

Onderzoek naar efficiency verbetering kustlodingen

17 december 2002

Rapportnummer: AGI/110105/GAM010

Onderzoek naar efficiency verbetering kustlodingen

17 december 2002

Inhoudsopgave

Inhoudsopgave	2
Voorwoord	3
Samenvatting	4
1.1 Probleemstelling	4
1.2 Resultaat	4
2 Inleiding	5
2.1 Aanleiding	5
2.2 Probleemstelling	5
2.3 Afbakening	5
3 Beschrijving huidige situatie	7
3.1 Beschrijving werkgebied	7
3.2 Beschrijving huidige inwinmethode	7
3.3 Schatting kostprijs van een kilometer loden	10
3.4 Beschrijving verwerkingsmethode	10
4 Toepassing van Multibeam bij kustlodingen	10
4.1 Toepassing	10
4.2 Verwerking opname data	13
4.3 Toename hoeveelheid opname data	13
5 Evolutie van het lodingsysteem	14
5.1 Inleiding	15
5.2 Evolutie	14
5.3 Mogelijke trendbreuk door toepassing Multibeam	14
6 Wat zijn de foutenbronnen	16
6.1 Foutenbronnen	16
7 Uitleg foutenbronnen	17
7.1 Inleiding	17
7.2 Referenties (Z)	17
7.2.1 Waterstand als Z-referentie	17
7.2.2 LRK - dGPS als Z-referentie	18
7.2.3 Diepgang	19
7.2.4 Bundelhoek	19
7.2.5 Squat	20
7.2.6 Bootgeometrie	22
7.2.7 Geluidsmodel (voortplantingssnelheid geluid door water)	23
8 Controle multibeam opname	24
8.1 Controle met de patch-test.	24
8.2 Werkwijze van de patch-test (controle)	24
8.3 Calibratie met de patch-test.	25
8.4 Precisie	25
8.5 Overlap	26

Voorwoord

De Meetkundige Dienst heeft in dit project samengewerkt met de volgende personen:

- q Nard Wiegmann (GAM)
- q Ronald Perluka (GAM)
- q Kees Boogaard (GAM)

Nard Wiegmann
Projectleider Mariene Geodesie

Delft, december 2002

1 Samenvatting

1.1 Probleemstelling

Wat betekent het als RIKZ aangeeft straks singlebeam te vervangen door multibeam voor de inwinning van data voor vaklodingen langs de Nederlandse kust. De vraag die hiervoor beantwoord moet worden kan opgesplitst worden in drie onderdelen, namelijk:

- Beschikbaarheid van multibeam schepen.
- Nauwkeurigheid.
- Kosten.

1.2 Resultaat

Uit het onderzoek is gebleken dat het kustgebied van Nederland op een andere manier gelood zou kunnen worden, namelijk:

- Handhaven singlebeam.
- Volledig dicht varen met multibeam.
- Alleen de raaien varen met multibeam.

Op de vraag wat dit zoal gaat betekenen:

Bij volledige dekking van het gebied:

- Binnen de MID's zijn genoeg schepen met multibeam om de kustlodingen uit te kunnen voeren. Uitbreiding zou wel gewenst zijn.
- De multibeam schepen niet meer inzetbaar zullen zijn voor andere werkzaamheden dan kustlodingen.
- De precisie en betrouwbaarheid (= nauwkeurigheid) van de lodingen zullen toenemen.
- De hoeveelheid data explosief zal toenemen
- De kosten vele malen hoger zullen worden.

Een alternatief is om alleen de kustraaian uit te laten voeren met multibeam:

- Binnen de MID's zijn genoeg schepen met multibeam om de kustlodingen uit te kunnen voeren.
- Betrouwbaardere data.
- Kosten die toe zullen nemen met minimaal factor twee voor zowel de opname als verwerking.

	singlebeam	multibeam
Totaal aantal schepen beschikbaar nu/toekomst	14/12	6/7
Kosten per schip gemiddeld per uur	€ 276	€ 317
Verhouding opname > verwerkingstijd	1 op 1	1 op 2.5
Opnamedata per dag (8 uur)	120 MB	2 GB
Schatting kostprijs per kilometer raai	€ 33	€ 74

Tabel 1.2-1: beschikbaar aantal schepen plus kosten:

	JARKUS	Vakloding
Singlebeam	5	41
Dekkend met Multibeam	18	400

Tabel 1.2-2: aantal te varen kilometers:

2 Inleiding

2.1 Aanleiding

Het RIKZ en het RIZA voeren in opdracht van het Hoofdkantoor van Rijkswaterstaat een reeks landelijke monitoring programma's uit die samen MWTL worden genoemd. Al sinds 1971 staat deze afkorting voor Monitoring van de Waterstaatkundige Toestand des Lands. De naam zegt het al: het zijn programma's waarmee informatie wordt ingewonnen voor het nationale beleid van de rijkswateren. Met MWTL-informatie kunnen trends worden gesignaleerd en meetresultaten worden getoetst aan normen en streefbeelden. Hiermee levert MWTL een essentiële bijdrage aan het formuleren en evalueren van het waterbeleid en aan de naleving van (intern) nationale afspraken.

Doel

Kust en zeebodem

Het periodiek vastleggen van de kust en de zeebodem is nodig om het gedrag te leren kennen en voorspellingen te kunnen doen op korte en lange termijn. Zowel voor kustlijnbeheer (handhaven van de kustlijn) als voor bescherming tegen overstroming (duinafslag) wordt gebruik gemaakt van deze metingen. De morfologie van kust en vooroever is zo gecompliceerd dat aan de hand van metingen meer proceskennis moet worden opgedaan, bijvoorbeeld over het gedrag van zandgolven, het effect van zeespiegelstijging en het versteilen van de vooroever.

2.2 Probleemstelling

Wat betekent het als RIKZ aangeeft singlebeam te vervangen door multibeam voor de inwinning van data voor vaklodingen langs de Nederlandse kust. De vraag die hiervoor beantwoord moet worden kan opgesplitst worden in drie onderdelen, namelijk:

- Beschikbaarheid van multibeam schepen.
- Nauwkeurigheid multibeam.
- Kosten.

2.3 Afbakening

Voorwaarden die aan dit project zullen worden verbonden zijn:

- Geen metingen en data processing (verwerking) worden uitgevoerd.
- Geen gedetailleerd onderzoek wordt uitgevoerd. Dit rapport moet gezien worden als een opstap naar verdere en meer gedetailleerde onderzoeken.
- In het vooroverleg met RIKZ is afgesproken dat het gebied van de JARKUS raaien niet relevant is om met multibeam te worden opgenomen.

-
- Dit onderzoek zal zich dan ook voornamelijk richten op de vaklodingen.
 - In het kader van dit onderzoek zal geen uitspraak over datareductie van singlebeam en multibeam worden gedaan.
 - Toepassing van multibeam mag geen invloed hebben op de raai definitie die door RIKZ is gekozen, dit geldt alleen voor het JARKUS programma.
 - Door de Meetkundige Dienst zal geen conclusie worden getrokken.

3 Beschrijving huidige situatie

3.1 Beschrijving werkgebied

RIKZ is de opdrachtgever van de landelijke monitoring programma's JARKUS en Vaklodingen voor de Nederlandse kust. Al deze raaien worden opgenomen met singlebeam echolood als diepte sensor. JARKUS raaien zijn: jaarlijkse kustlodingen die lopen van de plus vijf meterlijn tot de min tien meterlijn, loodrecht op de kust, lengte 20 kilometer en een slagafstand (afstand tussen de raaien) van twee honderd meter. Vaklodingen lopen van de min tien tot de min twintig meterlijn, slagafstand van duizend meter. In opdracht van RIKZ wordt de diepte ligging van deze raaien gemeten door de Meet en Informatie Diensten (MID) van RWS.

