

# **Benthos kartering met behulp van side scan sonar voor de kust van Noordwijk**

Bob Paap

1203108-000

**Titel**

Benthos kartering met behulp van side scan sonar voor de kust van Noordwijk

**Opdrachtgever**  
RWS - LaMER




**Project**  
1203108-000

**Kenmerk**  
1203108-000-BGS-0009

**Classificatie**  
vertrouwelijk tot december 2020

**Trefwoorden**

Sidescan sonar, Benthos

Versie	Datum	Auteur	Parasf	Review	Parasf	Goedkeuring	Parasf
	dec. 2010	Bob Paap		Jan van Dalisen		Bob Hoogendoorn	

**Status**  
definitief

## Inhoud

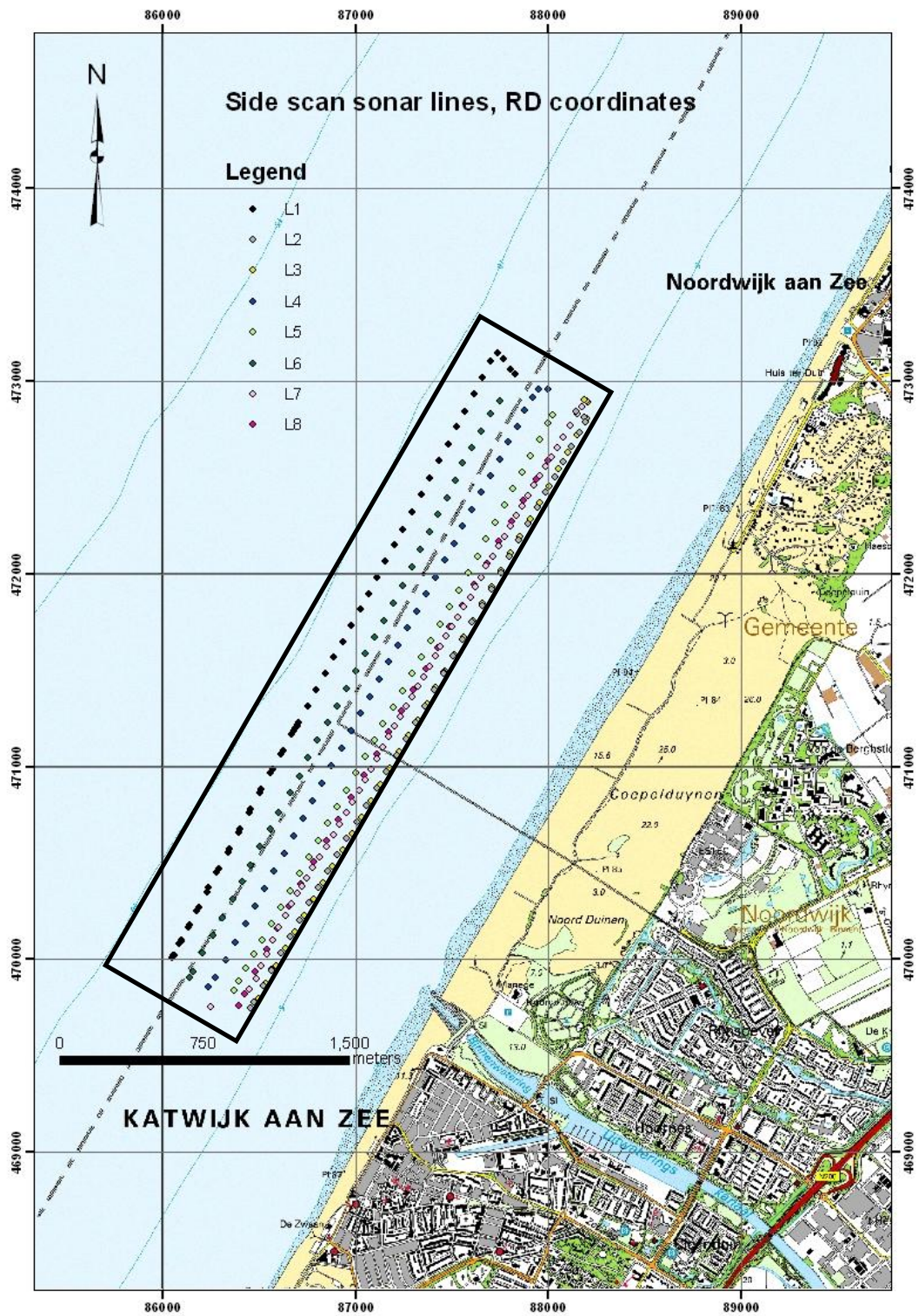
<b>1 Inleiding</b>	<b>2</b>
<b>2 Methode</b>	<b>4</b>
<b>3 Resultaten</b>	<b>7</b>
3.1 Data bedekking en resolutie	7
3.2 Koppeling met <i>Ensis directus</i> (Amerikaanse zwaardschede)	8
3.3 Koppeling met <i>Echinocardium cordatum</i> (Zeeklit)	16
<b>4 Kwantitatieve analyse met QTC sideview</b>	<b>22</b>
<b>5 Conclusies en aanbevelingen</b>	<b>27</b>
5.1 Conclusies	27
5.2 Aanbevelingen	28
<b>6 Referenties</b>	<b>29</b>
<b>Bijlage(n)</b>	
<b>A Bijlage Tabel met waardering van sidescan sonar</b>	<b>30</b>

## 1 Inleiding

In januari 2010 is in opdracht van RWS - LaMER voor de kust van Noordwijk door Deltares en Imares een onderzoek uitgevoerd naar de aanwezigheid van benthosoorten op de zeebodem (Figuur 1.1). Aanleiding voor dit onderzoek is de waarneming van enkele honderden Zwarte Zee-eenden in dit gebied in november en december 2009 door de zeetrekpost van de Nederlandse Zeevogelgroep. Groepen Zwarte Zee-eenden van deze omvang zijn de afgelopen 20 jaar niet waargenomen (Leopold et al., 2010). De stelling is dat de onverwachte aanwezigheid van de Zwarte Zee-eenden gerelateerd kan worden aan een grotere beschikbaarheid van voedsel op de zeebodem (benthos). In dit gebied heeft in 2006 een zandsuppletie aan de vooroever plaatsgevonden en in 2007 en 2008 zijn er zandsuppleties op het strand uitgevoerd. Hierdoor ontstond bij LaMER de vraag of de mogelijke toename aan voedsel (benthos) geassocieerd kan worden met deze suppleties. Naar aanleiding van deze situatie heeft RWS – LaMER een onderzoek in dit gebied gestart naar het voorkomen van benthos. Binnen dit onderzoek is Deltares gevraagd vast te stellen of variaties in benthos waargenomen kunnen worden op sidescan sonar data.

Vergelijkbare studies in gebieden met mossel- en oesterbanken, en zandbanken hebben uitgewezen dat sidescan sonar opnames gebruikt kunnen worden om ruimtelijke verbreiding en dichtheden van benthos vlakdekkend in kaart te brengen (van Overmeeren et al., 2009; Van Dijk, 2011). Bepalend voor het succes hiervan is of benthosoorten herkenbaar zijn op de sidescan sonar data door middel van karakteristieke reflectiestertes, wat onder andere afhangt van dimensies en aantallen van benthos. Dit type onderzoek is een belangrijke aanvulling op de reguliere onderzoekstechnieken, waarbij uitsluitend puntwaarnemingen door middel van bodem monsters worden uitgevoerd.

De sidescan sonar data is verwerkt door middel van een kwalitatieve- en een kwantitatieve analyse. Bij de kwalitatieve analyse is een vergelijking gemaakt tussen reflectiepatronen zichtbaar op de sidescan sonar data en het aantal voorkomens van zowel *Ensis directus* als *Echinocardium cordatum*, beiden aangetroffen in hapmonsters verzameld door Imares (Leopold, 2010). De kwantitatieve analyse bestaat uit een automatische clusteranalyse waarmee sidescan sonar data automatisch wordt geclassificeerd. De sidescan sonar metingen en analyses zijn succesvol in het vlakdekkend in kaart brengen van de zeebodem van het onderzoeksgebied en in het onderscheiden van morfologische eenheden, voornamelijk bestaande uit zandbanken afgewisseld vlakke stukken zeebodem. Er is geen relatie waargenomen tussen het type morfologie op de sidescan sonar data, en variaties in dichtheden van benthos, zoals aangetroffen in hapmonsters. Mogelijk zijn de aangetroffen dichtheden van *Ensis Directus* in het suppletiegebied te laag om op sidescan sonar te worden waargenomen. Alternatieve oorzaak voor ontbreken van een signatuur in de data is de beperkte zichtbaarheid van *Echinocardium* nabij het oppervlak (Lengbeek et al., 2010). Naar aanleiding van dit onderzoek dient het aanbeveling om een databank aan te leggen bestaande uit akoestische “afdrukken” representatief voor verschillende typen en dichtheden van benthos. De resultaten van dit onderzoek kunnen daar al in worden ondergebracht.

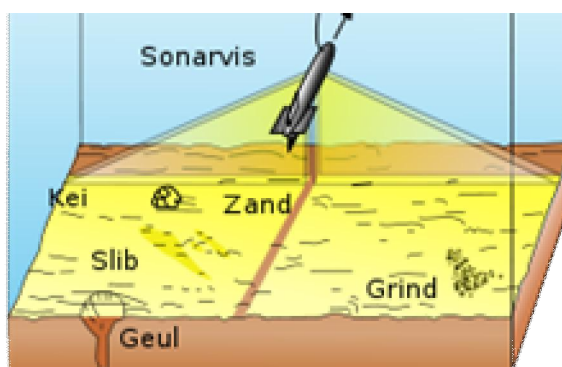


Figuur 1.1 Overzicht van de sidescan sonar lijnen gemeten in het onderzoeksgebied (zwarte rechthoek). De ligging van de sidescan sonar lijnen zijn met punten aangegeven en genummerd van L1 tot en met L8.

## 2 Methode

De beoogde methode bestaat uit een geïntegreerde aanpak waarbij getracht wordt het voorkomen van benthos te bepalen uit hapmonster informatie en sidescan sonar data. Hierbij wordt puntinformatie uit hapmonster metingen met vlakdekkende informatie van de sidescan sonar metingen gecombineerd. De sidescan sonar- en hapmonster metingen zijn aan boord van de MS Rotterdam verricht op respectievelijk 11 en 12 januari 2010. De combinatie van sidescan sonar opnames met analyses van hapmonsters is nog niet voldoende gevalideerd op de soorten *Ensis directus* en *Echinocardium cordatum* zoals deze in het hier beschouwde onderzoeksgebied voorkomen. Populaties met relatief lage dichtheden zullen minder invloed op de morfologie van de zeebodem hebben (minder reliëf vormend, zoals bijvoorbeeld *Ensis directus*) en daardoor minder goed meetbaar met sidescan sonar opnames zijn.

De sidescan sonar zendt aan weerszijden 2 kegelvormige geluidsgolven uit welke reflecteren op de zeebodem. Dit is schematisch weergegeven in Figuur 2.1. De reflectiesterkte van de sidescan sonar data, ook wel “backscatter” genoemd, wordt bepaald door de structuur en samenstelling van de zeebodem en door bathymetrische variaties. Significante verschillen in bodemsoorten (bv klei, slib, grind, zand) en in bathymetrie (bv geulen) kunnen dan ook met sidescan sonar data onderscheiden worden (Figuur 2.1). Daarnaast is bekend dat gebieden op de zeebodem met voorkomens van kolonies van bijvoorbeeld mossels en oesters zich op sidescan sonar data onderscheiden van hun omgeving, als gevolg van hun karakteristieke vorm en samenstelling (van Overmeeren, 2009; van Dijk, 2011).



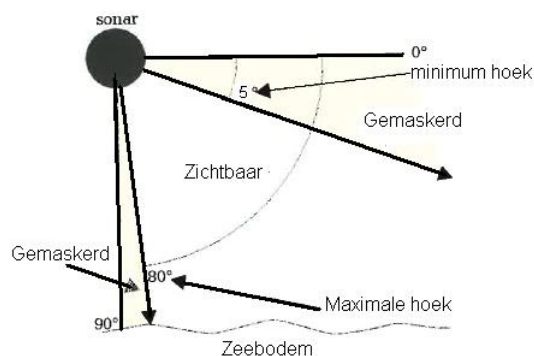
Figuur 2.1 Schematische weergave van de vorm van signaal dat successievelijk wordt uitgezonden en opgevangen door de sidescan sonar (Bron: Wikipedia). De bruine strook in het midden onder de sidescan sonar vis, geeft de blinde zone aan, waarin geen data aanwezig is.

