze Bijlage wordt de wijze van berekenen van de ADCP stromings-profielen beschreven.

Er wordt uitgegaan van de 'Processed'-bestanden die door het programma TRANSECT tijdens de meting worden gemaakt.

Van de ADCP bestanden worden de volgende gegevens gebruikt:

- $p_{gi}$  = geografische positie in ED50-coördinaten van ensemble i
- $d_{in}$  = bodemdiepte van bundel n van ensemble i ( 0 is wateroppervlak, -H is de bodem)
- $u_{xij}$  = stroomsnelheid in x-richting (oost) van bin j van ensemble i
- $v_{yij}$  = stroomsnelheid in y-richting (noord) van bin j van ensemble i
- $w_{zij}$  = stroomsnelheid in z-richting (verticaal) van bin j van ensemble i
- $b_j$  = diepte van bin j onder het wateroppervlak ( 0 is het wateroppervlak, -H is de bodem)
- E = aantal ensembles van een meting
- $B_i$  = aantal bins van ensemble i
- l = binlengte

Daarnaast is nog de waterstand w t.o.v. TAW ten tijde van de meting bekend.

De geografische posities worden omgezet van ED50-coördinaten naar RD-coördinaten in het kaartvlak. Hiervoor wordt de methode gebruikt zoals beschreven door Kösters [1]. Eerst worden de ED50-coördinaten omgezet naar UTM-coördinaten [1, blz 22]. Daarna worden de UTM-coördinaten omgezet in RD-coördinaten in het kaartvlak [1, blz 34].

De posities  $p_{gi}$  van de ensembles worden hierdoor omgezet in posities  $p_{rdi}$  in RD-coördinaten. Van elke raai is het beginpunt  $P_{RDb}$  en het eindpunt  $P_{RDe}$  bekend in RD-coördinaten. Nu wordt van elk ensemble de afstand tot het beginpunt  $a_i$  en de afstand tot het eindpunt  $a_i'$  berekend volgens:

$$a_i = \circ p_{rdi} - P_{RDb} \circ$$

$$a_i' = \circ p_{rdi} - P_{RDe} \circ$$

Als  $a_i$  of  $a_i'$  groter is dan de lengte van de raai dan wordt ensemble i verwijderd. Verder wordt gerekend met  $a_i$ .

De stromingscomponenten  $u_x$ ,  $v_y$ , en  $w_z$  t.o.v. het Oosten, Noorden en de verticaal dienen te worden geroteerd naar een coördinatenstelsel met de x-coördinaat  $\phi_U$  graden t.o.v. het noorden en y-coördinaat loodrecht op x en  $\phi_V$  graden t.o.v. het noorden:

$$u_{xij} = \sin(\phi_U) \cdot v_{yij} + \cos(\phi_U) \cdot u_{xij}$$

$$v_{yij} = \sin(\phi_V) \cdot v_{yij} + \cos(\phi_V) \cdot u_{xij}$$

$$w_{zij} = w_{zij} .$$

De stroomprofielen zijn **geëxtrapoleerd** van de dieptecellen van de ADCP naar het **wateroppervlak** en naar de bodem. Aan het wateroppervlak zijn vanwege de insteekdiepte van het meetinstrument 5 extra dieptecellen gecreëerd. De stroming in deze cellen is berekend volgens het logaritmische stromingsprofiel:

$$u_x = a z^b$$

De methode is ontleend aan Gordon (1991) en Chen.(1989). De coëfficiënt a" wordt geschat uit de stroming in de door ADCP gemeten cellen, zie RD Instruments (1992)

De extrapolatie is voor beide stromingscomponenten op dezelfde wijze uitgevoerd. De ADCP meet niet dicht bij de bodem. Het verlies aan de bodem is ongeveer 15% van de bodemdiepte. Op een eendere manier als aan het wateroppervlak wordt de stroming **geëxtrapoleerd naar de bodem**. De stroming aan de bodem zelf is gelijk aan nul. Tussen de bodem en de diepste cel van de ADCP zijn de componenten  $u_x$  en  $v_y$  lineair geëxtrapoleerd.

In principe kan nu een grafiek gemaakt worden van de drie stromingscomponenten  $u_x$ ,  $v_y$  en  $w_z$  als functie van de afstand tot het beginpunt  $a_i$  en de diepte van de bin  $b_j$ . Per ensemble zijn echter maar een beperkt aantal pings gebruikt om de stroming te meten. De drie stromingscomponenten zijn hierdoor niet erg nauwkeurig bepaald. Een grafiek met de stromingscomponenten zal daarom geen duidelijk beeld geven. Daarom worden de stromingscomponenten eerst gefilterd. Met een laag-doorlaat filter worden de korte variaties van de stroming verwijderd. Hierdoor blijven de variaties van de stroming met een grote lengteschaal behouden en ontstaat een vloeiend beeld van de stroming als functie van de diepte en de afstand tot het beginpunt van de raai.