Zie voor een overzicht van het werkgebied bijlage 1 'werkgebied'

3.2 Beschrijving huidige inwinmethode

Zowel de JARKUS als de Vaklodingen worden met singlebeam schepen uitgevoerd. Het software pakket QINSY zorgt voor de opname van data wat verwerkt wordt in het softwarepakket Terramodel. De sensoren die gebruikt worden binnen de meetconfiguratie verschillen per MID. Vanaf 2003 zullen alle MID's gebruikmaken van LRK als plaats-, en hoogtemeetsysteem. Opgemerkt moet worden dat voor het loden van de Vaklodingen niet tot aan het einde van de raaien zeewaarts gemeten kan worden met LRK. Dit gebied ligt buiten het dekkingsgebied van de referentiestations waardoor geen betrouwbare Z gemeten kan worden. De MID's zullen dan overgaan tot een positiemeting middels LRK en een Z uit waterstand. De meetconfiguratie is niet alleen per schip maar ook singlebeam en multibeam verschillend.

Multibeamschepen zijn bijvoorbeeld uitgevoerd met sensoren die de stand van het schip kunnen bepalen. Sensoren die zelden op singlebeam schepen voorkomen. Openingshoeken van transducers verschillen per MID en per leverancier.

Het gehele werkgebied van JARKUS en Vaklodingen wordt door de vier MID's ingemeten, deze MID's zijn:

- Zeeland
- Zuid-Holland
- Noord-Holland
- Noord-Nederland

In onderstaande tabel (3.2-1) is weergegeven per MID:

- Gemiddelde lengte van zowel de JARKUS als Vaklodingen in het werkgebied.
- Slagafstand van zowel de JARKUS als Vaklodingen in het werkgebied.
- Aantal beschikbare singlebeam en multibeam schepen nu en in de toekomst.
- Kosten van een schip inclusief bemanning en voorbereiding per uur .

- Kosten verwerking gerelateerd aan de verhouding tussen opnametijd en verwerkingstijd. Twee uur loden is vier uur verwerken bij een verhouding van 1 op 2.
- Waterstandreductie.
- Wordt data nog gebruikt door derden.
- Wordt er data opgenomen door derden.
- Opname en verwerkingssoftware.

	Zeeland	Zuid-Holland	Noord-Holland	Noord-Nederland
gemiddelde lengte JARKUS raaien	800 / 2500	800 / 900 m	2000 / 8000	1000-3000 m
Slagafstand JARKUS raaien	200	125 tot 250 m	200	180, 200, 220 m
gemiddelde lengte Vaklodingen	10000	10000 m	20000	20000 m
Slagafstand Vaklodingen	1000	1000 m	1000	200, 1000 m
Aantal singlebeam schepen nu en toekomst	3 / 3	3 / 3	2 / 1	6 / 5
Aantal multibeam schepen nu en toekomst	2 / 2	2 / 2	2 / 2	0 / 1
Kosten singlebeam boot per uur inclusief bemanning	€ 435	€194	€ 225	€ 250
Kosten multibeam boot per uur inclusief bemanning	€ 435	€ 291	€ 225	n.v.t
Kosten verwerking per uur per verwerker	€ 70	€ 70	€ 70	€ 70
Verwerkingstijd singlebeam t.o.v. opname	1 op 1	1 op 1.5	1 op 1	1 op 1.5
Verwerkingstijd multibeam t.o.v. opname	1 op 2 en >	1 op 2.5/3.5	1 op 2.5 en >	n.v.t
Opname systeem	QINSY	QINSY	QINSY	QINSY
Verwerkingssysteem	Terramodel	Terramodel	Terramodel	Terramodel
Waterstandsreductie nu en toekomst	LRK en LRK plus waterst	LRK	LRK en LRK plus waterstand	LRK en LRK plus waterstand toekomst alleen LRK
Zorgen derden voor data	Waterschap Zeeuwse Eilanden	Nee	toekomst uitbesteding vaklodingen	Nee
Gaat data naar derden	Zeekoe (database)	???	Nederlandse Hydrografische Dienst	Nederlandse Hydrografische Dienst

Tabel 3.2-1: overzicht

Binnen de directie Zeeland wordt de data van JARKUS raaien ingewonnen en verwerkt door het Waterschap de Zeeuwse Eilanden. Het Waterschap heeft één schip wat de lodingen uitvoert met LRK en het opname pakket QINSY. Het Waterschap maakt gebruik van vaste referentie opstellingen voor LRK.

3.3 Schatting kostprijs loden van een kilometer raai.

Aannames voor de berekening kostprijs:

Gemiddelde duur van een dag loden is:	10 uur
Gemiddelde vaartijd inclusief calibraties siglebeam:	3 uur
Gemiddelde vaartijd inclusief calibraties multibeam	4 uur
Gemiddelde lodingsnelheid siglebeam:	12 km/uur
Gemiddelde lodingsnelheid multibeam:	8 km/uur

Schatting kostprijs siglebeam:

- loden	10 * € 225 (gem. kostprijs)	2250 €
- verwerking	(7 * 1) * € 70	490 €
(1 is de verhouding tussen opname en verwerkingstijd		-----+
		2740 euro

Een dag loden geeft 7 uur * 12 km loden = 84 kilometer aan gevaren raai.
Kosten per kilometer is dan 2780 / 84 = 33 euro per kilometer raai.

Schatting kostprijs multibeam:

- loden	10 * € 250 (gem. kostprijs)	2500 €
- verwerking	(6*2.5) * € 70	1050 €
(1 is de verhouding tussen opname en verwerkingstijd		-----+
		3550 euro

Een dag loden geeft 6 uur * 8 km loden = 48 kilometer aan gevaren raai.
Schatting kosten per kilometer is dan 3550 / 48 = 74 euro per kilometer raai.

Opmerking:

Deze kostprijs is een berekende richtprijs, gebaseerd op bovenstaande aannames. De MID van Directie Noord-Holland is bezig met het berekenen van de kostprijs per kilometer. De kostprijs van multibeam is afhankelijk van meerdere factoren zoals:

- grootte van de gridcel
- gewenste nauwkeurigheid
- overlap

3.4 Beschrijving verwerkingsmethode

Proces:

- Inwinnen aan boord.
- Verwerken tot schone data bij MID.
- Omzetten naar DONAR formaat door de MID.
- Inlezen in DONAR computer/databank (met software).
- RIKZ plot de profielen (mogelijk nog meer acties door RIKZ).

Het verwerken van siglebeam data gaat snel. Als we kijken naar de verhouding opnametijd en verwerkingstijd dan duurt de verwerking ongeveer de helft van de tijd van opname. Opgemerkt moet worden dat in boven vermelde tabel de verhouding 1 op 1 tot 1 op 1.5 staat vermeld. Dit is inclusief de tijd die MID's nodig hebben ter voorbereiding op de metingen.

4 Toepassing van Multibeam bij kustlodingen

4.1 Toepassing

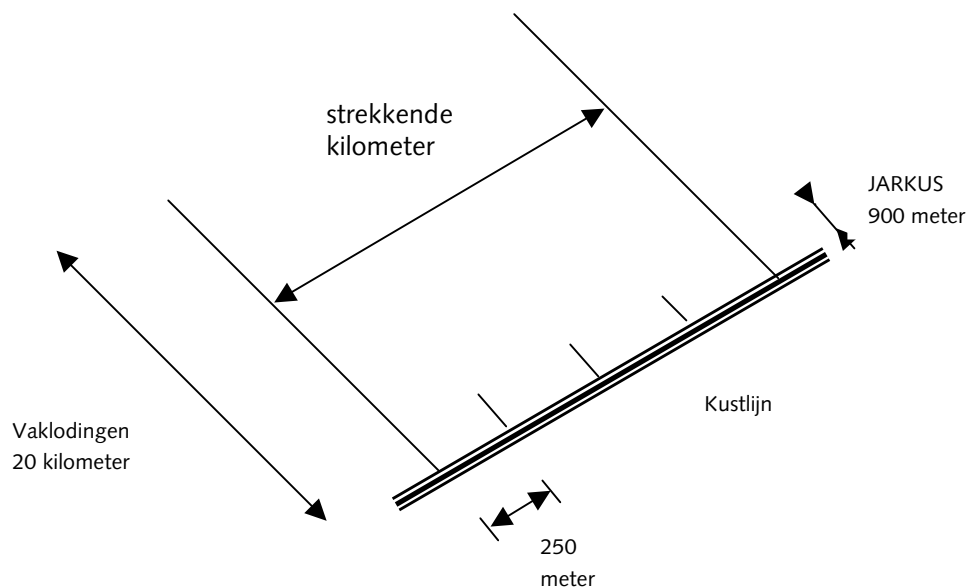
De data die opgenomen wordt bestaat uit raaidata dat ook als zodanig wordt gepresenteerd en geïnterpreteerd, namelijk als profielen.