De sidescan sonar gebruikt voor deze metingen is het type Klein 3900. Met dit systeem kan gebruik worden gemaakt van twee hoogfrequente signalen, namelijk het 445 kHz en 900 kHz signaal. Met deze frequenties wordt verwacht dat eventueel aanwezige benthos van relatief geringe dichtheden en omvang (5-10 cm), waargenomen kunnen worden, mits ze voldoende uit de zeebodem steken.

Om vast te stellen of de aanwezige benthos zichtbaar is op de sidescan sonar data is voor de interpretatie van de sidescan sonar data gebruik gemaakt zowel van een kwalitatieve als een kwantitatieve analyse. Een aanvullende kwantitatieve analyse is van belang, omdat hiermee subtiele verschillen in reflectiesterktes of afgeleiden hiervan in sommige gevallen beter geïdentificeerd worden dan met een kwalitatieve analyse.

Bij de kwalitatieve analyse zijn de verzamelde sidescan sonar bestanden in de software pakketten Isis en Delphmap bewerkt. Isis is gebruikt om de reflectiewaarden van de sidescan sonar data te schalen voor een optimale weergave. In Delphmap zijn overlappende bestanden samengevoegd tot een mozaïek en als opverlappend Geo-tiff bestand geëxporteerd. Door de sidescan sonar mozaïek met de locaties van de hapmonsters weer te ruimtelijk weer te geven, kan kwalitatief vastgesteld worden of een correlatie bestaat tussen voorkomens van relatief veel en weinig benthos en zich onderscheidende reflectie patronen/intensiteiten op de sidescan sonar data.

Bij de kwantitatieve analyse is gebruik gemaakt van Sideview, een software pakket van Quester Tangent Cooperation (QTC) om de zeebodem te classificeren met sidescan sonar data. Allereerst moet hierin opgegeven worden welke data wel en niet wordt meegenomen in de analyse door het opgeven van de minimum en maximum hoek die wordt uitgezonden door de sidescan sonar (Figuur 2.2). Omdat onder een gemiddeld hoekbereik van 5 tot 80 graden van de sidescan sonar vis het signaal met de beste kwaliteit wordt ontvangen is alleen deze informatie bij de verdere classificatie meegenomen



Figuur 2.2 Minimum en maximum hoek van het sidescan sonar signaal zoals het gedefinieerd is in QTC sideview (Afgeleid van QTC Side view-User manual, 2004).

QTC sideview berekent vervolgens door middel van een serie statistische algoritmes, attributen van de backscatter amplitudes aanwezig in sidescan sonar data (QTC Sideview User manual, 2004). Dit wordt berekend binnen rechthoekige cellen, waarvan de dimensies door de gebruiker worden gedefinieerd. In totaal worden binnen elke rechthoekige cel 132 attributen berekend met behulp van de volgende serie algoritme types:

- Basis statistiek: rekenkundig gemiddelde (*mean*), standaard deviatie en hogere orde momenten; deze attributen zeggen iets over veranderingen in akoestische impedantie en ruwheid.
- Quantielen en histogram: deze meten de verdeling van backscatter intensiteit bij lage resolutie en zeggen iets over de contrasten of uniformiteit binnen een rechthoek.
- Fast Fourier Transforms: FFTs leveren power spectra die de statistische eigenschappen op verschillende schalen van resolutie beschrijven.
- Ratio's gebaseerd op Power Spectra (Pace): ratio's van log-genormaliseerde power in diverse frequentie banden leveren goed onderscheid op voor het classificeren van de afbeeldingen.
- Grey-Level Co-occurrence Matrices (GLCMs): GLCMs beschrijven de amplitudeveranderingen over geselecteerde afstanden en richtingen in een rechthoekje en worden veel gebruikt om de textuur te analyseren.

- Fractal dimensies: de fractal dimensie is een gevoelige maat van de verdeling en structuur van zowel variaties in backscatter als in diepte.

Vervolgens wordt er een zogenaamde automatische clusteranalyse uitgevoerd. In de automatische clusteranalyse worden de berekende 132 attributen, vervolgens gegroepeerd in clusters/klassen van 3 tot 10. Voor dit variërende aantal klassen wordt in een iteratief proces gebaseerd op een simulated annealing K-means algoritme, gezocht naar het aantal klassen dat de beste classificatie toekent aan de data. De verschillende uitkomsten in classificatie kunnen kwantitatief en kwalitatief worden beoordeeld. De kwantitatieve beoordeling vindt plaats door middel van het bepalen van de meest waarschijnlijke oplossing gebaseerd op de theorie van Bayes. De kwalitatieve beoordeling vindt plaats door vast te stellen wat de meest realistische onderverdeling in klassen is door een vergelijking met de oorspronkelijke sidescan sonar beelden te maken.



### 3 Resultaten

#### 3.1 Data typen en detecteerbaarheid Ensis Directus

Vrijwel het gehele zandsuppletie gebied is bedekt door zes sidescan sonar lijnen met het 445 kHz signaal, waarvan elke lijn een strookbreedte heeft van 200 m. In totaal zijn er met dit signaal 6 lijnen bemeten, namelijk lijnen L1, L2, L4, L5, L6 en L7. De lijnen L3 en L8 zijn met het hoger frequente 900 kHz signaal gemeten, met een strookbreedte van 60 m. Tabel 3.1 geeft per meetlijn het gebruikte sidescan sonar signaal, de vaarrichting en de strookbreedte aan. Vanwege de beperkte beschikbare meettijd was het niet mogelijk het gehele gebied met het 900 kHz signaal te bedekken, doordat deze een smallere strook meet, in vergelijking met het 445 kHz signaal. De sidescan sonar was ingesteld op het uitsturen van 10 metingen per seconde, om een zo hoog mogelijk ruimtelijke resolutie te bereiken. Er werd gemiddeld gevaren met een lage maar nog hanteerbare snelheid van 4 knopen, om een zo hoog mogelijke databedekking te kunnen behalen. Bij deze vaarsnelheid betekent dit dat er gemiddeld elke 0.2 m een meting over de volledige strookbreedte verricht wordt. Het aantal datapunten aan weerszijden van de vis is 4096, dus in totaal zijn dit 8192 datapunten per uitgezonden signaal. Met een strookbreedte van respectievelijk 60 m en 200 m betekent dit dat er ca elke 0.01 m en 0.03 m een datapunt loodrecht op de vaarrichting verkregen wordt. De sidescan sonar bevond zich tijdens de metingen 10 m achter de gps en 3 m aan stuurboordzijde van de gps en werd vastgemaakt aan een statief aan het schip. Er is daarom een correctie gemaakt zodat de coördinaten gemeten met de sidescan sonar opnamen overeenkomen met de coördinaten van de gps positie van de hapmonsters.

Lijn	Frequentie (kHz)	Vaarrichting	Gemeten strookbreedte (m)
L1	445	S-N	200
L2	445	N-S	200
L3	900	S-N	60
L4	445	N-S	200
L5	445	S-N	200
L6	445	N-S	200
L7	445	S-N	200
L8	900	N-S	60

Tabel 3.1 Overzicht van de gevaren meetlijnen, met de gebruikte frequentie van het sidescan sonar signaal, de vaarrichting en de gemeten strookbreedte.

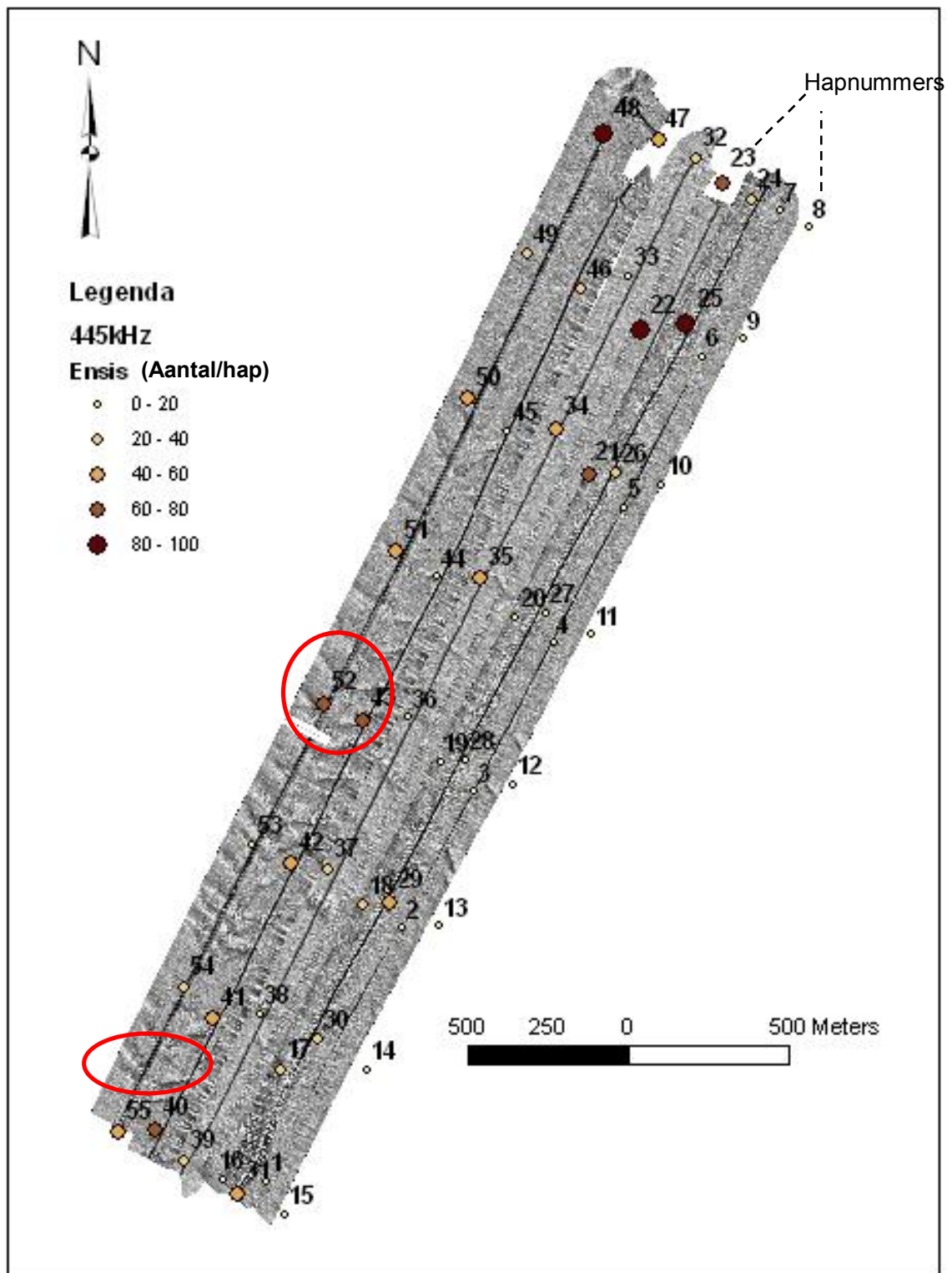
Tijdens het door Imares uitgevoerde onderzoek zijn er 55 hapmonsters (van Veen happen) in het gebied onderzocht op de aanwezigheid van benthossoorten. De uitgevoerde analyses zijn er op gericht de correlatie tussen de observaties in de sidescan sonar opnames en de geanalyseerde hapmonsters vast te stellen. Per hap wordt er een bodem oppervlak van 0.18 m<sup>2</sup> bemonsterd. De benthossoorten die veel voorkomen in het onderzoeksgebied zijn de *Ensis directus* (Amerikaanse Zwaardschede) en de *Echinocardium cordatum* (Zeeklit). De *Ensis directus* heeft een verticale voorkeur oriëntatie (lange zijde staat verticaal) en heeft in het onderzochte gebied een lengte van 4-6 cm en breedte van 0.6-0.8 cm (Leopold, 2010). Deze afmetingen zijn bepaald aan de hand van de analyse van de individuen aanwezig in de hapmonsters.

Van de Zeeklit is bekend dat hij ingegraven in het zand leeft en met een buisje in verbinding blijft met het zeebodem oppervlak. Omdat de sidescan sonar alleen het zeebodem oppervlak meet, wordt niet verwacht dat de zeeklit als zodanig kan worden waargenomen op de zeebodem. Mogelijk kan wel het effect van het omgewoelde zand als gevolg van ingraving van de zeeklit worden waargenomen op de sidescan sonar. De Zeeklit voorkomend in het onderzoeksgebied is bolvormig met een grootte van 1.8-3.0 cm (Leopold, 2010).

