



RIKZ/AB/2000.606x
700

Veldinventarisatie Schelpenvoorkomens in de Waddenzee

Vervolgonderzoek Schelpenwinning

RIKZ/AB/2000.606x

F.M. Zant, Koeman en Bijkerk B.V.

H.P.J. Mulder, RIKZ-Haren

in opdracht van Rijkswaterstaat, Directie Noord-Nederland, afdeling ANW.

Inhoudsopgave

Lijst van tabellen en figuren	5
Samenvatting	7
1 Inleiding	9
1.1 Kader en probleemstelling	9
1.2 Doelstelling en vraagstelling	10
1.3 Werkwijze	10
2 Methode	11
2.1 Vergelijking tussen mogelijk te gebruiken apparatuur	11
2.1.1 Akoestische methoden oppervlak	11
2.1.2 Akoestische methoden subbottom	11
2.1.3 Andere methoden	11
2.2 Gebiedskeuze	12
2.3 Opsporen van schelpenbanken aan het bodemoppervlak	13
2.4 Opsporen begraven schelpenbanken	14
3 Resultaten	15
3.1 Schelpenvoorkomens aan het bodemoppervlak	15
3.1.1 Vliesloot	15
3.1.2 Westmeep	15
3.1.3 Oosterom	15
3.1.4 Spruit	16
3.1.5 Zuidoost Lauwers	16
3.1.6 Stortemelk	16
3.1.7 Terschelling Noordzee	16
3.2 Schelpenvoorkomens in de bodem	17
4 Discussie	19
4.1 Locaties van schelpenbanken op de bodem	19
4.2 De oppervlakten van schelpenbanken op de bodem	20
4.3 Schelpenconcentraties binnen en buiten de banken op de bodem	20
4.4 Locaties van schelpenbanken in de bodem	21
4.5 Schelpenconcentraties in de bodem	21
4.6 Dikte van de schelpenlagen in de bodem	22
4.7 Hoeveelheid schelpen in de bodem	22
4.8 Meetmethode	22
5 Conclusies	25
5.1 Schelpenvoorkomens aan het bodemoppervlak	25
5.2 Schelpenvoorkomens in de bodem	25
6 Aanbevelingen	27
Literatuurlijst	29
Tabellen en Figuren	31
Bijlagen	81
Bijlage1 Betrokken personen en organisaties	81
Bijlage 2 Overzicht lithologische kenmerken in boringen	83