De inzet van multibeam is over het algemeen toch in gebieden waar we een volledige akoestische dekking van het gebied voor ogen hebben. Bij de JARKUS maar zeker bij de Vaklodingen is dit een vermeerdering van de opnametijd van :

- JARKUS 5 km of 18 km = 350 procent meer vaartijd.
- Vaklodingen 41 km of 400 km = 1000 procent meer vaartijd.

Multibeam als diepte sensor is bruikbaar voor kustlodingen tot een minimum van 5 meter water onder het schip. Voor JARKUS raaien zullen de MID's niet graag een multibeam schip inzetten. Vastlopen met een multibeam is toch een kostbare zaak.

Als voorbeeld nemen we een stuk kustlijn van 1 kilometer lang met JARKUS raaien (0.9 km lang) en Vaklodingen (20 km lang).



Figuur 4.1-1: strekkende kilometer kust

Om dit gebied te loden hebben de MID's drie mogelijkheden namelijk:

- Handhaven singlebeam.
- Volledig dicht varen met multibeam.
- Alleen de raaien met multibeam varen.

Handhaven singlebeam

Als we met singlebeam dit gebied willen loden zullen de MID's:

- Bij JARKUS raaien, 5 kilometer moeten varen.
- Bij Vaklodingen, 41 kilometer moeten varen.

Volledig dicht varen met multibeam

Wat betekent het als RIKZ dit gebied dekkend en met een overlap van minimaal 25 procent laten varen, voor de MID's:

- Bij JARKUS raaien, 18 kilometer aan raaien moeten varen.
- Bij Vaklodingen, 400 kilometer aan raaien moeten varen.

Voordelen:

- Volledig dichtgevaren databestand dat voor meerdere toepassingen te raadplegen is.

Nadelen bekeken per strekkende kilometer kust:

- Bij JARKUS raaien, zeker 20 raaien a 900 meter is 18 kilometer aan raaien varen.
- Bij Vaklodingen, zeker 20 raaien a 20 kilometer is 400 kilometer raaien varen.
- De hoeveelheid data is niet te overzien. 17 keer meer data per 8 uur loden. Dit staat los van de toename van het aantal te varen kilometer aan raaien. Als voor deze mogelijkheid wordt gekozen moet er een gedegen onderzoek worden uitgevoerd naar de mogelijkheden van datareductie tijdens de opname.
- Kosten van zowel de opname als verwerking zullen vele malen hoger liggen dan singlebeam.

Alleen de raaien met multibeam varen

Een meer voor de hand liggende mogelijkheid is om alleen de daadwerkelijke (JARKUS en Vaklodingen) raaien te varen met multibeam.

Als we met singlebeam dit gebied willen loden zullen de MID's:

- Bij JARKUS raaien, 5 kilometer moeten varen.
- Bij Vaklodingen, 41 kilometer moeten varen

Voordelen:

- Het aantal te varen kilometers blijft gelijk, alleen zal een singlebeam schip de aansluiting tot het droge moeten meten. Dit zou het zelfde schip kunnen zijn als de multibeam geheel is in te trekken in het vlak van het schip.
- De betrouwbaarheid van de data zal zeker toenemen omdat ook over een strook van +/- 5 maal de waterdiepte evenwijdig aan de kust een beeld van de bodem ontstaat. Met andere woorden per raai heb je een strook data die drie dimensionaal gepresenteerd kan worden.
- Het te presenteren profiel ook daadwerkelijk gemeten is. Bij singlebeam metingen worden de diepten loodrecht gepresenteerd op de theoretische raai. Als een schip afwijkt van de theoretische raai wordt hij wel geprojecteerd op deze theoretische raai.
Bij multibeam is het mogelijk om de theoretische raai over de data te draperen en die data te gebruiken die daadwerkelijk op de raai is gemeten.

Nadelen:

- Veel meer data, 17 keer meer per 8 uur loden.
- Duurdere opname en vooral verwerking. De verwerking zal minimaal twee tot vier maal zoveel gaan kosten.

4.2 Padbreedte

Onder padbreedte verstaan we de bodemstrook haaks op de vaarrichting dat door een multibeam kan worden bemeten. Bij de berekening van het aantal raaien is uitgegaan van een gemiddelde padbreedte van 50 meter met een overlap van 25%. De padbreedte is afhankelijk van het type multibeam dat aan boord van een schip is gemonteerd.

Type multibeam	padbreedte opgave leverancier	gemeten padbreedte MID's uit ervaring en bruikbare data
Reson 8125	3.5	3 / 4
Reson 8101	7.4	5
Simrad EM3000	10	5
Simrad 1000S	5	4
Fansweep	1 tot 12	4

Tabel 4.2-1: overzicht padbreedte verschillende typen multibeams.

Padbreedte is uitgedrukt in het aantal maal de waterkolom. Dus diepte onder de transducer is 10 meter, dan is bij een padbreedte van 4, de totale breedte wat multibeam meet 40 meter. In de tabel staat ook wat de leverancier opgeeft aan padbreedte. Dit is wat maximaal (instrumenteel) haalbaar is, en niet wat de meest bruikbare data geeft. Bodemgesteldheid bijvoorbeeld zand of slib, structuur van de bodem, vlak of hellingen hebben invloed op de maximale (bruikbare) padbreedte.

Padbreedte is ook afhankelijk van het uiteindelijke resultaat gezien vanuit precisie en betrouwbaarheid = nauwkeurigheid van het eindproduct. Als bekend is wat de vereiste nauwkeurigheid van het eindproduct moet worden kunnen we de volgende vragen pas beantwoorden die van invloed zijn op de toe te passen padbreedte:

- Hoe groot moet een gridcel worden, 1 bij 1 of 10 bij 10 meter.
- Aantal hits per gridcel.
- Wel of geen interpolatie.
- Overlap.
- Type multibeam dat gebruikt gaat worden.

Het aantal hits, dit zijn het aantal gemeten diepten binnen een cel, zijn onder andere afhankelijk van de vaarsnelheid. De Reson 8125 bijvoorbeeld meet op een diepte van :

- 5 meter 40 keer een hele scan per seconde.
- 10 meter 31 keer een hele scan per seconde.
- 15 meter 22 keer een hele scan per seconde.
- 20 meter 16 keer een hele scan per seconde.

Je ziet wel dat al naar gelang de waterdiepte en de hoeveelheid hits per gridcel of de vaarsnelheid moet worden aangepast of meerdere keren over het gebied varen.

De minimale waterkolom die alle multibeams nodig hebben onder de transducer om naar behoren te kunnen meten is twee meter.

4.3 Toename hoeveelheid opname data

Bij het gebruik van QINSY inwinsoftware is de hoeveelheid data dat opgenomen wordt afhankelijk van, het aantal sensoren, inlees frequentie en type transducer (multibeam of singlebeam).

De gemiddelde hoeveelheid data opgenomen op een werkdag van 8 uur is:

- Voor singlebeam komt het op ongeveer 120 Mb voor een dag peilen aan totale data.
- Voor de Reson 8125 komt het op ongeveer 2 Gb voor een dag peilen aan totale data.
- Voor de Fansweep komt het op ongeveer 1.5 Gb voor een dag peilen aan totale data.

Deze gegevens zijn van opnamen waarbij men normaal door kan werken op een dag.

De toename van de hoeveelheid opname data bij gebruik van multibeam is ongeveer 17 keer singlebeam data (2Gb / 120Mb).

4.4 Verwerking opname data

De toename van het aantal kilometers loden per strekkende kilometer zal zich voortzetten in de toename aan verwerkingstijd. De toename zal alleen nog meer worden daar de verwerking van multibeam data 200 tot 400 procent langer duurt dan de verwerking van singlebeam data.

Openstaande vragen zijn:

- Multibeam data kan worden omgezet naar DONAR formaat door de MID's?
- En kan RIKZ uit multibeam data de gevraagde raaidata halen? Of moeten er dan misschien software aanpassingen komen?