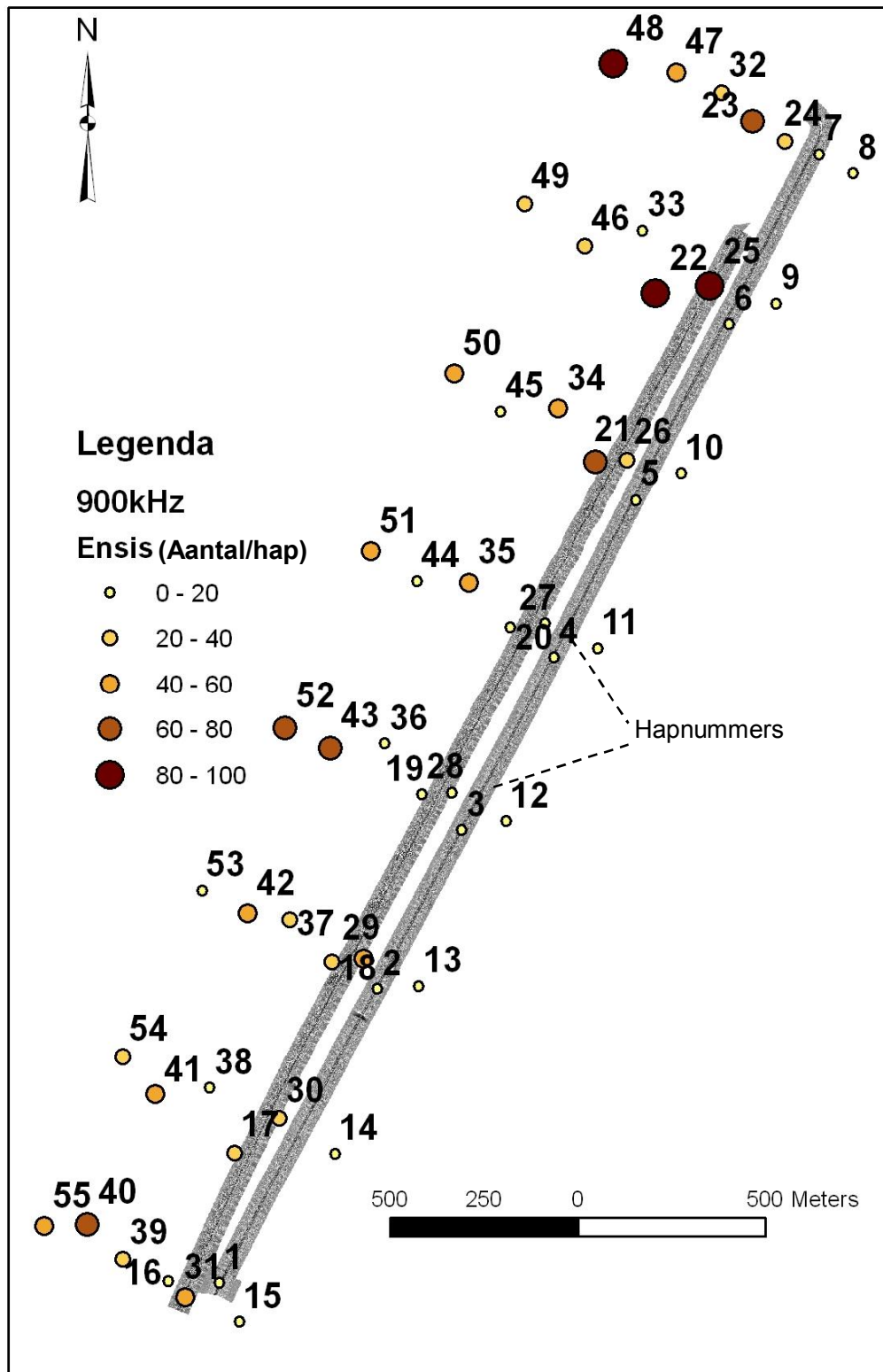
Op verzoek van LaMer is Deltares nagegaan of er een uitspraak gedaan kan worden over de minimale omvang en dichtheden van benthos van het type *Ensis Directus* om met sidescan sonar gedetecteerd te kunnen worden. Hiervoor heeft Deltares persoonlijk contact opgenomen met L3, de fabrikant van de Klein3900 (contact met Timothy Alavous, maart 2011). Variabelen die bepalend zijn voor de detecteerbaarheid van objecten zijn de waterdiepte, vaarsnelheid, de frequentie en invalshoek van het signaal, en de oriëntatie, grootte en dichtheden van *Ensis Directus*. Theoretisch gezien zal het onderscheidend vermogen van *Ensis directus* op de sidescan sonar data groter zijn naarmate de invalshoek van het sidescan sonar signaal kleiner wordt (zie definitie hoek in Figuur 2.2) en hoe verder de *Ensis directus* schelpen uit de bodem steken. Andere factoren die bijdragen aan een hoge detecteerbaarheid zijn een kleine waterdiepte, een hoog frequent signaal, geringe vaarsnelheid en een smalle meetstrook. Aan de hand van de inhoudelijke discussie werd overeenstemming bereikt, dat er geen uitspraak gedaan kan worden over de minimale grootte en dichtheden van *Ensis Directus* om door side scan sonar gedetecteerd te kunnen worden. Het effect van de verschillende variabelen welke voor de detecteerbaarheid van objecten van belang zijn, moet eerst goed bepaald worden voor de hier beschouwde benthos om hier een uitspraak over te kunnen doen. Deltares verwacht dat dit bereikt kan worden door in een experimentele opstelling voor elk van de relevante variabelen na te gaan wat het effect hiervan op de detecteerbaarheid van *Ensis Directus* door sidescan sonar is (zie ook aanbevelingen).

### 3.2 Koppeling met *Ensis directus* (Amerikaanse zwaardschede)

Figuur 3.1 laat een mozaïek van de sidescan sonar lijnen zien, verzameld met het 445 kHz signaal van de Klein 3900. In deze figuur zijn tevens de locaties van de hapmonsters en de dichtheid van *Ensis directus* per hapmonster zichtbaar. De grootte en kleur van hapmonsterstippen zijn een maat voor de aangetroffen hoeveelheden van *Ensis directus*. De hoeveelheden zijn tellingen van individuen per genomen hap. Figuur 3.2 laat het overzicht van de twee hoog-frequente 900 kHz lijnen aan de oostelijke zijde van het suppletie gebied zien. Op de weergegeven zwart-wit sidescan sonar afbeeldingen corresponderen zwarte en witte kleuren met respectievelijk lage en hoge reflectiewaarden. Een artefact waarneembaar in de sidescan sonar mozaïek is de scheefstand van zandbanken tussen parallelle lijnen, waardoor de zandbanken niet goed op elkaar aansluiten. Twee voorbeelden hiervan zijn aangegeven met rode cirkels in Figuur 3.1. Dit artefact ontstaat doordat het softwarepakket Isis bij het mozaïeken geen correctie kan uitvoeren voor de scheefstand van de sidescan sonar ten opzichte van de vaarrichting. Voor de kwalitatieve analyse met Isis en Delphmap is geen correctie voor de scheefstand van de vis ten opzichte van de vaarrichting uitgevoerd, omdat hier binnen dit project geen ruimte voor is.



Figuur 3.1 Overzicht van de gemozaïekte sidescan sonar data van het 445 kHz signaal en de hapmonster locaties. De getallen naast de stippen geven de hapnummers aan. De grootte en kleur van de stippen geven de hoeveelheid *Ensis directus* aan volgens de classificatie 0-20, 20-40, 40-60, 60-80 en 80-100. Dit zijn aantallen per genomen hap. De mozaïek is in Isis niet gecorrigeerd voor de scheefstand van de vis, waardoor de lokaties van de lijnen niet exact zijn weergegeven.



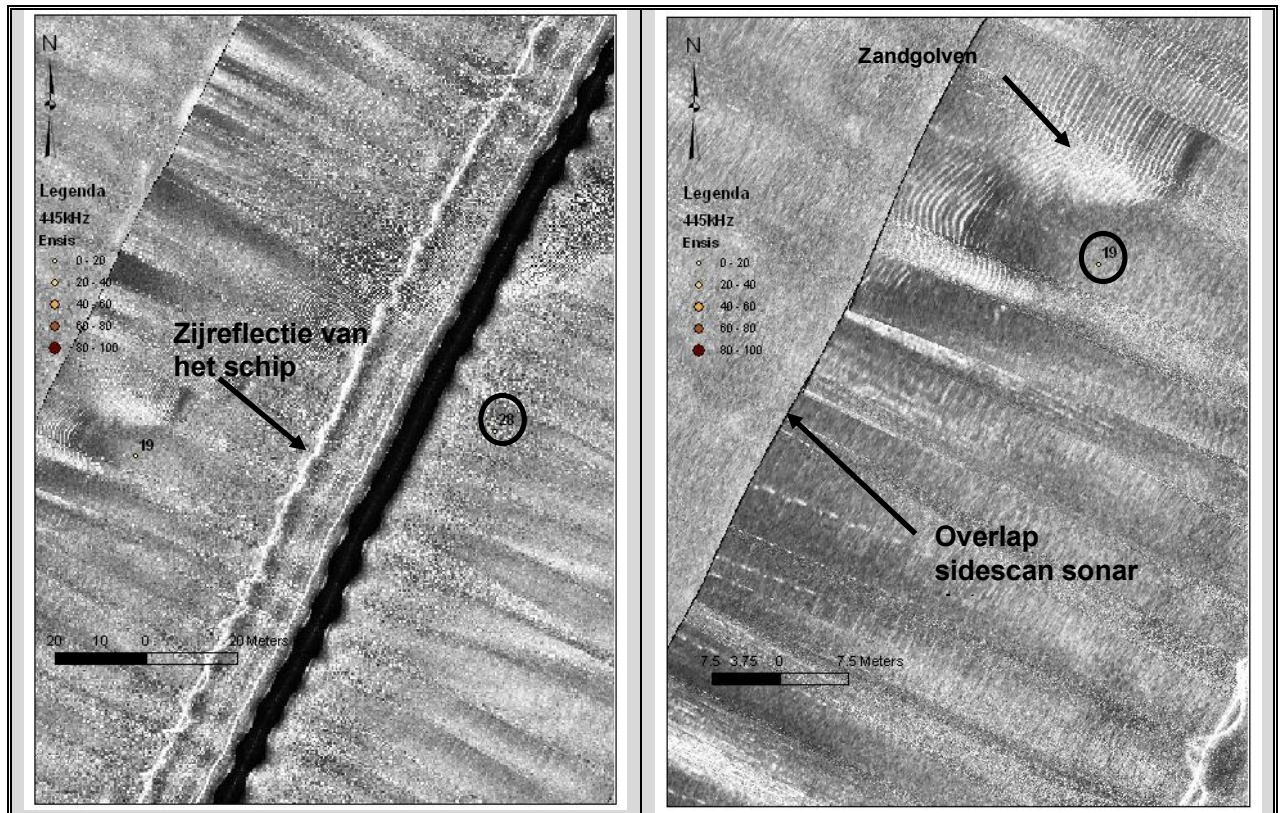
Figuur 3.2 Overzicht van de gemozaïekte sidescan sonar data van het 900 kHz signaal en de hapmonster locaties. De getallen naast de stippen geven de hapnummers aan. De grootte en kleur van de stippen geven de hoeveelheid *Ensis directus* aan volgens de classificatie 0-20, 20-40, 40-60, 60-80 en 80-100.

De locaties van de hapmonsters niet de werkelijke posities van monsternamen, omdat de positie gemeten is op de brug en niet op de locatie van het monster. Omdat daarnaast de oriëntatie van het schip op het moment van monsternamen niet gemeten is, kon er geen correctie gemaakt worden om de juiste hapmonster locatie te reconstrueren. Bij het interpreteren van de sidescan sonar data dient hiervoor dus rekening gehouden te worden met een onnauwkeurigheid van de locatie van ca. 50 m, gebaseerd op het feit dat de afstand tussen de gps-antenne en de hapmonster locatie aan boord ca 25 m was (correspondentie met Imares).

