



# Gebruik, beheer en onderhoud van de ADCP debietmeter

nr. 723.00.H014

Goede Meet Praktijk

Rijkswaterstaat Voorschriften

Serie Rijkswaterstaat Voorschriften ISSN nr. 1383 - 6749.

Goede Meet Praktijk (GMP) is een samenwerkingsverband tussen specialistische diensten en de meetdiensten van de regionale directies van Rijkswaterstaat.

Dit Rijkswaterstaat Voorschrift is binnen GMP-kader een gezamenlijke uitgave van het Rijksinstituut voor Kust en Zee/RIKZ en het Rijksinstituut voor Integraal Zoetwaterbeheer en Afvalwaterbehandeling RIZA.

Hoewel bij deze uitgave de uiterste zorg is nagestreefd, kunnen fouten en onvolledigheden niet geheel worden uitgesloten. Het RIKZ en het RIZA en/of de leden van hun commissies in het kader van GMP aanvaarden derhalve geen enkele aansprakelijkheid, ook niet voor directe of indirecte schade, ontstaan door of verband houdende met toepassing van een door RIKZ en RIZA gepubliceerde uitgave.

Correspondentieadres:

Rijksinstituut voor Kust en Zee  
t.a.v. GMP - secretariaat  
Postbus 20907  
2500 EX Den Haag



## Gebruik, beheer en onderhoud van de ADCP debietmeter

### 1. ONDERWERP

De Acoustic Doppler Current Profiler of ADCP meet de stroomsnelheid gelijktijdig in verschillende waterlagen. Door de snelheid in drie hoofdrichtingen te meten en het resultaat te combineren, is ook de stroomrichting te bepalen. Het systeem meet de Doppler-verschuiving van een uitgezonden signaal dat na reflectie op zwevende deeltjes in de verschillende waterlagen weer terugkeert bij de bron.

#### Opmerking

Doppler-verschuiving is het frequentieverschil tussen stilstand en beweging. Hoe sneller de relatieve beweging van bron en ontvanger hoe groter het verschil. Door de frequentie van een signaal dat van een bekende bron afkomt te meten, is de relatieve snelheid ten opzichte van de bron te bepalen.

Dit RWSV beschrijft de inwinning met en het beheer en onderhoud van deze instrumenten.

### 2. TOEPASSINGSGBIED

De ADCP kan meten vanaf de zeebodem of vanaf een schip, zowel stilliggend als varend. Dit voorschrift is vooral toepasbaar bij het varend meten in zowel zoet als zout water.

Het instrument meet de stroomsnelheid en -richting op maximaal 128 niveaus in de verticaal. Integratie van metingen over een dwarssectie van een waterloop levert het volume doorstromend water per tijdseenheid (debiet).

Vlak onder de waterspiegel en vlak boven de bodem kan het instrument niet meten. De lengte van deze zones hangt af van de transducerdiepte, het type instrument (frequentie, hoek tussen de geluidsbundels) en de cellengte. De cellengte bepaalt het aantal niveaus in de verticaal. Naarmate de cellengte groter is, is de gemiddelde waarde voor de cel preciezer.





## Rijkswaterstaat Voorschrift

nr: 723.00.H014

### 3. DOCUMENTATIE

De volgende documentatie is beschikbaar:

- ADCP-formulier (zie bijlage 1).
- Testrapporten (jaarlijks).

Informeel richtlijnen voor inwinning en verwerking zijn ontwikkeld door het NODC Shipard Center van de universiteit van Hawaii (zie ref. [2]).

### 4. APPARATUUR

De ADCP bestaat uit een sensoreenheid, een besturingseenheid (deck unit), kabels en een PC.

Voor driedimensionale metingen zijn tenminste drie bundels nodig. De ADCP van RD Instruments kan 2, 4 of 5 bundels hebben en daarbij frequenties variërend van 2400 tot 75 kHz. De Meetdienst Zeeland koos voor instrumenten met 4 bundels, elk met een bundelbreedte van 3°, en 614 kHz (dat geeft voor profielmetingen een maximaal bereik van ongeveer 60 m). De bundels zijn onder een hoek van 20° met de verticaal buitenwaarts gericht, één naar elke kant van een denkbeeldige piramide (de zogenaamde Janus-configuratie).