Dit zijn vragen waar op dit moment geen antwoord op gegeven hoeft te worden. De toename van de opname en verwerkingstijd zal niet resulteren in een kosten neutraal plaatje.

De toename van data is van een dusdanige omvang, van megabytes gaan we naar gigabytes of zelfs wel naar terrabytes. De volgende onderzoeken zijn zeker noodzakelijk voordat overgegaan kan worden op de toepassing van multibeam:

- Datareductie tijdens de opname.
- Verwerking van bulkdata.
- Beheer van bulkdata.
- Invoer in DONAR / WADI
- Mogelijk nieuwe tools nodig binnen DONAR voor de presentatie.

Om nu al een antwoord op deze vragen te geven is niet mogelijk binnen de voor dit project beschikbare uren.

"Bulkdata is een zeer grote hoeveelheid data in de orde van gigabytes en groter."

5 Evolutie van het lodingsysteem

5.1 Inleiding

De hoofdstukken 5, 6 en 7 komen uit een onderzoek dat is uitgevoerd voor het rivierengebied. Al deze hoofdstukken hebben ook betrekking op lodingen voor de Nederlandse kust. Zoveel mogelijk is de tekst aangepast voor kustlodingen.

5.2 Evolutie

Het loden heeft zich in de loop der jaren sterk ontwikkeld. Vroeger werd er met een roeiboot langs een afstandslijn gevaren en door middel van een hand peillood de diepte gemeten. De afstandslijn is vervangen door afstandsmeters, later door radiografische plaatsbepalingssystemen.

De diepte wordt nu door enkelvoudige (singlebeam) en meervoudige (multibeam) echoloden gemeten. In de manier van meten is veel veranderd zo ook is de nauwkeurigheid met sprongen verbeterd.

5.3 Mogelijke trendbreuk door toepassing Multibeam

De naamgeving van dit hoofdstuk suggereert wellicht ten onrechte dat er grote verschillen zijn in de nauwkeurigheid tussen multibeam en singlebeam. Beide systemen zijn afhankelijk van de toelevering van een positie. En het is vooral de positie die een factor 100 is verbeterd in de loop der jaren. Het meten van de diepte zelf is hoogstens een factor 2 beter geworden. Het verschil tussen multibeam en singlebeam zit zoals gezegd niet in de nauwkeurigheid maar zoals de naam al aangeeft in het hebben van veel bundels die meer punten tegelijk van de bodem kunnen meten. We moeten niet zoeken in oude data naar verschillen in multibeam en singlebeam maar naar het soort plaatsbepaling (radioplaatsbepaling, dGPS, LRK).

Het is verkeerd om multibeam en singlebeam te gebruiken als type aanduiding voor een lodingsysteem uit het oogpunt van nauwkeurigheid omdat het verschil in beide heel klein is. Uit gebruikers oogpunt zijn deze type aanduidingen te begrijpen omdat multibeam zowel gebieds dekkend, als akoestisch dekkend de rivierbodem meet. Nog een reden om dit type aanduidingen niet te gebruiken is dat in de meeste lodingsystemen naast multibeam echolood ook een singlebeam echolood opgenomen is.

De trendbreuk die kan ontstaan zou dan ook geheel toe te schrijven zijn aan een verhoging van de nauwkeurigheid van meten en de gedetailleerdheid waarmee de bodem kan worden bemeten. We moeten dan ook blij zijn met een trendbreuk immers alle energie die we in de ontwikkeling hebben gestoken hebben resultaat opgeleverd.

De trendbreuk is dan ook goed te verklaren, al is niet concreet door middel van één getalwaarde aan te geven wat het verschil in diepte is tussen twee metingen uitgevoerd met een systeem van heden en uit het verleden.

Er is een spreiding waarneembaar veroorzaakt door onderlinge verschillen in meetsystemen welke zorgdragen voor variatie in de getalwaarde.

Om data met elkaar te vergelijken is het van belang vooraf te weten of de te verwachten nauwkeurigheid van dezelfde orde is. Als we een verschilkaart of verschilgrid presenteren van twee lodingen die in tijd verschillen moeten we weten met welke nauwkeurigheid de data zijn opgenomen. Dit om te kunnen bepalen of het verschil acceptabel is of niet.

Het verschil in hoogteligging van de zeebodem is niet alleen het gevolg van de toepassing van multibeam echolood, maar door het gebruik maken van completere (stand en koers sensoren en rekenmethoden) en vooral de nauwkeurigere systemen (ontwikkeling RTK plaatsbepaling).

De tijdperken van de ontwikkeling worden getypeerd door:

- | | |
|-----------------------------------------------------------|-----------------------|
| 1. Lodingsysteem met radioplaatsbepaling en waterstand | 1979 tot 1990. |
| 2. Lodingsysteem met (d)GPS plaatsbepaling en waterstand | 1990 tot 2000. |
| 3. Lodingsysteem met RTK Plaatsbepaling zonder waterstand | 2000 tot heden |

Voor het vergelijken van data uit de verschillende tijdperken hebben we dus inzicht nodig in de nauwkeurigheid van elk van de lodingen. Er moet uitgezocht worden wat de veroorzakers zijn van fouten binnen een lodingsysteem. Immers deze foutenbronnen hebben invloed op de drie tijdperken, alleen zullen in de evolutie fouten zijn geëlimineerd. Het is dus zaak om een inventaris te maken van foutenbronnen.

6 Wat zijn de foutenbronnen

.....

6.1 Foutenbronnen

Als we praten over verschillen in de ligging van de bodem is dit op te splitsen in een verschil in X,Y (positie) en een Z verschil. In dit rapport zijn alle fouten dus ook de verschillen in de X,Y (positie) vertaald naar een verschil in de Z (hoogte ligging van de bodem). Immers ten gevolge van een positiefout wordt bij een diepte een verkeerde positie geplaatst, hierdoor zal er een afwijking ontstaan in het diepteprofiel wat zich enkel laat zien als een fout in de diepte.

De meest voorkomende foutenbronnen die een verschil veroorzaken in de hoogte ligging van de bodem zijn:

1. Plaatsbepaling
2. Referenties (waterstandmodel en reductievlak)
3. Diepgang
4. Bundelhoek
5. Squat
6. Bootgeometrie
7. Geluidsmodel
8. Presentatie / interpolatie

Al deze fouten hebben invloed op elk gemeten punt (gebiedje van 5 meter tot 5 centimeter) van de zeebodem. Door het completer en preciezer worden van de lodingsystemen zijn stapsgewijs de meest voorkomende foutenbronnen geëlimineerd. Bij elke stap in de ontwikkeling van het lodingsysteem is min of meer een eigen trendbreuk te onderscheiden. De trendbreuken behorend bij één van de drie tijdperken vertonen kleine verschillen, die samenhangen met het type vaartuig, een specifiek gedeelte langs de kust etc.

7 Uitleg foutenbronnen

7.1 Inleiding

In het eerste tijdperk van geautomatiseerde lodingen, ongeveer tot het jaar 1990, zijn de lodingen op de rivieren en de kust uitgevoerd met systemen bestaande uit de componenten radioplaatsbepaling, singlebeam echolood, computer en hard en software.

De gebruikte plaatsbepalingssystemen waren: Decca, Trident, Artemis, Miniranger, Microfix, Trisponder etc. De toen gebruikte plaatsbepalingssystemen hadden een nauwkeurigheid in de orde van 5 meter.

Bootgeometrie stond in de kinderschoenen en bestond uit het meten van wat afstanden met een meetband om dit te vertalen naar iets dat de bootgeometrie van nu heel grof benaderde. Het meten en doorrekenen van roll, pitch en koers was niet aan de orde. Het Z- referentievlak was zoals al vele jaren het watervlak. De squat werd niet gemeten of geschat en werd niet toegepast vanuit de gedachte dat deze fout in de vergelijking tussen bodemligging (gemeten door hetzelfde vaartuig onder dezelfde omstandigheden) zou zijn geëlimineerd.