Om inzicht te krijgen of *Ensis directus* herkenbaar zijn op de sidescan sonar is een vergelijking gemaakt tussen voorkomens van lage (0-20) en hoge (80-100) klassen, waarvan enkele voorbeelden zijn weergegeven in Figuur 3.3-Figuur 3.6. Figuur 3.3 laat 445 kHz sidescan sonar data bij hapmonster locatie 19 zien. Deze locatie ligt in of nabij een gebied waar zandgolven zichtbaar zijn op de sidescan sonar data. Figuur 3.4 laat hapmonster locatie 6 zien op de 445- en 900 kHz sidescan sonar data, waar relatief weinig *Ensis directus* zijn aangetroffen. Het 900 kHz signaal geeft voor locatie 6 de meest gedetailleerde data (Figuur 3.4 d). De sidescan sonar laat geen afwijkende reflectiepatronen zien rondom locatie 6.

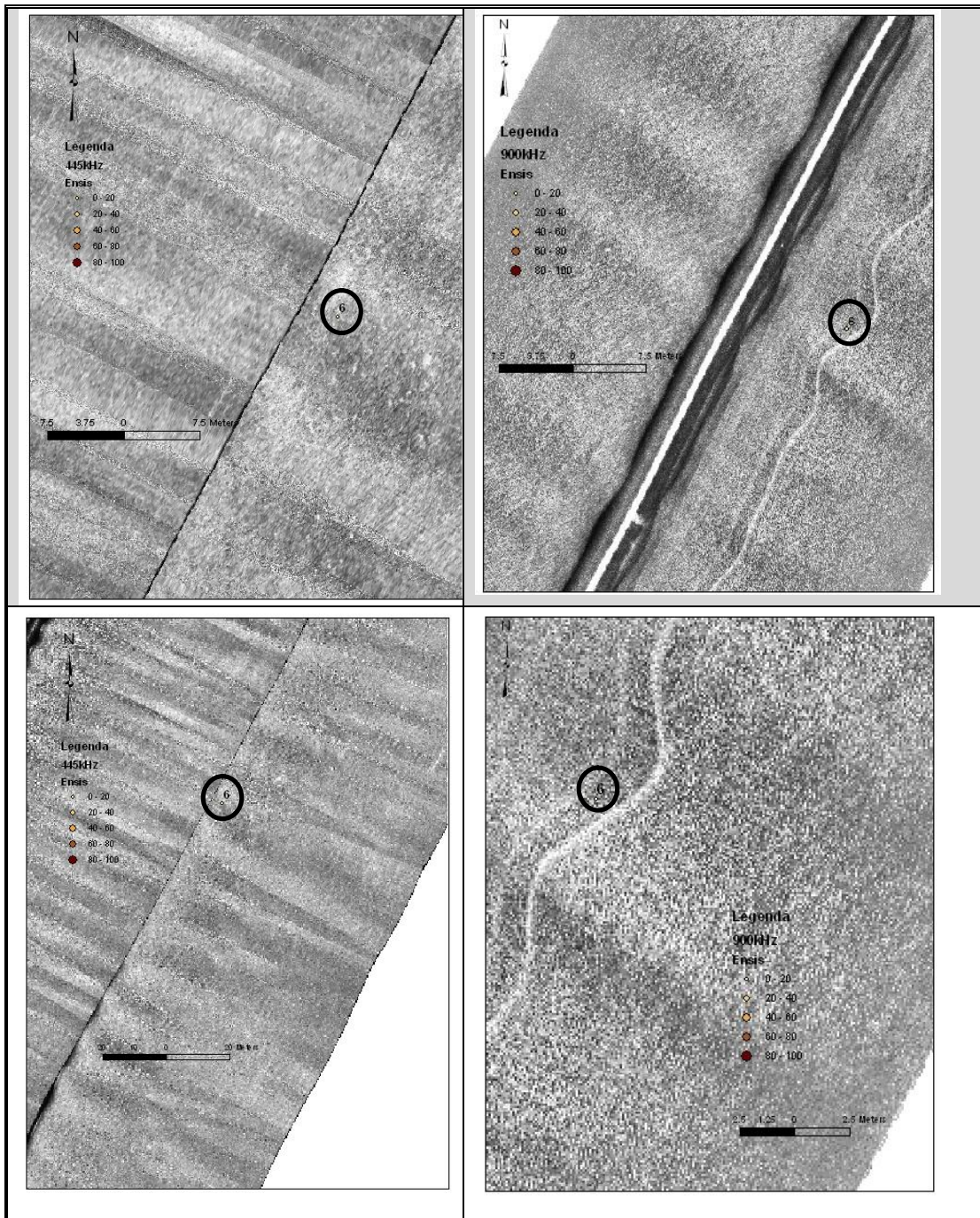
Figuur 3.5 laat 445 kHz sidescan sonar data bij hapmonster locatie 25 zien met een relatief grote aanwezigheid aan *Ensis directus* (klasse 80-100). Hierin zijn afbeeldingen van zowel de 445 kHz als de 900 kHz data weergegeven. Op de sidescan sonar is er een vrij constant beeld zichtbaar, zonder afwijkende reflectiepatronen. Figuur 3.6 geeft een ander voorbeeld weer van een locatie met een hoge hoeveelheid aan *Ensis directus*.





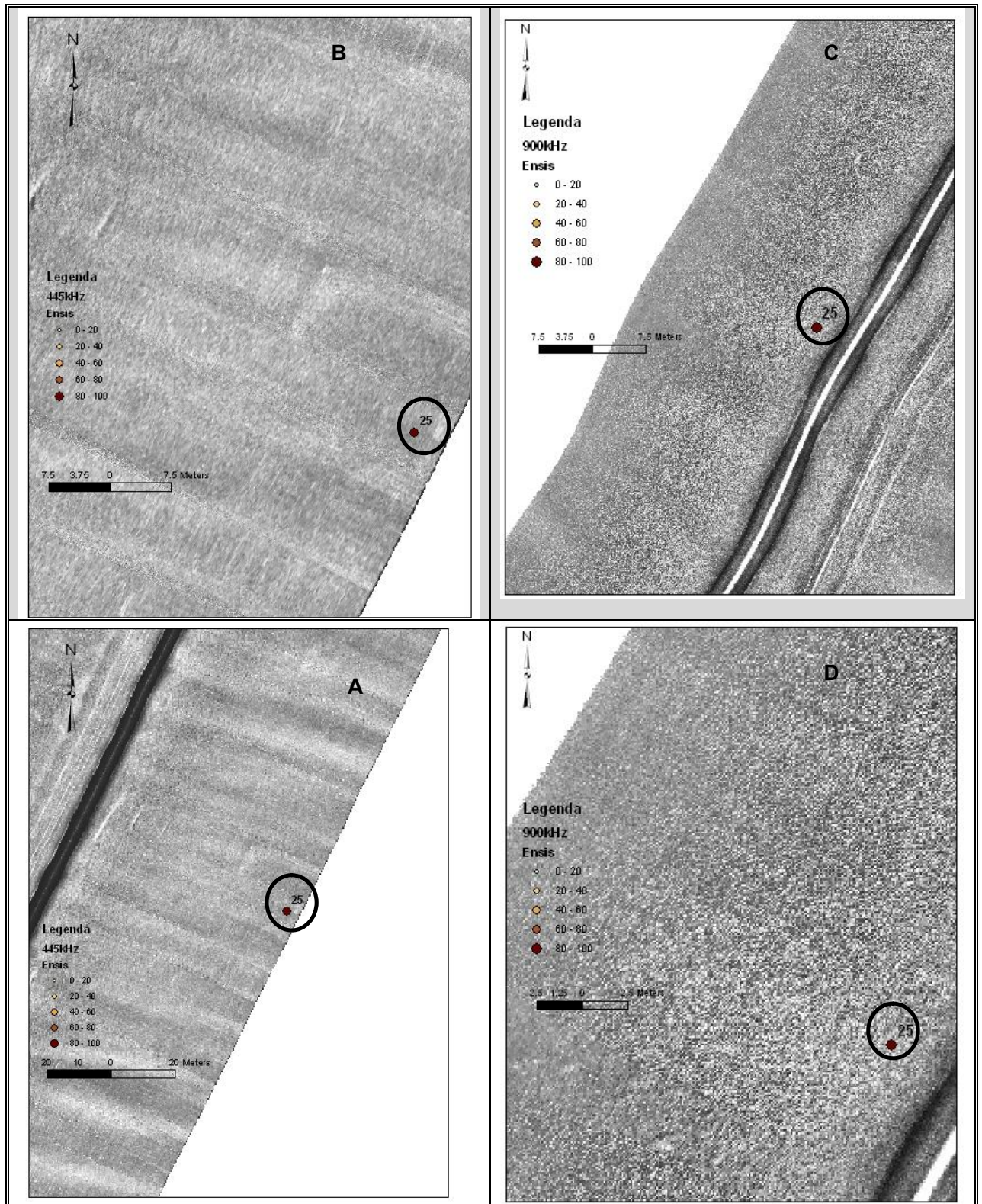
**Figuur 3.3** *Ensis directus* klasse 0-20. Overzicht van hapmonster locatie 19 op het 445 kHz signaal, waar 17 exemplaren van *Ensis directus* zijn aangetroffen (laagste klasse). Zichtbare artefacten zijn de zijreflecties van het sidescan sonar signaal tegen het schip (witte streep in linkerfiguur) en de overlap van parallel gelegen side scan sonar lijnen (rechts).





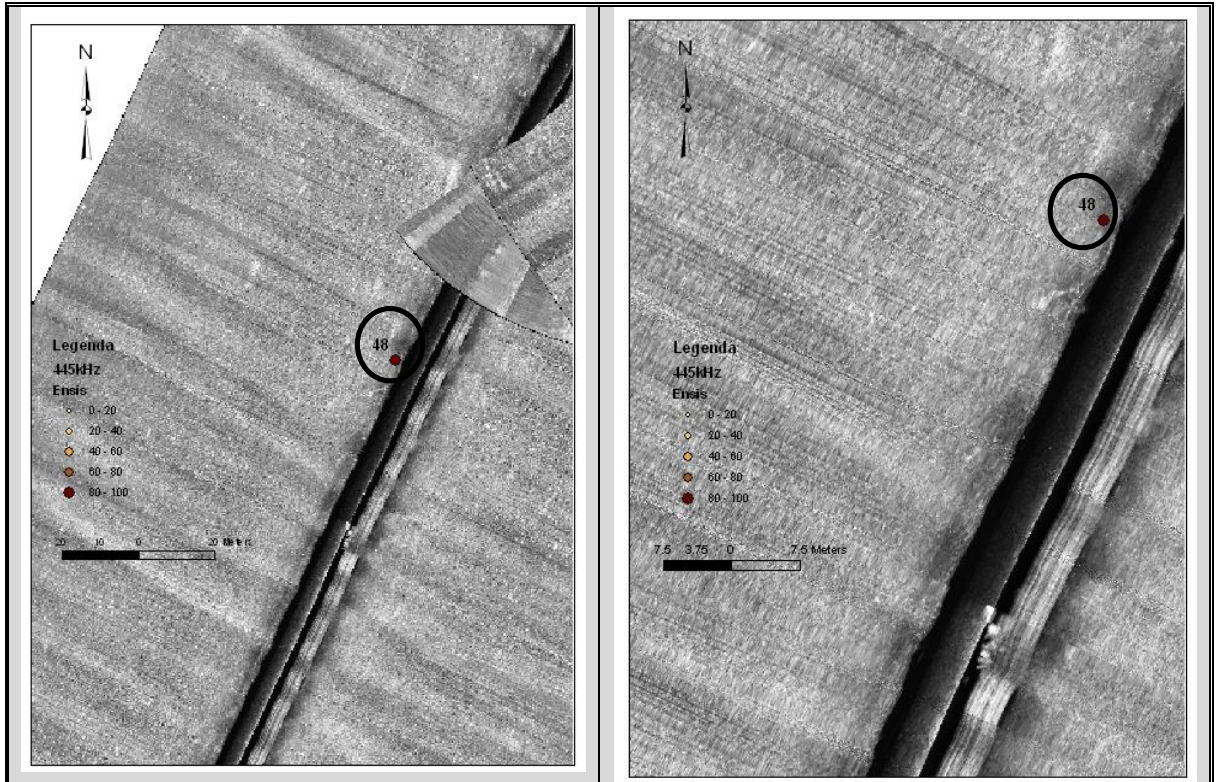
Figuur 3.4 *Ensis directus* klasse 0-20. Overzicht van hapmonster locatie 6 op de 445- en 900 kHz data, waar 4 *Ensis directus* geteld zijn. A: Overzicht van het 900 kHz signaal. B: Het 445 kHz signaal op middelgrote schaal. C: Het 900 kHz signaal op middelgrote schaal en D: Het 900 kHz op kleine schaal.