Zolang de bodem op minder dan ongeveer 110 m van de sensor ligt (bij 614 kHz), meet het instrument stroomsnelheden en -richtingen ten opzichte van de bodem. Combinatie met de scheepskoers (gyro) en plaatsbepalingsgegevens levert de stroomrichtingen ten opzichte van het (ware) noorden.

#### Opmerking 1

Pas bij het omzetten naar richtingen in de kaart de meridiaanconvergentie toe, zoals die geldt voor de gebruikte kaartprojectie (zie RWSV 923.00.F008 - Gyrokompas).

Bij grotere diepten is over te schakelen op de navigatie-modus (water track), zodat de stroomgegevens niet langer ten opzichte van de bodem gelden maar ten opzichte van de diepst bereikbare waterlaag.

#### Opmerking 2

Om de ruwe stroomsnelheden te corrigeren is een geluidssnelheidsmeting nodig.



## Rijkswaterstaat Voorschrift

nr: 723.00.H014

### 5. UITVOERINGSOPDRACHT

In elke meetdienst is iemand verantwoordelijk gesteld voor het centrale beheer van de stroomgegevens, het inwinprogramma en het tijdig, juist en compleet uitvoeren van onderhoud en kalibratie van de meetinstrumenten.

De uitvoeringsopdracht voor de gegevensinwinning beschrijft tenminste de meetlocatie(s), de gewenste meetduur, de cellengte (laagdikte) en de meettolerantie. De meettolerantie geeft aan, hoe precies de meetresultaten moeten zijn voor bijvoorbeeld 95% van het totaal aantal meetwaarden (tweemaal de standaardafwijking). De opdracht beschrijft bovendien de wijze van presentatie.

Tenminste tweemaal per jaar en na een werfbeurt of een aanpassing in soft- en/of hardware dient een vergelijkingsmeting met een ander type stroomsnelheidsmeter plaats te vinden.

Het jaarlijkse preventieve onderhoud geschiedt onder een onderhoudscontract door een aannemer.

### 6. WERKWIJZE

#### 6.1 Installatie

Kies voor de transducereenheid een positie aan boord die zo ver mogelijk verwijderd ligt van schroef-, stromings- en akoestische ruis. Test de gekozen positie op de afwezigheid van bellenbanen en turbulentie.

Demontabele installatie door een moonpool of aan een steun over de zijkant van het schip is handig voor het onderhoud (verwijderen aangroei), beschadiging en eventuele vervanging. Door de ophanging lang genoeg te maken is de ruis verder te beperken.

Zorg dat de oplijning ten opzichte van het schip niet kan veranderen. Plaats de eenheid bij voorkeur niet zo, dat de lijn door twee tegenover elkaar liggende transducers in het vlak van kiel en stevens ligt, maar er juist een hoek van ca. 45° mee maakt. In dat geval zullen de gemeten Doppler-verschuivingen in de vier transducers ongeveer gelijk zijn. Bovendien is de invloed van schroef- en andere ruis op de bundels dan kleiner.





## Rijkswaterstaat Voorschrift

nr: 723.00.H014

### 6.2 Inwinning (zie bijlage 1)

Controleer of de uitvoeringsopdracht alle benodigde gegevens bevat. Zo niet, bepaal dan zelf de meest geschikte instellingen (bijvoorbeeld met het programma BB-setup) en bevestig de instellingen met de opdrachtgever. Pas de uitvoeringsopdracht zonodig aan.

Stel het instrument in volgens de gegevens van de uitvoeringsopdracht.

Bepaal de gemiddelde geluidsnelheid in het stroomgebied, bijvoorbeeld door de temperatuur en de saliniteit te meten (zie ook RWSV 923.00.L002 - echolood).

Controleer eventueel of de pulslengte even lang is als de cellengte (L) en of de standaard-afwijking van de spectrale breedte wordt weergegeven. Bepaal de gehele spectrale breedte door deze standaardafwijking met een factor 2,35 te vermenigvuldigen. Controleer of de spectrale breedte in Hz ongeveer gelijk is aan  $500 / L$ , met L in meters.

Stel het tijdsinterval tussen metingen in in de software in overeenstemming met de gewenste afstand tussen meetpunten en de vaarsnelheid.