Als we data uit dit eerste tijdperk willen vergelijken met data van nu, het derde tijdperk van de LRK lodingen, dan is dit eigenlijk appels met peren vergelijken. Immers de compleetheid en de nauwkeurigheid van meten van nu staat in een schril contrast met toen. Het verschil in nauwkeurigheid in het meten van de (diepte) ligging van de bodem tussen nu en toen kan wel oplopen tot 0.50 meter.

Door de komst van GPS en later dGPS is de nauwkeurigheid van loden sterk toegenomen. De nauwkeurigheid van dGPS liep op tot 1 a 3 meter. Vooral door de komst van Long Range Kinematische GPS (LRK-dGPS) heeft de nauwkeurigheid nu waarden bereikt van circa 0.05 meter in de diepte en 0.1 tot 0.4 meter in de plaats (X,Y) voor de meest geavanceerde lodingssystemen.

7.2 Referenties (Z)

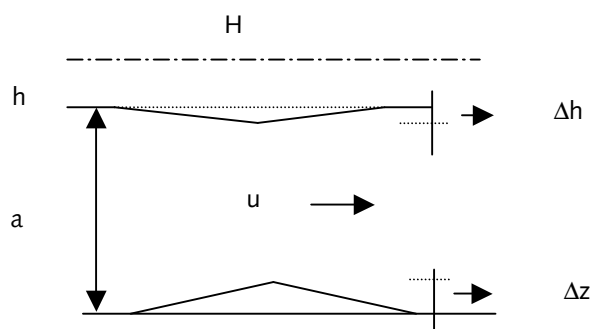
7.2.1 Waterstand als Z-referentie

Traditioneel zijn we gewend te werken met een XY positiesysteem en verkrijgen we de Z-waarden van de transducer via de stand van de waterspiegel ten opzichte van een referentievlak (middenstandsvlak, NAP). Dan hebben we behalve met de precisie van onze eerder genoemde peilschalen en waterstandsmodel ook te maken met de fenomenen diepgang, squat en heave. Zij veroorzaken een meestal aanzienlijk wisselende diepte-ligging van het bootgeometriestelsel en dus ook van het nulpunt van het transducersysteem (stelsel) ten opzichte van de waterspiegel. Invloeden die een afwijking veroorzaken in de Z-referentie (waterstandsmodel) zijn:

- n Opstuwing veroorzaakt door wind, zandbanken etc.
- n Hoge of lage afvoer riviermondingen
- n Vernauwing in stroomprofiel bij strekdammen en pieren (H.v.Holland IJmuiden)
- n Scheepvaart
- n Langs en dwars verhang
- n Waterstand reductie met RWSLOD
- n Eb en vloed

Al deze invloeden zijn van toepassing bij gebruik van waterstand als Z-referentie. Ze veroorzaken aanzienlijke en meestal ook slecht te schatten fouten, die ook niet meer te reproduceren zijn. Het komt er op neer dat hier achteraf dus niet meer exact voor te corrigeren is.

De invloed van de eerste drie hebben min of meer dezelfde strekking. Gesteld kan worden dat overal in het kustgebied waarin de tijd gezien een aanpassing in het bodemprofiel heeft plaats gevonden er een afwijking is ontstaan in het waterstandmodel.



Figuur 7.2-1: de wet van Bernoulli:

Figuur 7.2.1-1: De wet van Bernoulli: ΔZ stelt een duin op de bodem voor en Δh de waterstandsvaling veroorzaakt door het duin. De waterdiepte a [m] en de stroomsnelheid u Z [m/s] spelen hierbij ook een rol. Als we uitgaan van een stroomsnelheid van 1 m/s en een waterdiepte van 4 m dan zal bij een duin van 1 meter hoogte een waterstandsvaling plaats vinden van ongeveer 3 centimeter.

Zandbanken hebben invloed op het model. Als het model wat gebruikt wordt voor de berekening van de waterstand, denk hierbij aan RWSLOD (samenstellen) niet wordt aangepast kunnen er verschillen ontstaan in berekende en werkelijke waterstanden (referentievlak).

De invloed van de scheepvaart is vooral aanwezig rond de mondingen van rivieren, denk aan het leeg zuigen van het vak waardoor er een waterstands verlaging zal optreden. De extra golfslag die scheepvaart te weegt brengt heeft een negatief beeld op het gemeten profiel van de bodem.

Ook als er gebruik gemaakt is van een heave, golfcompensator, die bij benadering de invloed van de golven op het gemeten bodemprofiel gedeeltelijk kan compenseren, blijft er een fout bestaan.

7.2.2 LRK - dGPS als Z-referentie

Werkend met het LRK positiesysteem behoeven we met waterstand, squat en heave geen rekening te houden en zijn we dus de invloed van een drietal vrij grote moeilijk te meten (of exact te schatten) bronnen van mindere nauwkeurigheid kwijt. Echter bij het gebruik van LRK-dGPS als Z-referentie is het wel noodzakelijk een goede hoogtecorrectie ten opzichte van NAP toe te passen voor het locale verschil tussen geoïde en ellipsoïde. Wordt dit vergeten dan kan er in het werkgebied Nederlandse kust van RIKZ plaatsen zijn waar een fout in de Z optreedt van -10 m tot +0.40 meter.

Voor het vergelijken van oude data moet opgemerkt worden dat in het begin van LRK er met locale referentie stations werd gewerkt. Deze referentie stations werden

elke dag opnieuw op een locatie geplaatst en moest de antenne hoogte worden ingevoerd. Dit is een bron van fouten, gebleken is ook dat tijdens de verwerking fouten van meer dan een meter zijn ontdekt. Deze zijn makkelijk te lokaliseren maar fouten van enkele centimeters blijven onvindbaar. Tegenwoordig staan de referentie stations op vaste punten die vooraf op hun kwaliteit zijn beoordeeld en constant worden bewaakt (AGRS).

7.2.3 Diepgang

Zolang de waterstand in gebruik is als een koppeling van lodingmetingen aan een Z-referentie (NAP/ middenstandsvlak) is het van belang om de diepte van de transducer te meten en toe te passen in de toegepaste lodingsoftware. De diepgang is gedefinieerd als een afwijking van het bootgeometriestelsel ten opzichte van de waterspiegel. De diepgang van een schip is afhankelijk van de belading, denk vooral aan brandstof en water. Als deze afhankelijkheid wordt genegeerd kan de fout al gauw oplopen tot 0.05 meter. Ook zijn er voorbeelden waar een diepgangswaarde werd gebruikt, die uit het ontwerp constructiewaterlijn (CWL) werden afgeleid. In het verleden is er in het Noordzee gebied gevaren met een standaard instellingswaarde voor de inzinking.

7.2.4 Bundelhoek

De bundelhoek, de openingshoek van de echoloodtransducer is een foutenbron, die altijd een rol zal blijven spelen in het nauwkeurighedsverhaal. Verschillen in de grootte van de bundelhoek veroorzaken verschillen in de Z-nauwkeurigheid van de bodem en daardoor ook in de resultaten van de dieptemete-echoloden Singlebeam en Multibeam omdat de meeste Singlebeam-echoloden uitgerust zijn met een grotere openingshoek. Slechts een enkel RWS- meetvaartuig is uitgerust met een singlebeam-echolood met een net zo kleine openingshoek als de multibeam van na het jaar 2000. De meeste Singlebeam transducers welke binnen de RWS worden gebruikt hebben een openingshoek van:

- 9.8 graden bundelhoek, toegepaste frequentie 210 kHz.
- 2.7 graden bundelhoek, toegepaste frequentie 210 kHz.
- 2.5 graden bundelhoek, toegepaste frequentie 700 kHz.

De multibeamssystemen gebruiken nagenoeg allemaal transducers met een bundelhoek van 1.5 graden met een frequentie die ligt tussen de 200 en 455 kHz. Er zijn al multibeam die een bundelhoek hebben van 0.5 graden.