**Figuur 3.5** *Ensis directus* klasse 80-100. Overzicht van hapmonster locatie 25 waar zowel sidescan sonar met 445 kHz, als het 900 kHz signaal is geschoten. Op deze locatie is een groot aantal aan *Ensis directus* aangetroffen, namelijk 97. A: Overzicht van het 445 kHz signaal. B: Het 445 kHz op middelgrote schaal. C: Het 900 kHz signaal op middelgrote schaal en D: Het 900 kHz op kleine schaal.





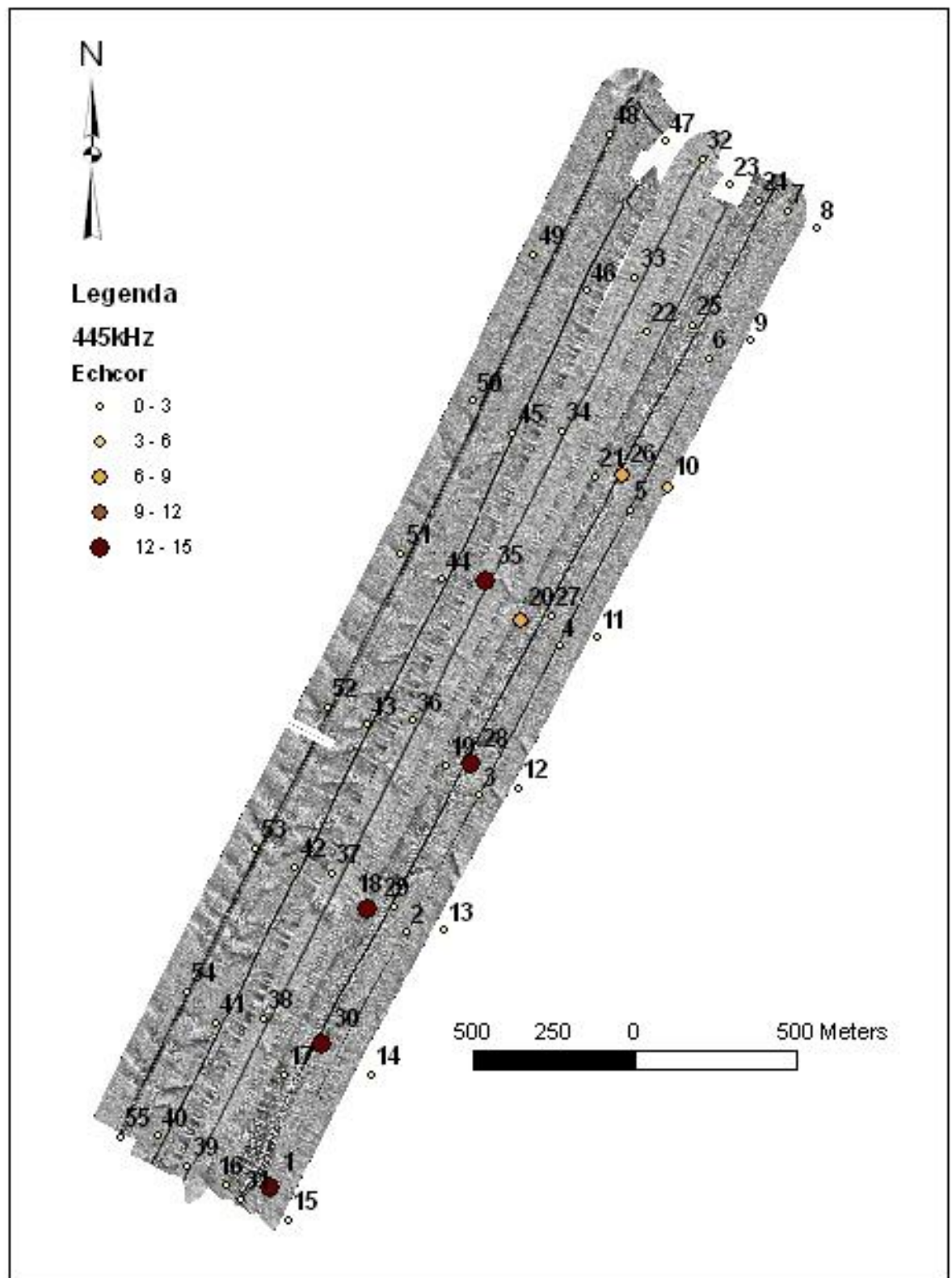
*Figuur 3.6 Klasse 80-100. Overzicht van hapmonster locatie 48 op de 445 kHz sidescan sonar, waar 91 exemplaren van Ensis directus zijn aangetroffen.*

### 3.3 Koppeling met *Echinocardium cordatum* (Zeeklitt)

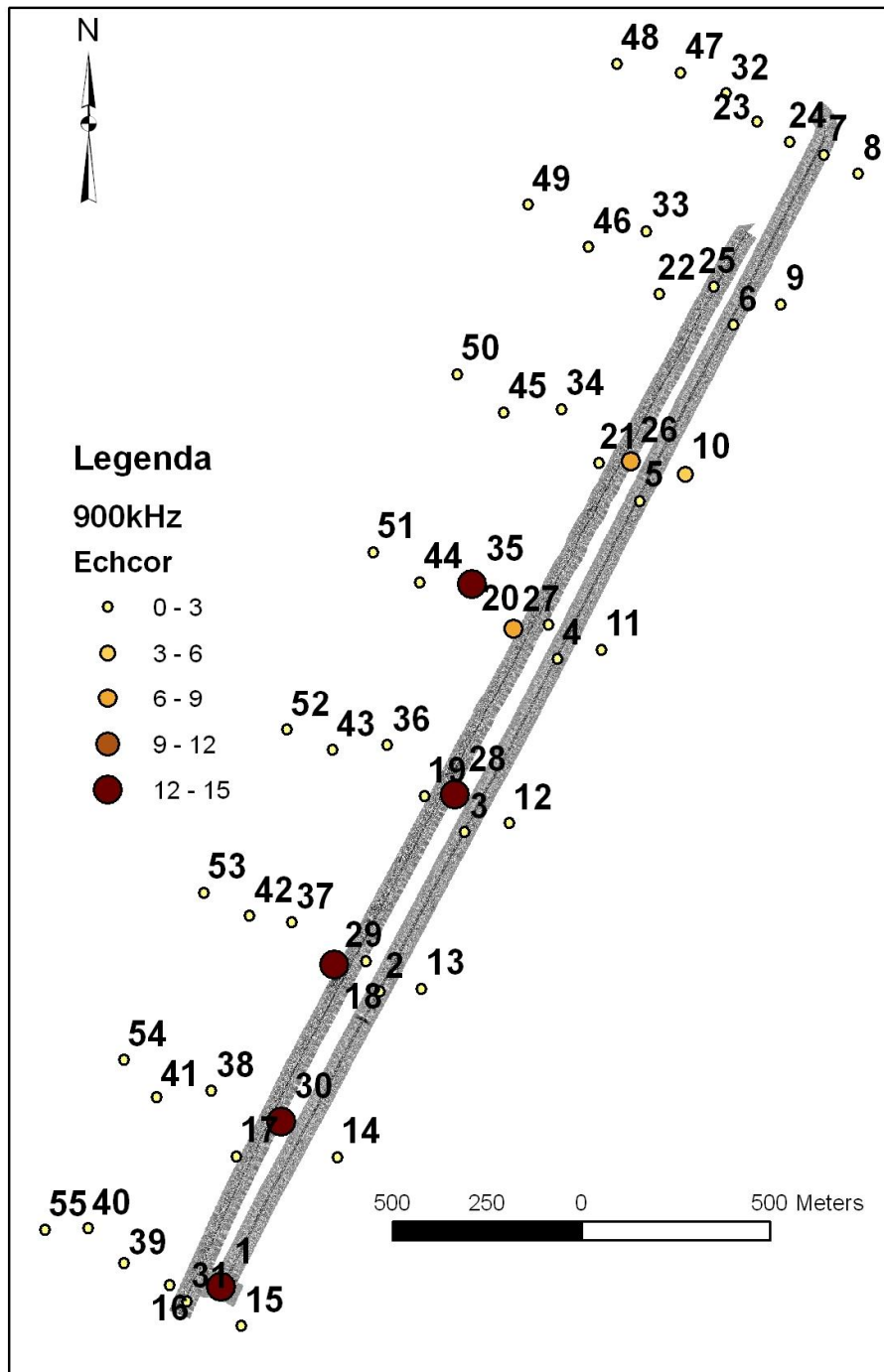
In Figuur 3.7 zijn de gemozaïekte 445 kHz sidescan sonar data met de aanwezigheid van voorkomens van *Echinocardium cordatum* weergegeven. De grootte en kleur van hapmonsterstippen zijn een maat voor de aangetroffen hoeveelheden van *Echinocardium cordatum*. Er is een onderverdeling in 5 klassen gemaakt op basis van aantallen per hapmonster, namelijk: 0-3, 3-6, 6-9, 9-12 en 12-15 individuen per hap. Figuur 3.7 laat de 900 kHz sidescan sonar data zien met de aanwezigheid van *Echinocardium cordatum* verdeeld in 5 klassen.

Figuur 3.9 en Figuur 3.10 geven de sidescan sonar data weer op locaties 38 en 37, waar een kleine hoeveelheid *Echinocardium cordatum* is aangetroffen (klasse 0-3). Hier zijn geen zichtbare afwijkende reflectiepatronen zichtbaar. Locatie 38 ligt in de nabijheid van een zandbank.

Figuur 3.11 en Figuur 3.12 geven de hapmonster locaties 18 en 28 weer, waar relatief veel Zeeklitten zijn aangetroffen (klasse 13-15). Beiden hapmonsters liggen in een gebied waar veel zandgolven liggen. Echter, er is geen mogelijke bodemverstoring zichtbaar op de sidescan sonar, als gevolg van de aanwezigheid van zeeklitten.

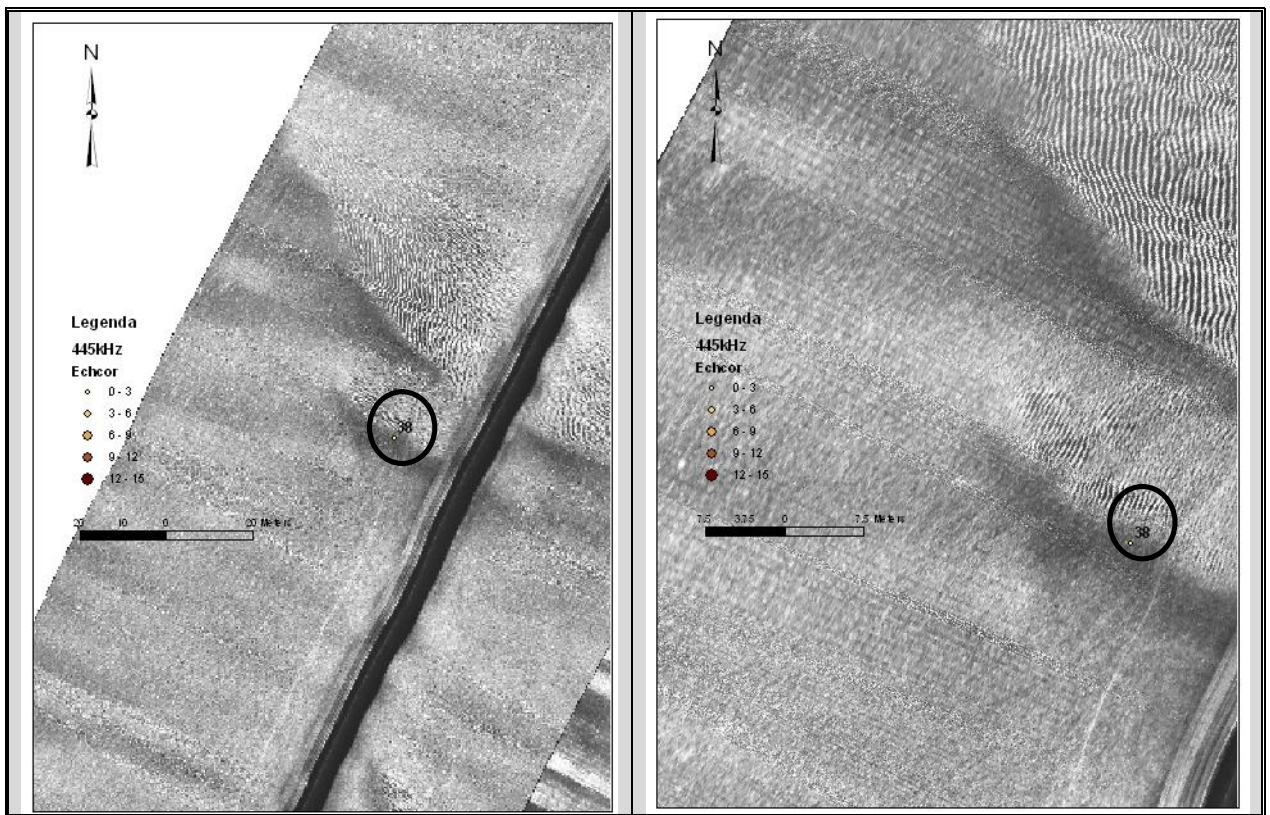


Figuur 3.7 Overzicht van de gemozaïekte sidescan sonar data van het 445 kHz signaal. De locaties van de hapmonsters zijn ook aangegeven, waarbij de grootte en kleur van de stippen de aantallen van *Echinocardium cordatum* weergeven. De hoeveelheid *Echinocardium cordatum* is onderverdeeld in de klassen 0-3, 3-6, 6-9, 9-12 en 12-15.