Onderscheid het meten van de snelheid ten opzichte van de waterbodem en het meten van de stroomsnelheid in waterlagen. De ADCP kent hiervoor verschillende instellingen, resp. aangeduid als *bottom tracking* (BT) en *current profiling* (CP). BT gebruikt lange pulsen voor een betere bodemreflectie, terwijl CP alleen goed werkt met korte pulsen. Een lange puls levert een nauwkeurige ( $\pm 1$  cm/s) en stabiele snelheid ten opzichte van de bodem, terwijl ook het bereik groter is (bij 614 kHz ongeveer 110 m). Verwar de echo's van sterk reflecterende lagen niet met de echte bodem.

Een derde instelling wordt aangeduid als NAV. Deze instelling gebruikt de positie- en koersgegevens van het plaatsbepalingssysteem.

Vergelijk geregeld (bijvoorbeeld elk half uur) de uitkomsten van de ADCP (ingesteld op BT) met de vaarsnelheid en de koers, die volgen uit positiegegevens. Dat levert een snelle controle op de juiste werking van het systeem.

Voorkom inwinning met een meetvaartuig dat meer dan  $5^\circ$  stampet of slingert (zie par. 8). Wanneer



## Rijkswaterstaat Voorschrift

nr: 723.00.H014

een standopnemer beschikbaar is, zijn de ruwe metingen ook bij grotere hellingshoeken te corrigeren.

### 6.3 Kalibratie

De typische grootte van de systematische fouten bedraagt volgens de fabrikant 0,5 - 1,0 cm/s. Vanwege deze kleine fouten is een echte kalibratie tegen nauwkeurig bekende standaarden lastig: vergelijkbare systemen kennen grotere systematische fouten.

De stroomsnelheidsgegevens van de ADCP moeten in stationaire metingen goed overeenkomen met een gekalibreerde Ottmolen (zie RWSV 723.00.H013). Vergelijk daarom de beschikbare systemen onderling door tenminste één uur gelijktijdig te meten in dezelfde waterloop (bij voorkeur op verschillende diepte en met verschillende stroomsnelheden) en de gegevens op dezelfde wijze statistisch te verwerken (zie par. 7).

De oriëntatie van de sensor is op zichzelf willekeurig, zolang de uiteindelijke richting maar bekend is (zie par. 6.1). Eén manier om de oriëntatie vast te stellen is door vergelijking van de stroomrichting van de ADCP met die van een Elmar of andere stroomrichtingsmeter. Meet tenminste voor een gehele getijperiode, om het gemiddelde richtingsverschil goed te bepalen. Houd er rekening mee, dat ook (een fout in) het gyrokompas bijdraagt aan het resultaat.

### 6.4 Onderhoud

Zorg dat de sensor zoveel mogelijk vrijblijft van aangroei. Houd de onderdelen van de ADCP's per systeem bijeen, ook als ze niet in gebruik zijn: voorkom het gebruik van een en dezelfde sensor met verschillende kabels en/of besturingseenheden.

Het (uitbestede) preventieve onderhoud bestaat uit in- en uitwendig schoonmaken, testen, zonodig opwaarderen van de elektronica, herstellen van gebreken, vervangen van O-ringen en knoopcel, coaten van de behuizing, opnieuw installeren en testen aan boord (proefvaart).

## 7. BEREKENING EN RAPPORTAGE

De ADCP-software voert vele berekeningen uit (zie ref. [1]). Hier volgt slechts een voorbeeld.





## Rijkswaterstaat Voorschrift

nr: 723.00.H014

Met als uitgangspunt dat de reflectie-eigenschappen per waterlaag in horizontale zin gelijk blijven, is de relatieve verplaatsingssnelheid  $v$  van een waterdeeltje in de laag ten opzichte van de sensor gegeven door

$$v = \frac{\Delta f_d c}{2 f \cos \alpha}$$

met

$c$  = geluidssnelheid, bv. 1500 m/s.

$f$  = frequentie van het uitgezonden signaal, bv. 600 kHz.

$\Delta f_d$  = Doppler-verschuiving, bv. 0,4 kHz.

$\alpha$  = de hoek tussen bundel en stroomrichting of bodem, bv. 60°.

De gegeven waarden geven een relatieve snelheid van 1 m/s naar de sensor toe.