Het toegepaste filter is een IIR filter. Dit filter wordt toegepast voor alle ensembles met filtering over de bins:

$$u'_{xij} = \sum_{k=0}^K b_k \cdot u_{xi(j-k)} - \sum_{k=1}^K a_k \cdot u'_{xi(j-k)}, \text{ voor } i = 1 \dots E,$$

idem voor  $v_y$  en  $w_z$ .

Het filter wordt ook voor alle bins toegepast met filtering over de ensembles:

$$u''_{xij} = \sum_{k=0}^K b_k \cdot u'_{x(i-k)j} - \sum_{k=1}^K a_k \cdot u''_{x(i-k)j}, \text{ voor } j = 1 \dots B_i,$$

idem voor  $v'_y$  en  $w'_z$ .

De  $a_k$  en de  $b_k$  zijn de coëfficiënten van het filter. Bij deze metingen was de ensemble lengte ongeveer 15 meter. In principe kunnen daarom stromingsvariaties met een lengte van 30 meter worden gemeten. De coëfficiënten van het filter zijn zo gekozen dat het filter frequenties groter dan  $0.3\pi$  afkapt. Voor het begrip is dit vertaald naar meters in het horizontale vlak (langs de raai). Stromingsvariaties met lengteschalen kleiner dan 60 meter worden vrijwel geheel weg gefilterd. Stromingsvariaties met een lengteschaal van 90 meter worden verzwakt met een factor 2. Stromingsvariaties met een lengteschaal groter dan 120 meter worden vrijwel niet verzwakt.

Voor de stromingsvariaties in het verticale vlak ( de diepte) worden variaties met een lengteschaal groter dan 3 meter verzwakt met een factor 2. Variaties met een grotere lengteschaal worden niet verzwakt. Variaties met een kleinere lengteschaal worden vrijwel geheel weg gefilterd.

De stromingscomponenten  $u''_x$ ,  $v''_y$  en  $w''_z$  kunnen nu worden uitgezet tegen de afstand langs de raai tot het beginpunt en de diepte t.o.v TAW. De diepte t.o.v. TAW van een bin is de diepte van de bin t.o.v. het wateroppervlak  $b_j + w$ , met  $w$  de waterstand t.o.v. TAW.

De ADCP meet voor elk ensemble  $i$  de diepte van de bodem t.o.v. het wateroppervlak voor 4 bundels  $d_{in}$ . De bodemdiepte  $H_i$  t.o.v TAW wordt dan:

$$H_i = (d_{i1} + d_{i2} + d_{i3} + d_{i4}) / 4 + w.$$

De dieptegemiddelde-stroming in de x-richting van ensemble  $i$  wordt berekend volgens:

$$U_i = l \sum_{j=1}^J u''_{xij} ;$$

De stroming in de bovenlaag en aan de bodem wordt geëxtrapoleerd uit de bemeten bins volgens het bovenvermelde schema.

De gemiddelde x-component van de stroming is dan:

$$U_i = ((-b_1 - l / 2)U_i^{Top} + J U_i^{Mid} + (H_i - w + b_j - l / 2)U_i^{Bot}) / (H_i - w).$$

De stroming wordt geëxtrapoleerd naar die gedeelten van de raai waar het schip met de ADCP niet heeft gemeten. Dit gebeurt met gebruikmaking van het diepteprofiel van het echolood. Bij de linkeroever gebeurt dit volgens:

$$U(l) = \sqrt{\frac{d(l)}{l} \frac{l}{L} d(L)} \left(\frac{l}{L}\right) U_1(L),$$

met  $l$  de afstand tot de linker oever,  $L$  de afstand van het eerste ensemble tot de linkeroever,  $U_1(L)$  de gemiddelde x-component van de stroming in het eerste ensemble. Voor de rechteroever geldt een eendere formule.

Het doorstroomoppervlak  $A$  is berekend volgens:

$$A = \sum_{i=1}^E H_i \cdot (a_i - a_{i-1}) , \text{ met } a_0 = 0.$$

De bijdrage van een ensemble aan het debiet  $Q_i$  is berekend volgens:

$$Q_i^{Top} = (-b_1 - l / 2)U_i^{Top}$$

$$Q_i^{Mid} = J U_i^{Mid}$$

$$Q_i^{Bot} = (H_i - w + b_1 - l / 2)U_i^{Bot}$$

Het totale debiet  $Q_{Tot}$  is berekend volgens:

$$Q_{Top} = \sum_{i=1}^E Q_i^{Top}$$

$$Q_{Mid} = \sum_{i=1}^E Q_i^{Mid}$$

$$Q_{Bot} = \sum_{i=1}^E Q_i^{Bot}$$

$$Q_{Tot} = Q_{Top} + Q_{Mid} + Q_{Bot}$$

De over het hele doorstroomoppervlak gemiddelde snelheid  $V_{Tot}$  is berekend volgens:

$$V_{Tot} = Q_{Tot} / A.$$

## LITERATUUR

- [ 1] A.J.M. Kösters, 'Cöördinatentransformaties en kaartprojecties',  
Rijkswaterstaat, Meetkundige Dienst, Delft, Augustus 1993