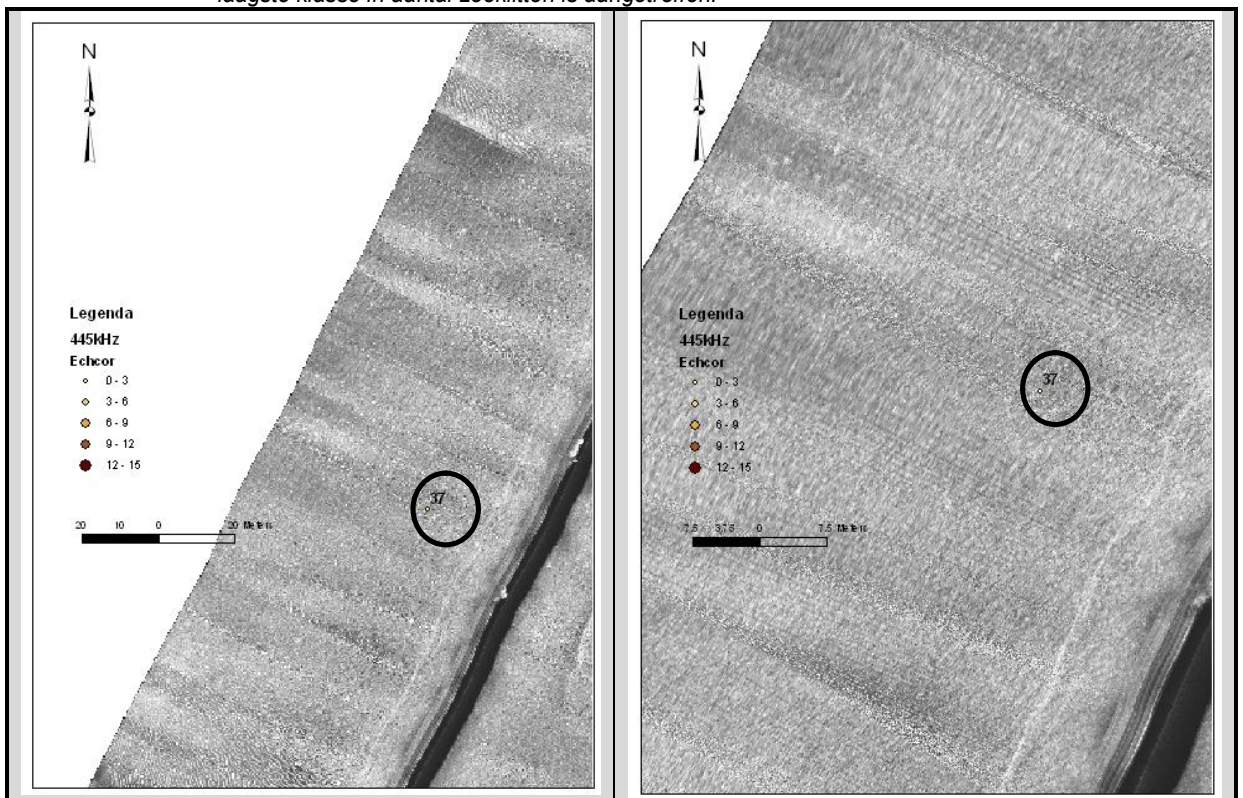


Figuur 3.8 Overzicht van de gemozaïekte sidescan sonar data van het 900 kHz signaal. De locaties van de hapmonsters zijn aangegeven, waarbij de grootte en kleur van de stippen de aantallen van *Echinocardium cordatum* weergeven. De hoeveelheid *Echinocardium cordatum* is onderverdeeld in de klassen 0-3, 3-6, 6-9, 9-12 en 12-15.





**Figuur 3.9** Klasse 0-3: Overzicht van hapmonster locatie 38 op de 445 kHz sidescan sonar, waar de laagste klasse in aantal zeeklitten is aangetroffen.

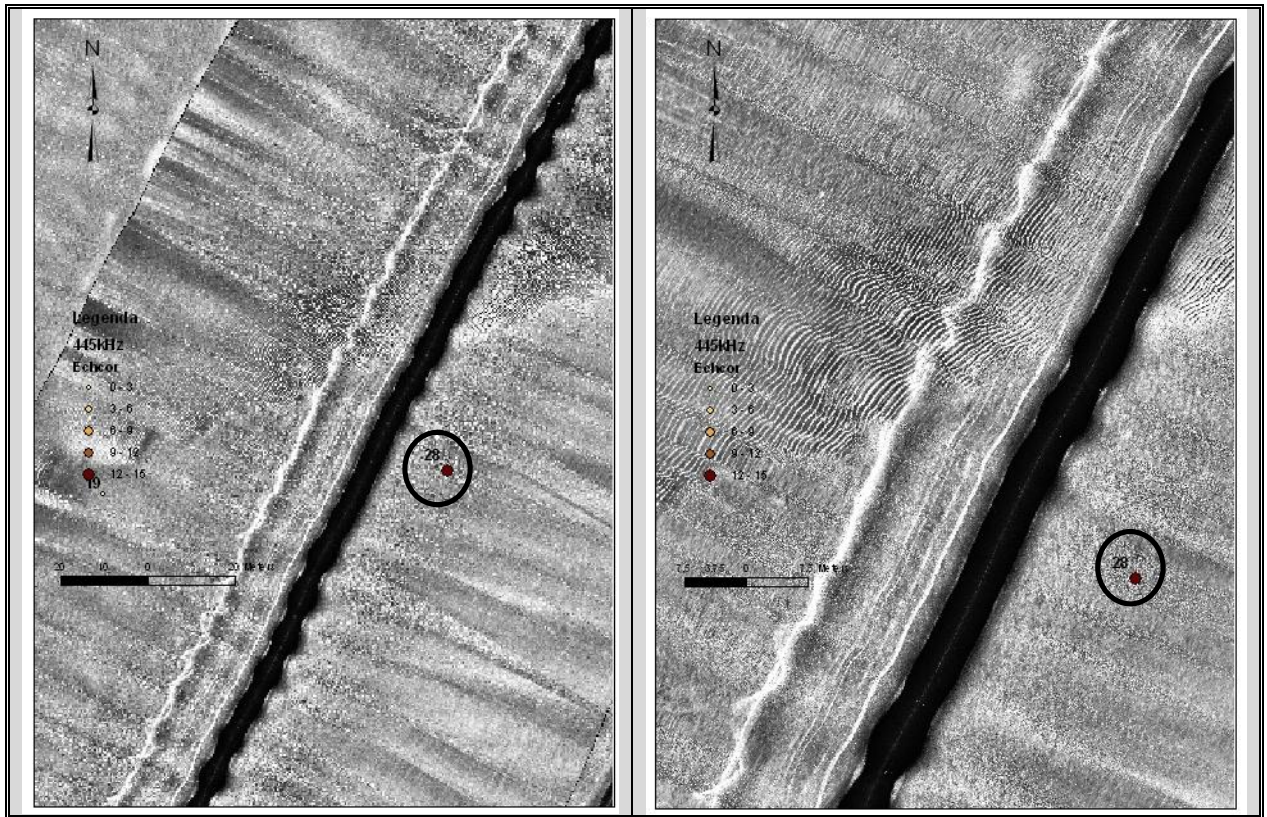


**Figuur 3.10** Klasse 0-3: Overzicht van hapmonster locatie 37 op de 445 kHz sidescan sonar, waar de laagste klasse in aantal zeeklitten is aangetroffen.





Figuur 3.11 Klasse 12-15: Overzicht van hapmonster locatie 18 op de 445 kHz sidescan sonar, waar de hoogste klasse in aantallen Zeeklitten is aangetroffen.



*Figuur 3.12 Klasse 12-15: Overzicht van hapmonster locatie 28 op de 445 kHz sidescan sonar, waar de hoogste klasse in aantallen zeeklitten is aangetroffen.*

## 4 Kwantitatieve analyse met QTC sideview

In QTC Sideview zijn 2 berekeningen gemaakt, namelijk voor een bereik in de hoek van het uitgezonden sidescan sonar signaal van 5-80° en van 0-90° (zie Figuur 2.2 voor definitie van hoek). De gebruikte instellingen zijn weergegeven in Tabel 4.1. Omdat de hoeveelheid data voor 0-90° aanzienlijk groter is dan voor 5-80°, is het aantal iteraties en klassen voor berekening 2, kleiner gekozen om de benodigde rekentijd hanteerbaar te kunnen houden (< 2 dagen).

Tabel 4.1 Overzicht van de instellingen gekozen voor de analyse van QTC Sideview.

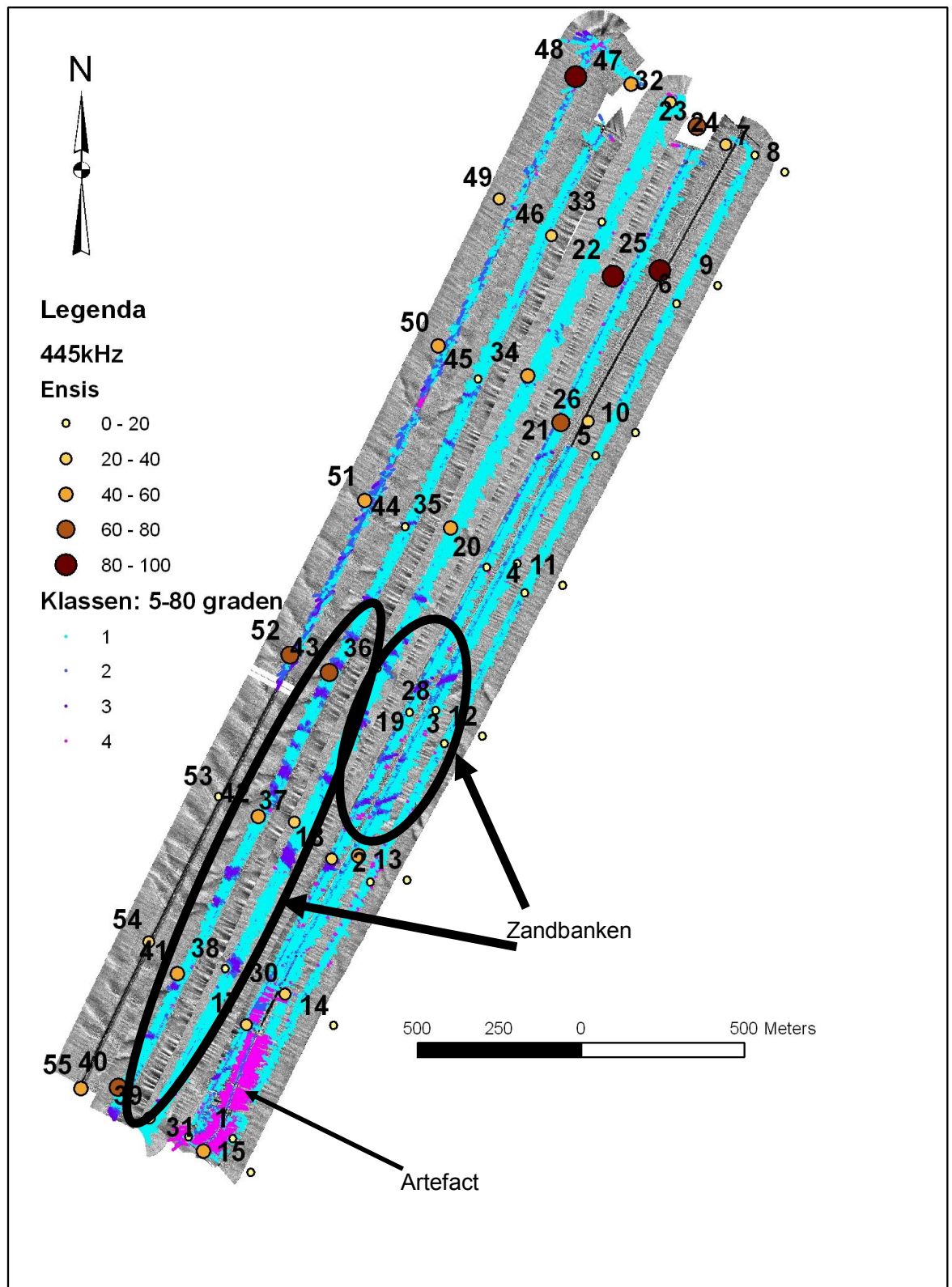
Parameter gebruikt voor classificatie	Scenario 1	Scenario 2
Vaarsnelheid	4 knopen	4 knopen
Celgrootte	65x33 datapunten	65x33 datapunten
Minimum hoek	5°	0°
Maximum hoek	80°	90°
Bereik	90%	100%
Aantal klassen	2-9	2-6
Iteraties	5	3
Uiteindelijk gebruikte aantal klassen	4	4