Deze berekening geldt voor elke bundel. Door de resultaten van de bundels te combineren ontstaat een waarde voor de stroomsnelheid in elk van de drie hoofdrichtingen: de horizontale snelheden ontstaan als het gemiddelde resultaat van twee tegenover elkaar liggende bundels; elk bundelpaar geeft bovendien een verticale stroomsnelheid. Vergelijking van de twee getallen per hoofdrichting levert direct een indicatie van de betrouwbaarheid.

### Opmerking

De vergelijking zegt zowel iets over de juistheid van de aanname van horizontale homogeniteit als over het naar behoren functioneren van de ADCP. Deze twee invloeden zijn tijdens de meting niet te scheiden.

De ruwe stroomsnelheden zijn in het algemeen enkele procenten te groot. Dat komt doordat de ADCP de stroomsnelheid uit de gemeten Dopplerverschuiving berekent met een (vaste) geluidssnelheid van 1536 m/s. Ook de diepte van de lagen waarvoor de gemeten stroomsnelheden gelden is meestal enkele procenten te groot. Corrigeer alle ruwe stroomsnelheden en zondig alle diepten met de factor  $c/1536$ , met  $c$  als de actuele geluidssnelheid.

De berekening, die dient ter vervanging van een volwaardige systeemkalibratie, is als volgt:

- 1) Bereken de maximale herhalingsfrequentie  $h$  uit het ingestelde aantal cellen  $N$  of de profiellengte  $R$  in meters. De fabrikant geeft daarvoor resp.  $h = 1 / (0,002N+0,02)$  of  $h = 1 / (0,003R+0,02)$ .



**Rijkswaterstaat Voorschrift**

nr: 723.00.H014

Gebruik de kleinste van deze twee waarden. Voorbeeld: om een profiel van 7,5 m lang te meten met een laagdikte (cellengte) van 0,5 m zijn de twee getallen resp. 20 Hz en 23,5 Hz, dus de maximale herhalingsfrequentie is 20 Hz. Met een grotere cellengte (minder cellen) wordt het eerste getal groter dan het tweede; kies in dat geval voor  $h = 23,5$  Hz.

- 2) Bereken de verwachte precisie:

$$\sigma = \frac{2,4 \cdot 10^5}{f d \sqrt{n}}$$

met

$f$  = frequentie, bv. 600 kHz.

$d$  = cellengte, bv. 0,5 m.

$n$  = aantal pulsen waarover gemiddeld wordt, bv. 6400 (liever niet minder).

De precisie met de gegeven getallen is 1 cm/s (de bovengrens van de door de fabrikant gemelde typische instrumentele fout). De factor 2,4 in de teller geldt voor een opstellingshoek van 40° tussen tegenover elkaar liggende bundels; bij 60° is deze factor 1,6.

De stappen 1) en 2) zijn bijvoorbeeld te berekenen met het programma BB-setup van RDI.

- 3) Bereken het aantal seconden nodig om  $n$  pulsen te krijgen; met een herhalingsfrequentie van 20 Hz duurt het 320 sec. om 6400 pulsen te krijgen.
- 4) Meet met de beschikbare systemen op dezelfde hoogte tot er vergelijkingswaarden zijn ontstaan; hier  $10 \times 320$  sec.  $\approx$  55 minuten.
- 5) Bereken de gemiddelde stroomsnelheid over deze periode.
- 6) Vergelijk de waarden over gelijke middelingsperioden van de verschillende instrumenten onderling om eventuele systematische verschillen te ontdekken.
- 7) Noteer de resultaten en de omstandigheden op het ADCP-formulier (zie bijlage 1) en vergelijk de uitkomsten met eerdere proeven; bewaar de formulieren centraal.

## 8. KWALITEITSBORGING

Door vier bundels te gebruiken in plaats van de drie die strikt genomen nodig zijn om de stroomsnelheid in drie richtingen te meten is er sprake van overtaligheid. Deze extra meting controleert de andere drie, zodat het enkele meetresultaat een kwaliteitsindicatie bevat.





## Rijkswaterstaat Voorschrift

nr: 723.00.H014

Stroomsnelheden in de onderste 5% van de waterkolom zijn gevoelig voor valse invloeden door bodemreflecties via zijlobben. Wees behoedzaam bij de beoordeling van deze waarden. In het algemeen zijn de waarden dicht bij de bodem iets te laag. Bij verankerde ADCPs geldt hetzelfde, maar dan voor de bovenste 5% van de waterkolom.