Voor kustlodingen wordt een singlebeam-transducer met een openingshoek van 9.8 graden het meest toegepast. Opgemerkt moet worden dat de opgegeven bundelhoek door de leverancier de bundelhoek is die hoort bij de drie dB lijn. Uit praktijk proeven, door het bewegen van een balk onder het schip door, is gebleken dat vooral op ondiepten de bundel afweek van de opgegeven 9.8 graden. De gemeten bundelhoek kon wel oplopen tot 15 graden. Dit is een gevolg van het feit dat in ondiep water (tot 20 meter) je voornamelijk meet met zijbundels en niet met de in de gedefinieerde drie dB lijn welke volledig binnen de hoofdbundel valt. In de vakliteratuur wordt de drie dB lijn ook wel Half Power Points genoemd (HPP). De afregeling door de leverancier heeft een grote invloed op de te verwachten bundelhoek, dit vooral bij Deso 25 die standaard op diep water is afgeregeld. Zouden we deze data vergelijken, uitgaande van een bundel van 9.8 graden, met data opgenomen met een multibeamstelsel (bundelhoek 1.5 graden) dan ontstaat er al snel een verschil in bodemligging van 0.20 meter bij een diepte van 6 meter. De oorzaak is het verschil in diameter van de voetprint, die ontstaat uit het bemeeten bodemgebiedje van de twee transducers. Binnen de gehele voetprint wordt de kleinste diepte als waarde gemeten. Binnen de voetprint is geen onderscheid tussen

bergen en dalen. De dalen verdwijnen en de dieptewaarde van de gehele voetprint krijgt de diepte van de hoogste berg. Dit fenomeen maakt dat een geaccidenteerde bodem altijd ondieper wordt gemeten.

De bodemstructuur (mate van geaccidenteerdheid) veroorzaakt dus verschillen in bodemligging. Als de bodem vlak is, zal er geen verschil ontstaan, duinen, bestorting en hellingen zijn van invloed op de diepte ligging van de bodem. Op de rivieren die een steeds wisselende bodemstructuur hebben door de invloed van de afvoersnelheid, ontstaan van duinen bij hoge afvoer en afvlakking bij lage afvoer, is het lastig tot bijna onmogelijk gemeten diepten te corrigeren voor de invloed van de bundelhoek. De correctiewaarde zou dan ook afvoer afhankelijk moeten zijn immers bij elke afvoer ontstaat een andere bodemstructuur. Je zou kunnen overwegen, mits er niet te veel diepte verschil in het bodemprofiel zit een gemiddelde waarde te corrigeren op de ingewonnen diepten. In het gebied van de bovenrivieren is dit echter ondoenlijk. De ruis rond de correctiewaarde is veel groter dan de correctiewaarde. En is het moeilijk een gemiddelde te bepalen voor een rivier of rivier deel. Opgemerkt moet worden dat de invloed van de bundelhoek groot is en altijd een verdieping van de bodem geeft naarmate de bundelhoek kleiner wordt.

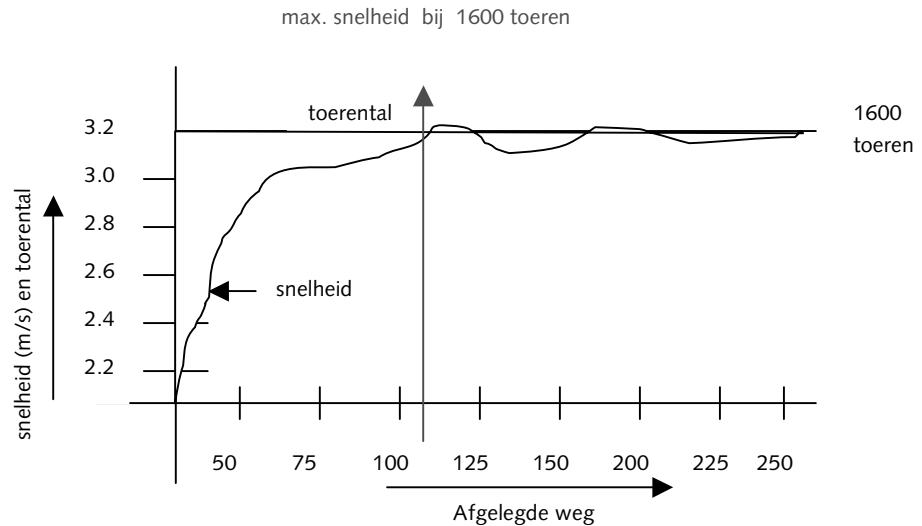
Je mag ook stellen dat een lodingsysteem, waarin het (bijna altijd ook aanwezige) singlebeamecholood en het multibeamecholood beide uitgerust met een transducer met een openingshoek van 1.5 graden, er geen verschil in bodemligging, in het gebied verticaal onder de transducer zal ontstaan.

7.2.5 Squat

Squat speelt een behoorlijke nauwkeurigheid verminderende rol als de waterspiegel onderdeel is van de Z-referentie. Squat is te beschouwen als een afwijking op de ligging van het bootgeometriestelsel-nulpunt ten opzichte van de waterspiegel.

Het vaartuig vertoont inzinking onder invloed van de scheepsvorm, de snelheid door het water en de waterdiepte. Dit natuurkundige verschijnsel (wet van Bernouilli) heet squat. Voor het loden met de waterstand als hoogtereferentie geldt squat als een grote foutenbron, die vooral sterk varieert op ondiepten (minder dan tweemaal de diepgang van het vaartuig). Om de squat binnen beheersbare grenzen te houden is het nodig de snelheid door het water volgens de voorschriften aan te passen aan de diepte onder het vaartuig. Voor de automatische verwerking is (geïmplementeerd in RWSLOD) een squat-algoritme ontwikkeld op basis van snelheid door en diepte van het water. Met behulp van een toerentalmeter op de schroef of een elektromagnetisch log wordt de snelheid gemeten, waarmee squat berekend en gecorrigeerd wordt. Echter het squat-algoritme in RWSLOD is nagenoeg niet gebruikt door de Meetdiensten waardoor alle ingewonnen data (wisselende) dieptefouten ten gevolge van squat bevatten

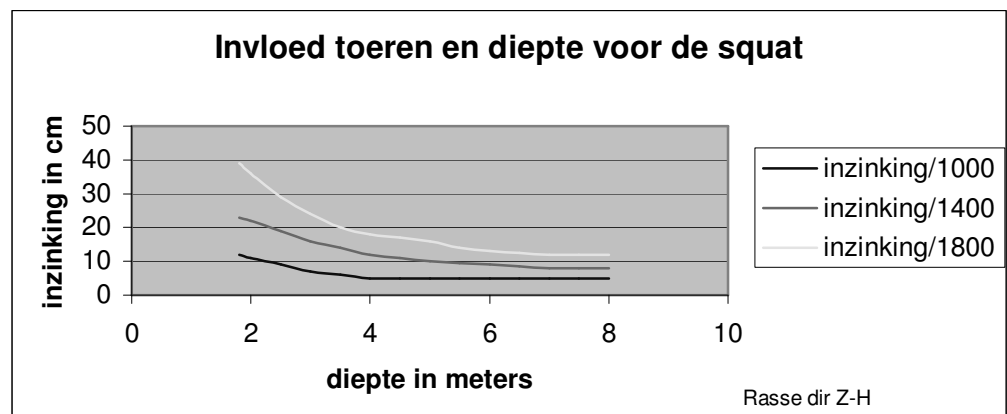
Het squatsysteem op basis van toeren of een elektromagnetisch log is in staat de squatfouten met 50% tot 75% te reduceren. De squat van de meeste vaartuigen van Rijkswaterstaat heeft waarden van 0.05 meter voor lompe pontons en 0.40 meter voor slanke gevormde meetvaartuigen. Het gebruik van toeren om de snelheid te berekenen is op smalle rivieren niet toepasbaar voor dwarslodingen. Bij dwarslodingen is het onmogelijk om met een constante snelheid van oever naar oever te varen. Bij het op gang komen, veel toeren weinig snelheid, berekent het algoritme veel squat.(zie figuur 7.2.5-1).



Figuur 7.2.5-1: snelheidschattingen uit positie en toerental

Uit de grafiek is duidelijk te zien dat een schip enige tijd en dus afgelegde weg nodig heeft om aan een constante snelheid te komen.

De squat is mede afhankelijk van de diepgang, ondiepten zullen door het zuigend effect een boot verder laten inzinken.



Figuur 7.2.5-2: squat bij constante snelheid en variabele diepte. Meetvaartuig Rasse van Dir. Zuid Holland lengte 17 meter type vlet.