Figuur 4.1 laat de uitkomsten van de classificatie voor scenario 1 zien (5-80°). Hierin is te zien dat voor dit bereik alleen het centrale deel (strook van 25-40 m) van de sidescan sonar data wordt meegenomen in de analyse. De zichtbare variatie in breedte van de 5-80° strook wordt veroorzaakt door een combinatie van de schommeling en rotatie van de sidescan sonar vis. QTC side view corrigeert wel voor de rotatie van de sidescan sonar vis ten opzichte van de vaarrichting in tegenstelling tot het softwarepakket Isis (gebruikt voor de kwalitatieve analyse, Hoofdstuk 3.1). De data van het zuidwestelijke deel van L1 is niet meegenomen in het eindresultaat omdat voor dit deel bleek dat deze data niet goed werd geclassificeerd door QTC, als gevolg van een geroteerde stand van de sidescan sonar vis ten opzichte van de vaarrichting. De zandbanken aanwezig in het zuidwestelijke deel van het gebied worden bij de classificatie gekenmerkt doordat de gebieden aan weerszijden van de toppen van de zandbanken een andere klasse toegekend krijgen.

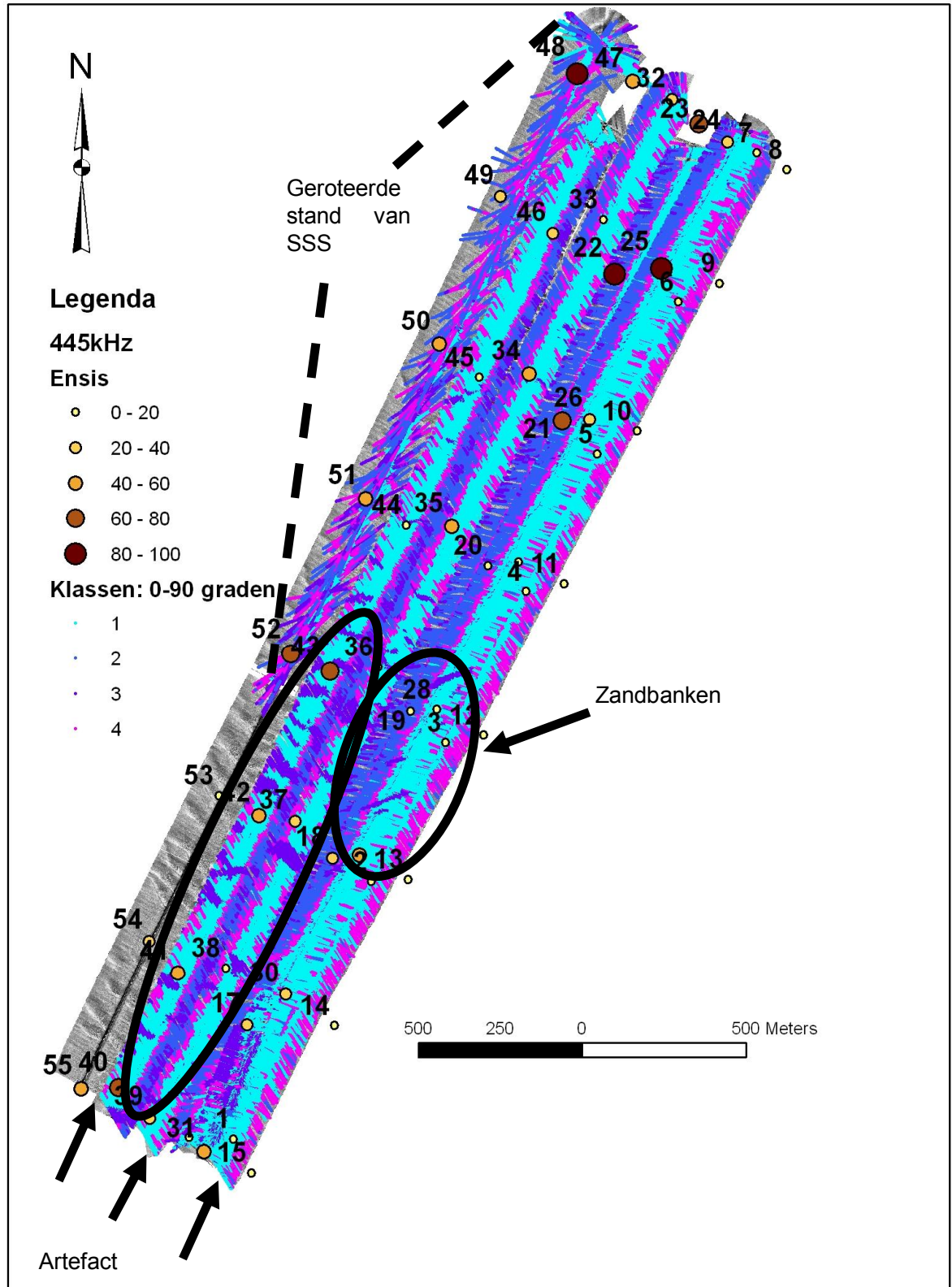
Figuur 4.2 geeft de uitkomsten van QTC sideview voor scenario 2 weer (0-90°). Hierin is alle data (afgezien van het zuidwestelijke deel van L1) en de volledige strookbreedte gebruikt voor de classificatie, waardoor een vlakdekkend beeld verkregen is. De meeste zandbanken zijn over hun volledige voorkomen geclassificeerd voor scenario 2. Duidelijk waarneembaar is het artefact parallel aan de vaarrichting als gevolg van grote afwijkingen in backscatter sterkte voor kleine en grote hoeken (<5° en > 80°) waar QTC niet voor kan corrigeren. Een correctie voor deze afwijkingen in backscatter sterkte kan mogelijk voorafgaand aan de QTC analyse worden uitgevoerd, maar hiervoor is binnen dit project geen ruimte geweest. In Figuur 4.1 en Figuur 4.2 is aan de schuine stand van de QTC datapunten ten opzichte van de mozaïek te zien dat de mozaïek niet gecorrigeerd is voor de rotatie van de vis en de uitkomsten van QTC wel.



Figuur 4.3 laat in meer detail het zuidwestelijke deel van het gebied zien met daarop de aanwezigheid van de zandbanken. In deze Figuur is links de originele sidescan sonar data weergegeven. Aan de rechterboven- en onderzijde zijn de sidescan sonar data met daar over heen de QTC classificatie geplot voor respectievelijk scenario's 1 en 2. De classificatie-uitkomsten van beiden scenario's laat bij de overgang van de ene zijde van de helling van een zandbank naar de andere zijde sprong van klasse 1 naar klassen 2 en 3 zien (van lichtblauw naar paars). Afgezien van de herkenning van de zandbanken is er geen ander onderscheid waarneembaar op de classificatie uitkomsten van beiden scenario's. Weergaves van de QTC classificatie met aantal voorkomens van de zeeklit liet evenmin een correlatie zien tussen deze datatypen voor beide scenario's. Klasse 4 komt minder vaak voor in het onderzoeksgebied. De aanwezigheid van klasse 4 in het zuidelijke deel tussen hapmonsterlocaties 15 en 17 is het gevolg van een artefact. Dit artefact wordt veroorzaakt doordat hier data van slechtere kwaliteit aanwezig is, gekenmerkt door afwijkende reflectiepatronen.

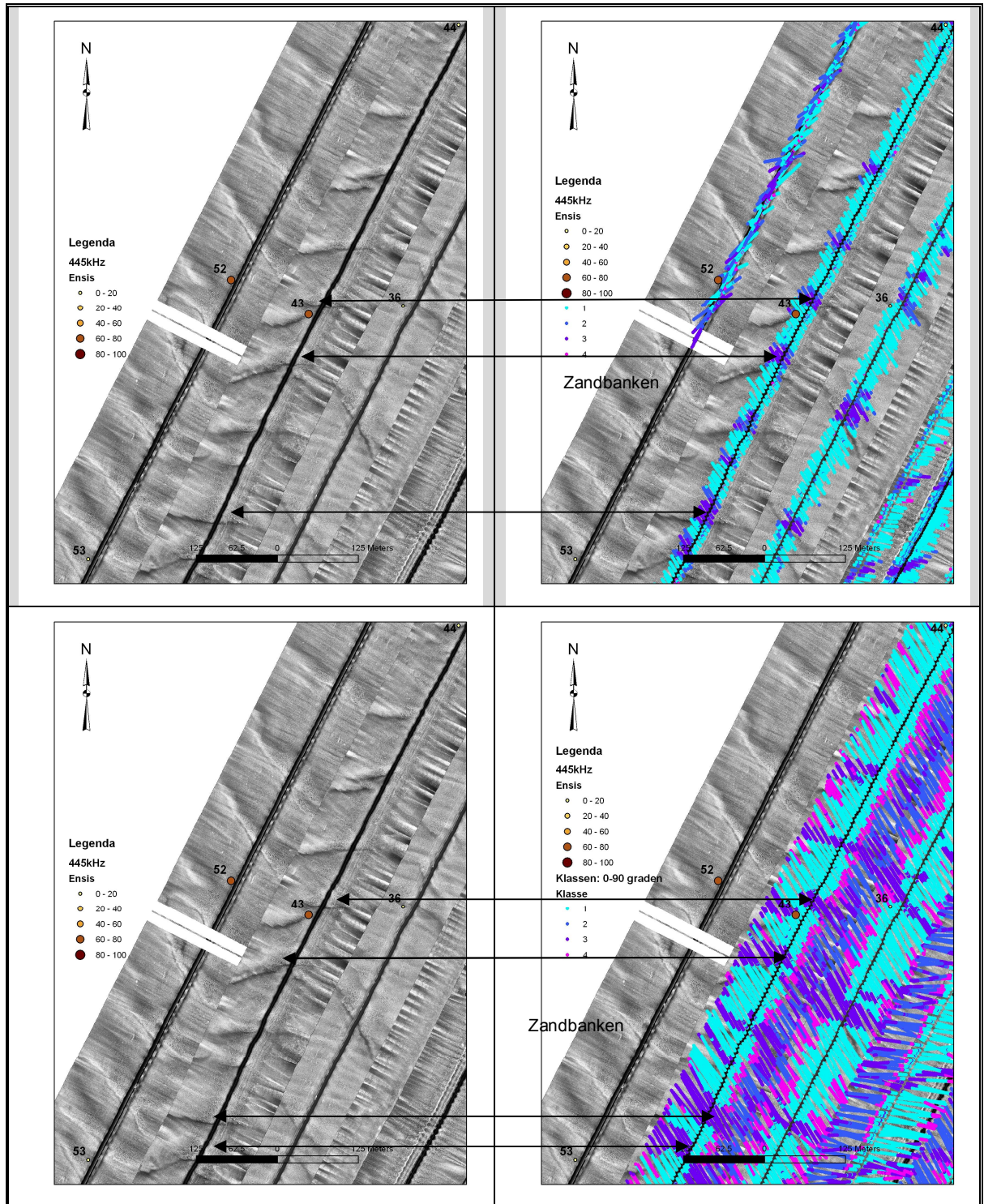


Figuur 4.1 Uitkomsten van de sidescan sonar analyse uitgevoerd in QTC Sideview voor scenario 1 (hoekbereik van 5-80°). Zie Tabel 4.1 voor specificaties van de instellingen gebruikt voor deze analyse. De posities van hapmonsters met aantallen van *Ensis directus* zijn ook weergegeven.