De invloed van trim en slagzij (pitch en roll) is bij de Janusconfiguratie veel kleiner dan bij een enkele recht omlaag gerichte bundel. Uit metingen blijkt dat de invloed van kortdurende slagzij- en trimvariaties meestal verwaarloosbaar is. Een standopnemer is in zo'n situatie alleen te gebruiken als extra voorzieningen zijn getroffen om de ADCP gegevens te synchroniseren (zie ref. [1]). Pas eventueel de gemiddelde trim en slagzij toe bij de gegevensverwerking.

Dat slagzij en trim de gemeten waarde kunnen beïnvloeden blijkt uit een voorbeeld: bij een hellingshoek van  $10^\circ$ , een waterdiepte van 10 m en een hoek tussen tegenover elkaar liggende bundels van  $40^\circ$  gelden de geregistreerde stroomsnelheden niet voor 10,00 m, maar voor 9,84 m waterdiepte. Ook is de gemiddelde horizontale stroomsnelheid fout door een oneigenlijke verticale bijdrage, die niet uit de meting zelf is te corrigeren.

De verticale stroomsnelheid is gevoelig voor geluidsnelheidsvariaties met de diepte. Het effect is vrijwel altijd verwaarloosbaar, ook door het kleinere belang van de verticale stroomsnelheid.

### 9. VEILIGHEID EN MILIEU

Er zijn geen bijzondere overwegingen van toepassing. De sensor zelf is niet specifiek kwetsbaar, al blijft voorzichtige behandeling nodig.

### 10. REFERENTIES/LITERATUUR

Het werkingsprincipe wordt grondig uitgelegd in

- [1] RD Instruments, ADCP Principle of Operation: A Practical Primer, 1989.
- [2] Dr. Erik Firing, WOCE ADCP Measurements and Navigation, Univ. of Hawaii, 1995.



## Rijkswaterstaat Voorschrift

nr: 723.00.H014

### 11. BIJLAGE

- Formulier ADCP-controle.





## Rijkswaterstaat Voorschrift

nr: 723.00.H014

## BIJLAGE

## Formulier ADCP-controle

ADCP - CONTROLE				(RWSV 723.00.H014)	
instrumentnummer		waarnemer			
meetvaartuig		datum			
project/aanleiding					
<b>ALGEMEEN</b>					
datum laatste jaarlijkse onderhoud:		laatste vergelijkende meting:			
opgegeven meettolerantie:					
transducereenheid vast / verstelbaar / demontabel op diepte:					
gemiddelde geluidsnelheid:					
ingestelde celledge:					
aantal bottom / water track pings per ensemble:					
<input type="checkbox"/> sensororiëntatie klopt met kalibratierapport					
<input type="checkbox"/> systeem werkt, uitlezing in orde					
<input type="checkbox"/> weergave standaardafwijking van de spectraalbreedte in orde (invullen niet verplicht)					
<input type="checkbox"/> geregistreerde spectraalbreedte (in Hz) gelijk aan 500/ L (in m) (invullen niet verplicht)					
<b>VERGELIJKENDE METING</b>					
aantal waarnemingen voor gemiddelde		n =			
duur middelingsperiode:					
stelsel 2	type:	nummer:			
stelsel 3	type:	nummer:			
opmerkingen:					
meting #	diepte	ADCP	stelsel 2	stelsel 3	
1		cm/s °	cm/s °	cm/s °	
2		cm/s °	cm/s °	cm/s °	
3		cm/s °	cm/s °	cm/s °	
4		cm/s °	cm/s °	cm/s °	
5		cm/s °	cm/s °	cm/s °	
6		cm/s °	cm/s °	cm/s °	
7		cm/s °	cm/s °	cm/s °	
8		cm/s °	cm/s °	cm/s °	
9		cm/s °	cm/s °	cm/s °	
gemiddelde verschil met 1 <sup>ste</sup> stelsel			cm/s °	cm/s °	



## Rijkswaterstaat Voorschrift

nr: 723.00.H014

Deze pagina is blanco.





## Rijkswaterstaat Voorschrift

nr: 723.00.H014

Deze pagina is blanco.

*Strathmore*  
WRITING 25% COTTON

RIKZ • RIZA • NID • Meetdiensten: Noord-Nederland • Noord-Holland • Zuid-Holland • Zeeland • IJsselmeergebied • Oost-Nederland • Limburg • Noordzee