Om oude data te kunnen corrigeren is het dan ook noodzakelijk te weten welk schip en liefst nog welke schipper, denk hierbij aan vaargedrag, de lading heeft uitgevoerd. Meestal is van oude data niet meer te achterhalen welk schip de ladingen heeft uitgevoerd, vaak wordt alleen de verwerkte data bewaard.

Het corrigeren van data achteraf op squat is zeer complex. Een mogelijkheid is om per schip en per diepte reeks een gemiddelde squat te schatten aan de hand van metingen met vergelijkbare vaartuigen van nu. Op basis van ervaringscijfers is een redelijke schatting voor het corrigeren van de oude bodems voor squat een waarde van 0.15 meter. (in de richting van een diepere bodem)

7.2.6 Bootgeometrie

Voor ongeveer het jaar 1990 werd de koppeling van sensoren gemeten met wat bandmaten. Tegenwoordig worden alle sensoren door middel van een tachymeter drie dimensionaal ingemeten. Op een schip wordt een "lokaal" (soort eigen RD) stelsel gecreëerd, zodat van elk punt op het schip een X,Y,Z bekend is.

Voor een exacte (cm nauwkeurige) doorrekening van antenne naar bodem zijn bootgeometrie-gegevens een vereiste.

Onder Bootgeometrie wordt ook verstaan de bepaling van het akoestisch nulpunt van transducers. Immers het punt van de transducer welke wordt ingemeten is niet het nulpunt waar de dieptemeting begint. Bij singelbeam echoloden ligt het akoestisch nulpunt centimeters in Z verschoven t.o.v. ingemeten punt. Voor elke transducer is dit een andere waarde en moet ook per transducer worden bepaald en aangepast in de geometrie. Vooral bij singelbeam transducers is in het verleden de Z waarde van de transducer niet aangepast in de Bootgeometrie voor het verschil tussen akoestisch nulpunt en het fysieke nulpunt. Voorbeelden van deze verschil waarden zijn:

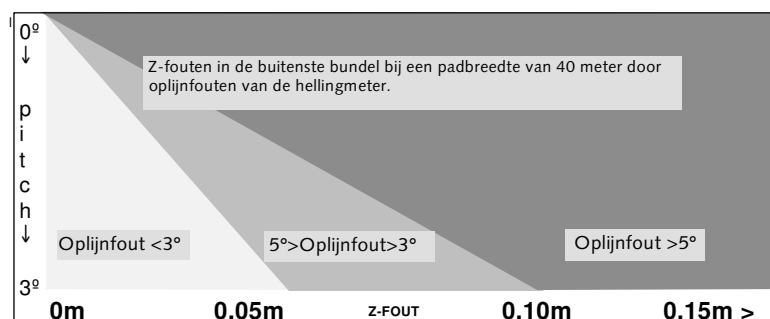
- 210 kc 1 a 4 centimeter boven het gemeten punt (licht binnen de behuizing)
- 33 kc 3 a 7 centimeter onder het gemeten punt (licht buiten de behuizing)
- Multibeam systemen corrigeren vaak via de software dit verschil, maar vooral in het begin van Multibeam zijn hier veel verkeerde waarden toegepast. Verschillen zijn waargenomen van wel 30 centimeter, vaak onduidelijk voor leverancier t.o.v. welk punt de correcties die in de software worden toegepast zijn bepaald.

Door de hogere plaatsbepalingnauwkeurigheid van dGPS is de noodzaak van een exacte doorrekening van antenne positie naar een punt op de bodem toegenomen. Maar vooral het zeer precieze LRK-dGPS maakt het hebben van zeer exacte en betrouwbare bootgeometrie-gegevens onontbeerlijk. We willen die hoge precisie niet kwijt raken in de Bootgeometrie. Het maakt daarbij niet uit of het om een lodingsysteem met een Multibeam- of Singlebeam echolood gaat.

Het gebruik van standopnemers (roll & pitch) en koersgyro's leveren de noodzakelijke informatie voor de goede doorrekening van de bootgeometrie-gegevens (= vorm en afmetingen) in de juiste richting (ruimtelijke stand). Wel is het zo dat een multibeam-echolood vanwege het 'zijdelings' (padbreedte) meten nooit zonder deze ruimtelijke standgegevens kan terwijl dit voor (het ene bundeltje) van de Singlebeam eventueel wel zonder zou kunnen onder bepaalde voorwaarden.

Tot de bootgeometrie behoort ook het fysiek oplijnen van de meet-assen van alle sensoren (XYZ sensor-stelsel) aan het bootgeometrie stelsel.

Doen we dit niet dan zullen bijvoorbeeld bij een standopnemer-sensor een stuk van de pitch voor roll worden 'aangezien' en omgekeerd met onbedoelde fouten in de bodemligging als gevolg (zie onderstaande overzicht).



overzicht welke invloed oplijnfouten hebben op de diepte.

Figuur 7.2.6-1:

7.2.7 Geluidsmodel (voortplantingssnelheid geluid door water)

Het toepassen van het juiste geluidsmodel (bepaling van de geluidssnelheid door het water) is voor Multibeam - en Singlebeam echoloden even belangrijk. En voor de Multibeam geldt nog dat om het verlies in nauwkeurigheid van de bodem, gemeten door de zijdelingse bundels te beperken het van heel groot belang is dat de geluidssnelheid over de gehele verticaal gemeten wordt. Dit levert een geluidsmodel met een gelaagdheid, die het Multibeam echolood hard nodig heeft om de vereiste nauwkeurigheid in de buitenkant van het gemeten bodempad te halen. Daarin zit ook het wezenlijke verschil tussen het Singlebeam- en het Multibeam echolood. Het multibeam-echolood heeft slechts in 1 bundel een gelijke nauwkeurigheid als het singlebeam-echolood. Op alle andere plaatsen in het multibeam-pad is het singlebeam altijd beter. Het is daarom onjuist het 'multibeam' lodingsysteem af te schilderen als een beter systeem dan het 'Singlebeam' lodingsysteem. Het is eerder andersom!

Op zee zullen diepte verschillen optreden door:

- n Invloed van zout / zoet tong (monding van rivieren of lozingen op de rivier).
- n Grote diepte verschillen waardoor een verandering van temperatuur in de verticaal zal ontstaan welke een invloed heeft op de geluidssnelheid. Zelfs kunnen sterke gelaagdheidsverschillen het meten onmogelijk maken.

Uit praktijk ervaring is gebleken dat de geluidsvariaties in 'zout / zoet tongen' grote tot zeer grote (0.50 tot 2.00 meter) Z-verschillen in de bodemligging veroorzaken. Vaak zal de padbreedte van lodingsystemen met het multibeam-echolood moeten worden beperkt om aan de gestelde (of verwachte) nauwkeurigheidseis te blijven voldoen.

Bij lodingen in gebieden met grote diepteverschillen is het van belang de geluidssnelheid over de gehele verticaal te meten en deze per dieptereeks toe te passen. Wordt dit niet gedaan dan ontstaan er fouten van enkele decimeters. Voorbeeld: diepte is 30 meter, toeren verschil (geluidssnelheid uitgedrukt in toeren) is 30 meter per seconde geeft een fout van 0.40 meter. De data zullen behept blijven met deze fouten omdat ze achteraf niet zijn te corrigeren.

8 Controle multibeam opname

8.1 Controle met de patch-test.

Bij het gebruik van multibeam is vooraf veel meer tijd nodig om alle sensoren binnen de configuratie optimaal (volgens de GMP voorschriften) te laten inwinnen. Met een multibeamsysteem kan men niet zo maar gaan meten.

De multibeam moet op verschillende manieren regelmatig worden gecontroleerd. Als eerste de patch-test waarmee de mounting-angles en het delay van de transducer worden bepaald. Als tweede moet het akoestisch nulpunt van de transducer worden gecontroleerd.

Frequentie van de controles

De patch-test moet wekelijks worden uitgevoerd. De controle van het absolute nulpunt maandelijks.