Figuur 4.2 Uitkomsten van de sidescan sonar analyse uitgevoerd in QTC Sideview voor scenario 2 (hoekbereik van 0-90°). Zie Tabel 4.1 voor specificaties van de instellingen gebruikt voor deze analyse. De posities van hapmonsters met aantallen van *Ensis directus* zijn ook weergegeven. Zie tekst voor verdere uitleg.





Figuur 4.3 Linksboven en onder: Weergave van originele sidescan sonar data in het zuidwestelijke deel van het gebied, met daarop de zichtbare aanwezigheid van zandbanken. Rechtsboven en onder: De uitkomsten van de analyse van respectievelijk scenario's 1 en 2 (Tabel 4.1).

## 5 Conclusies en aanbevelingen

### 5.1 Conclusies

Deltares heeft in opdracht van LaMer onderzoek uitgevoerd om vast te stellen of variaties in typen en dichtheden van benthos waargenomen kunnen worden op sidescan sonar data verzameld in een gebied voor de kust van Noordwijk. Hierbij gaat het specifiek om benthos die prooi zijn voor Zwarte Zee-eenden. Deze eenden zijn hier in hoge aantallen gesignaleerd zijn in December 2009.

Op basis van de kwalitatieve analyse van de sidescan sonar data is er in het onderzoeksgebied bij Noordwijk geen relatie waarneembaar tussen voorkomens van lage of hoge dichtheden van zowel *Ensis directus* als *Echinocardium cordatum*, en afwijkende reflectie patronen op de sidescan sonar beelden. Van de *Echinocardium cordatum* is bekend dat deze ondergronds leeft en dat alleen het effect van bodemverstoring als gevolg van graafactiviteit van dit schelpdier en hieraan gerelateerde openingen in de zeebodem, zichtbaar zouden kunnen zijn op de sidescan sonar data. Dit effect is echter niet uit de kwalitatieve analyse naar voren gekomen.

Ook uit de kwantitatieve analyse uitgevoerd met QTC sideview is gebleken dat er geen relatie waarneembaar is tussen voorkomens van lage of hoge dichtheden aan *Ensis directus* of *Echinocardium cordatum* en afwijkende reflectie patronen op de sidescan sonar beelden. De kwantitatieve analyse is succesvol in het onderscheiden van zandruggen. De weerszijden van de flanken van een zandrug worden in 2 tot 3 verschillende klassen geplaatst. Naast dit onderscheid komen er uit de QTC analyse geen andere karakteristieke morfologische structuren naar voren, wat in overeenstemming is met de bevindingen van de kwalitatieve analyse.

Er zijn verschillende mogelijkheden voor het niet herkenbaar zijn van *Ensis directus* voorkomens op de sidescan sonar data, namelijk:

- De dichtheid van *Ensis directus* en *Echinocardium cordatum* is niet hoog genoeg. Daarnaast is het mogelijk dat *Ensis directus* zodanig ingegraven leeft dat hen aanwezigheid alleen zichtbaar op de bodem is door de kleine openingen op de zeebodem. Uit onderzoek op de Voordelta is gebleken dat de *Ensis directus* hier geheel ingegraven leeft, en slecht geïdentificeerd kan worden door middel van kleine sifonopeningen aan het zeeoppervlak (Lengkeek et al., 2010). Deze morfologische variaties zijn mogelijk te subtiel om door de sidescan sonar te kunnen worden waargenomen.
- De gebruikte frequentie van het systeem is niet toereikend om deze macrobenthossoorten waar te nemen.

## 5.2 Aanbevelingen

In het onderzoeksgebied voor de kust bij Noordwijk is uit de sidescan sonar data gebleken dat morfologische structuren zoals zandbanken vrij lokaal kunnen voorkomen, met dimensies van 150 bij 25 m. Omdat tijdens de hapmonsternamen de positie van de gps op de stuurhut is ingemeten en niet de positie op de hapmonster locatie zelf, kon hier geen correctie worden gemaakt. Wel is bekend dat de offset tussen de gps van de stuurhut en het punt van monsternamen ca. 25 m is, wat een significante onnauwkeurigheid in positionering is. Deze onnauwkeurigheid ligt in dezelfde orde van grootte als de dimensies van zandbanken waargenomen op de sidescan sonar beelden, waardoor niet met zekerheid gezegd kan worden of geobserveerde benthos wel of niet op deze zandbanken voorkomen. Daarom wordt ook sterk aanbevolen om voor vervolg onderzoek de exacte bemonster locaties accuraat vast te stellen met gps, zodat er een juiste ruimtelijke correlatie met de sidescan sonar data gemaakt kan worden.

- Bij vervolgonderzoek, wordt geadviseerd om net als voor de hapmonsters ook voor de sidescan sonar metingen, referentie gebieden te bemeten, om na te gaan of variaties in benthos voorkomens in vergelijking met referentiegebieden op sidescan sonar data zichtbaar zijn.
- Daarnaast wordt sterk aanbevolen indien de vaardiepte het toelaat (wat voor dit onderzoek niet mogelijk was), de vis vrij mee te laten slepen achter of naast de boot, in plaats van deze aan een kraan te bevestigen. Hierdoor kan de sidescan sonar vis zich namelijk vrij bewegen en zich goed stabiliseren met een daar uit resulterende optimale datakwaliteit. Dit is voornamelijk van belang voor het uitvoeren van kwantitatieve analyses.
- Een combinatie van sidescan sonar opnamen en onderwatercamera metingen lijkt grote meerwaarde te hebben om inzicht te krijgen in welke benthossoorten aan het oppervlak zichtbaar zijn en welke soorten mogelijk aan het oppervlak herkend kunnen worden. Dit is van belang om helder te krijgen of en hoe goed en welk deel van het benthos op de sidescan sonar data zichtbaar kan zijn.
- Met een experiment in een kleine proefopstelling zou een zeer goede kennisontwikkeling kunnen plaatsvinden over de detectiemogelijkheden van benthos met behulp van sidescan sonar. In een dergelijke opstelling kunnen soorten, hoeveelheden en diepteliggingen van benthos gecontroleerd worden, terwijl de instellingen van de sidescan sonar kunnen worden gevarieerd. Hiermee kan bepaald worden onder welke omstandigheden benthossoorten zichtbaar kunnen zijn op sidescan sonar data.

## 6 Referenties

Lengkeek, W, Bouma S. en B. van den Boogaard, B., 2010, Onderwatervideobeelden van de Voordelta en de Zeeuwse banken, Bureau Waardenburg, Rapport nummer 10-036

Leopold, F. L., Verdaat, H., Spierenburg, P. en van Dijk, J., 2010, Zee-eendenvoedsel op een recente zandsuppletie bij Noordwijk, Imares, Rapport nummer C021/10

Van Dijk, T.A.G.P., Van Dalssen, J.A., Van Overmeeren, R.A., Van Lancker, V., Van Heteren, S. and Doornenbal, P.J. (accepted). Benthic habitat variations over tidal ridges, North Sea, Netherlands. In: *Harris, P. and Baker, E. (Eds.): Seafloor Geomorphology as Benthic Habitat: GeoHab Atlas of seafloor geomorphic features and benthic habitats*, Elsevier.

Van Overmeeren, R.A., Craeymeersch, J., van Dalssen, J., Fey, F., van Heteren, S., and Meesters, E., 2009, Acoustic habitat and shellfish mapping and monitoring in shallow coastal water – Sidescan sonar experiences in The Netherlands, *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 85, 437–448

QTC Sideview, Acoustic seabed classification for sidescan sonar – User manual and reference, 2004, Quester Tangent Cooperation, Sidney, Canada

## A Bijlage Tabel met waardering van sidescan sonar

Waardering van de toegepaste techniek op specifieke aspecten. De waardering is uitgedrukt op een schaal van 1-3 (1 = lage waardering; 2 = neutraal of voor- én nadelen); 3 = hoge waardering). Deze tabel kan een gedetailleerde vergelijking met andere onderzoeks-technieken faciliteren. Kosten zijn gebaseerd op tarieven van 2010.

	Specificatie	Waardering	Opmerkingen / uitleg
<i>Kosten</i>			
Kosten per dag uitvoering (inclusief vaartuig)	EUR 1550 plus meetschip (EUR 2000 inshore tot EUR 25000 offshore).	2	
Kosten verwerking materiaal van 1 dag uitvoering	EUR 5000	2	Uitwerk tijd neemt af bij grotere dataset.
<i>Inzetbaarheid</i>			
Afhankelijkheid wind	Indien windkracht tot 5 (afhankelijk golfhoogte) en de waterdiepte >15 meter is kan er gemeten worden.	2	
Afhankelijkheid zicht	Niet van toepassing, als het schip kan varen kunnen wij meten.	3	
Afhankelijkheid substraat type	Niet van toepassing.	3	
Afhankelijkheid diepte	Tot 100 m geen probleem.	3	
<i>Logistiek</i>			
Aantal mensen	1	3	
Type schip	Moet afgestemd zijn op nautische omstandigheden, kan vanaf klein schip.	3	
Beschikbaarheid apparatuur	Afhankelijk van overige projecten, maar vooral van planning.	2	
<i>Duurzaamheid</i>			
Brandstof verbruik per dag	Afhankelijk van meetschip.	?	Apparatuur voegt nauwelijks drag toe aan meetschip. De metingen kunnen ook gecombineerd worden met andere surveys. Het zou ook op een zeilboot kunnen.
<i>Wetenschappelijke waarde</i>			



Kwantitatief	Afhankelijk van type benthos.	2	Voor kolonies werkt dit goed, voor individuen is dit complex
Kwalitatief	Als het geen informatie geeft over benthos kan de meting in ieder geval gebruikt worden om de 'mariene habitat' te bepalen en om te kijken in hoeverre de klassieke punt waarnemingen evenredig verdeeld zijn over de diverse typen morfologie.	3	
Soorten in het sediment	De sidescan sonar kijkt naar zeebodem oppervlak, niet er onder, verstoring van oppervlak tgv bv bioturbatie is een mogelijkheid om 'dieper' te kunnen kijken.	1	Verder onderzoek is noodzakelijk om de potentie voor deze soorten verder in kaart te brengen. Een combinatie van andere geofysische technieken is een optie.
Soorten op het sediment	Hiervoor is de methode goed toepasbaar. Het is wel afhankelijk van de omvang en concentratie van benthos.	3	
Mobiele soorten	Dit zou kunnen maar is nog niet onderzocht. Er zijn wel ideeën om dit te doen.	2	
Duur bestaande meetreeks	Zijn nog geen herhalingsmetingen mee gedaan. De techniek is goed geschikt voor herhalingsmetingen.	2	Herhalingsmetingen zijn nog niet gedaan, althans de beschikbare data is niet op deze manier uitgewerkt. Er zijn echter wel grote datasets die zicht hiervoor lenen ( bv bij de marine).
Verder analyse mogelijkheden	Metingen kunnen voor verschillende toepassingen worden gebruikt, de techniek is nog niet volledig 'uitgeput'.	3	De metingen geven ook waardevolle informatie over de plaatsing van punt waarnemingen (bv happen). Hiermee kunnen haplokaties representatief verdeeld worden over de waargenomen mariene habitats.
<b>Noodzaak aanvullende metingen</b>	IJking van de metingen is nodig onder gecontroleerde omstandigheden (karakteristieken, locatie en		

	diepteligging van benthos exact bepalen). Zeker als het gaat om soorten met lagere dichtheden.	
<i>Rendement</i>		
Aantal locaties per dag	Deze techniek is gebaseerd op het meten van vlakken. En niet op het meten van punt locaties. Dat is juist de kracht.	nvt
Bemonsterd oppervlakte zeebodem per dag	Uitgaande van 8 uur meten per dag bestaande uit 50 tot 60 kilometer vaarlengte. De breedte van de gemeten strook kan van 60-300 meter gevarieerd worden, afhankelijk van de gewenste resolutie.	3
Aanvullende kennis gegenereerd (verklarende factoren)	Geeft naast inzicht in benthos ook inzicht in de morfologie, mariene habitat en aanwezige obstakels op de zeebodem.	3