8.2 Werkwijze van de patch-test (controle)

- voer de juiste geluidssnelheid in opname pakket en in de multibeam processor
- Met de multibeam worden vier raaien gevaren:
 - 1 Langzaam heen.
 - 2 Langzaam terug.
 - 3 Snel heen.
 - 4 Langzaam verschoven terug

Een uitgebreide beschrijving is te vinden in de MdSV Multibeam.

- Vul tijdens het varen het invulformulier Patch test in.
- Uit raai 1 en 2 wordt de pitch en de roll van de transducer bepaald.
- Uit raai 1 en 3 wordt de delay bepaald.
- Uit raai 2 en 4 wordt de gyrohoek van de transducer t.o.v het scheepsstelsel bepaald.

Acceptatiewaarden bij de controle

De verschillen tussen de gevonden correcties en de eerder bepaalde calibratiewaarden mogen niet groter zijn dan:

Meting met RTK:	pitch < 1.5°
	roll < 0.1°
	delay < 0.01sec
	gyro < 2°
Meting met dGPS	pitch niet te controleren
	roll < 0.1
	delay < 0.01sec.
	gyro < niet te controleren

Actiepunten na de controle

Gevonden verschillen binnen de acceptatiewaarden:

- Vul het "Controles en calibraties Patch-test" in
- Maak melding in het dagrapport.
- Gevonden verschillen buiten de acceptatiewaarden:
- Voer een calibratie uit.

-
- Vul het "Controles en calibraties Patch-test" in.
 - Maak melding in het dagrapport.

8.3 Calibratie met de patch-test.

Dezelfde methode als bij de controle kan gehanteerd worden echter er moet aan de volgende omgevingseisen voldaan worden:

- RTK beschikbaar
- Talud steiler dan 1:4
- Talud hoger dan 2m
- Ondiepste deel dieper dan 10m

Werkwijze van de controle van het akoestisch nulpunt.

- Vaar het schip boven een drempel of zandrug met bekende hoogte
- Voer de juiste geluidssnelheid in opname pakket en in de multibeam processor
- Meet gedurende tenminste 30 seconden alle sensoren
- Verwerk de meting tot een matrix met cellen van 25 x 25cm.
- Maak een verschilmatrix van bovengenoemde matrix en de theoretische matrix.
- Vergelijk op de vlakke delen de gemeten diepte.

Acceptatiewaarden bij de controle.

De gemeten diepte van de transducer mag niet meer dan 10cm afwijken van de werkelijke diepte van de bar.

Actiepunten na de controle.

Gevonden verschillen binnen de acceptatiewaarden:

- Vul het akoestisch nulpunt in.
- Maak melding in het dagrapport.

Gevonden verschillen buiten de acceptatiewaarden.

- Voer de controle opnieuw uit.
- Wanneer dezelfde fout optreedt, traceer dan de fout.
- Vul het akoestisch nulpunt in.
- Maak melding in het dagrapport.

8.4 Precisie Multibeam

Een schatting voor precisie van multibeam lodingen is circa 0,14 meter. In onderstaande tabel staan de bijdrage beschreven van alle verschillende onderdelen van het lodingsysteem.

Het betrouwbaarheidsgehalte van de bodemmeting is de 'som' van een aantal checks op de onderhoudstoestand van het systeem en (redundante) controlemetingen tijdens de inwinning. Een zeer belangrijk onderdeel hiervan is het consequent bemonsteren met minimaal 20% overlap waardoor veel controle mogelijk is. De prestaties van het multibeamsysteem zouden eens in de vier weken getoetst moeten worden op een (stalen) meetdrempel. Deze meetdrempel is te beschouwen als een NAP-merk onder water. Daar wordt met name op de systematische fout getoetst. De gemiddelde verschillen met de bekende hoogte van de drempel is meestal kleiner 0,02 meter.

Geschatte precisie van de Z-bodem:	variabel deel	systematisch deel	opmerking
LRK + multibeammeting			
NAP net	0.00	0.01	
LRK positiesysteem	0.03	0.02	
geometriesysteem (antenne-transducer)	0.01		
multibeam akoestisch systeem per gridcel 2x2m	0.08	0.02	
geschatte precisie Z-bodemgrid-cel	0.09	0.05	totaal= 0.14
Waterstand + singlebeammeting			
waterstand	0.03	0.02	
waterstandsmodel (incl. wind + stuwings + passage)	0.05	0.10	
squat	0.05	0.10	
geometriesysteem (antenne-transducer)	0.01	0.01	
singlebeam akoestisch systeem	0.05	0.02	
geschatte precisie Z-bodem-footprint	0.09	0.25	totaal=0.34

Tabel: 8.4-1: geschatte precisie.

Toelichting op de tabel 8.4-1:

Wat betreft de multibeammetingen zullen de resultaten op een vlakke ongeveer horizontale bodem, met een systeem gekalibreerd op een drempel, veel beter zijn en richting 0.05m gaan. Op hellingen en zandduinen zijn het goede resultaten als deze rond de 0.14m liggen. Bij de singlebeammetingen is het vooral de waterstandsbijdrage die de geschatte precisiewaarde veel groter maakt dan die van de multibeam met een LRK positiesysteem. De 0.10m systematisch wordt beschouwd als een modelfout in het niet lineaire verhang die constant blijft op een bepaalde plaats in de rivier. De waarde is niet overdreven gezien bekende resultaten van verhangmetingen met het LRK systeem. Naast waterstand veroorzaakt ook squat een grote systematische fout van tenminste 0.10m. Squat 'werkt' altijd bodemverhogend.

Er valt over te twisten of de bijdragen van het systematische deel als statistisch beschouwd kunnen worden of niet. In dit voorbeeld is het slechtste geval als uitgangspunt genomen waarbij aan alle systematische fouten 'toevallig' hetzelfde teken is toegekend. De opgave is om meer bewijsmateriaal te zoeken of te meten om de geschatte precisiewaarden om te zetten naar gemeten precisiewaarden. Merk op dat het verschil in precisie tussen de multibeam- en singlebeamresultaten vooral voortkomen uit een verschil in gebruik tussen de Z-referentie LRK en waterstand. Het gebruik van LRK is niet volledig toepasbaar bij vaklodingen. De raaien lopen tot 20 kilometer uit de kust waar het dekkingsgebied van de referentie ontoereikend is. Een deel van deze raaien zal worden verwerkt met waterstand als Z-referentie.

8.5 Overlap

Als er voor de opname van een vak gekozen wordt voor multibeam data is het varen van een overlap aan te bevelen. Door de complexiteit van de gehele opname configuratie is bewaking noodzakelijk. Binnen goede meetpraktijk is een aanbeveling gedaan om minimaal 25 % overlap te varen. De waarnemer is nu instaat direct afwijkingen van het meten van de ligging van de bodem waar te nemen en direct actie te ondernemen. Tijdens de opname kan hij kijken naar een kaart met gridcellen, de grootte

van de cel en de verdeling van de kleurverandering per standaardafwijking zal afhangen van de gewenste precisie van de loding. Tijdens een track worden gridcellen gevuld met een kleur die correspondeert met waarde uit de vooraf gedefinieerde waarde. Als nu de tweede track wordt gevaren met een overlap van 25 % zullen niet alleen lege gridcellen worden gevuld met een kleur maar ook de gridcellen behorende bij de overlap. Als er nu binnen deze cellen een kleurverandering optreedt is er iets mis met de standaardafwijking van de loding. De waarnemer is nu in staat veranderingen te detecteren en moet als er reden toe is actie ondernemen. Het varen van een overlap is zeker noodzakelijk bij het varen van een vervolgraai op een andere dag. Je moet toch zeker kunnen stellen dat alle raaien onder de zelfde lodingcondities zijn opgenomen. Tijdens de verwerking is het mogelijk om een verschilgrid te presenteren van de gebieden die overlap hebben. Het verschil zegt iets over de ruis in het bemeten gebied. Hoe groter nu de overlap wordt gemaakt hoe meer er te zeggen valt over de betrouwbaarheid en nauwkeurigheid van de data. Bij een overlap van 100 procent kunnen we zelfs het verschil zien in data opgenomen met de buitenste bundels en loodrecht onder de transducer. Middels statistische berekeningen is er meer te zeggen over de betrouwbaarheid en precisie van de opgenomen data. Dit is bij singlebeam nagenoeg niet mogelijk.