Lijst van tabellen en figuren

Tabel 1	Coördinaten en resultaten Van Veenhappen in Vliesloot.
Tabel 2	Coördinaten en resultaten Van Veenhappen in Westmeep.
Tabel 3	Coördinaten en resultaten Van Veenhappen in Oosterom.
Tabel 4	Coördinaten en resultaten Van Veenhappen in Spruit.
Tabel 5	Coördinaten en resultaten Van Veenhappen in Zuidoost Lauwers.
Tabel 6	Oppervlakten van met sonar waargenomen schelpenvlekken; schelpenconcentraties per vlek bepaald m.b.v. Van Veenhapper.
Tabel 7	Gewogen gemiddelde schelpenconcentratie binnen en buiten de met sonar waargenomen contrastrijke vlekken in kg/m^3 en volumepercenten.
Figuur 1	Locaties sonaropnamen en Van Veenhappen in Vliesloot, Westmeep, Oosterom, Stormmelk en ten noorden van Terschelling
Figuur 2	Locaties sonaropnamen en Van Veenhappen in Spruit en Zuidoost Lauwers
Figuur 3	Locatie subbottomopnamen met X-star en boringen in West- en Noordmeep
Figuur 4	Vlekkenkaart op basis van sonaropnamen in Vliesloot met schelpenfracties (bemonsterd met Van Veenhapper) in kg/m^3 (figuur 4a) en de logaritmische waarde van kg/m^3 (figuur 4b) (Meetkundige Dienst)
Figuur 5	Vlekkenkaart op basis van sonaropnamen in Westmeep met schelpenfractie (bemonsterd met Van Veenhapper) in kg/m^3 (figuur 5a) en de logaritmische waarde van kg/m^3 (figuur 5b) (Meetkundige Dienst)
Figuur 6	Vlekkenkaart op basis van sonaropnamen in Oosterom met schelpenfractie (bemonsterd met Van Veenhapper) in kg/m^3 (figuur 6a) en de logaritmische waarde van kg/m^3 (figuur 6b) (Meetkundige Dienst)
Figuur 7	Vlekkenkaart op basis van sonaropnamen in Spruit met schelpenfractie (bemonsterd met Van Veenhapper) in kg/m^3 (figuur 7a) en de logaritmische waarde van kg/m^3 (figuur 7b) (Meetkundige Dienst)
Figuur 8	Vlekkenkaart sonaropnamen in Zuidoost Lauwers met schelpenfractie (bemonsterd met Van Veenhapper) in kg/m^3 (figuur 8a) en de logaritmische waarde van kg/m^3 (figuur 8b) (Meetkundige Dienst)
Figuur 9	Overzichtskaart van sonarvlekken en diepte t.o.v. NAP in Vliesloot, Oosterom en Meep
Figuur 10	Overzichtskaart van sonarvlekken en diepte t.o.v. NAP in Lauwers en Spruit
Figuur 11	IJklijn van het monstervolume als functie van de haptediepte van de grote Van Veenhapper (Meetdienst Directie Noord-Nederland).
Figuur 12	Vaarlijnen van X-staropnamen en ligging van de steekboringen met positienummer (bron: Laban <i>et al.</i> 2000)

Samenvatting

De in dit rapport beschreven veldinventarisatie is uitgevoerd als onderdeel van het project "Vervolgonderzoek Schelpenwinning" (Reijngoud *et al.* 1999). In de veldstudie is middels twee akoestische technieken onderzocht waar schelpenbanken zich bevinden in delen van de Waddenzee, hoe groot de schelpenbanken zijn en in welke concentratie de schelpen op, respectievelijk in de bodem voorkomen.

Het oppervlak van bodem is met side-scan sonarapparatuur van de Meetkundige Dienst onderzocht op aanwezigheid van schelpen. Sonarbeelden zijn gemaakt in de Vliesloot, Westmeep, Oosterom, Spruit, Zuidoost Lauwers, Stortemelk en in de Noordzee ten noorden van Terschelling. Schelpenbanken geven een andere reflectie dan kaal zand en zijn daarom als donkere vlekken zichtbaar op de sonarbeelden. De contrastrijke vlekken zijn op kaarten ingetekend. In en vlak buiten de vlekken zijn monsters met de Van Veenhapper genomen, om de schelpenconcentraties te kwantificeren. Hieruit blijkt dat de schelpenconcentratie binnen de vlekken ligt tussen 85 en 220 kg/m³, ofwel 15-37%. Dit zijn voor schelpenwinners winbare gehalten. Buiten de vlekken komen schelpen voor in een dichtheid van 0 tot 35 kg/m³. Dit komt overeen met 0-6%.

In de Westmeep, Spruit en Zuidoost Lauwers liggen de oppervlakkige schelpenbanken in de buitenbochten aan de geulranden. In de Vliesloot en Oosterom zijn de schelpenbanken gevonden in de binnenbocht van de geulen. In de Westmeep ligt een schelpenbank op de locatie waar de Noord- en Zuidmeep samenstromen.

De grootte van de gevonden schelpenbanken op het bodemoppervlak ligt tussen de 6 en 86 ha. De grootste bank is gevonden in de Zuidoost Lauwers: Een langgerekte strook in de buitenbocht tegen de laagwatergrens aan.

In de bodem heeft het NITG-TNO naar schelpen gezocht door met de X-star akoestische opnamen te maken in de West- en Noordmeep. Aanvullend hierop zijn verspreid over dit gebied 38 boringen tot een diepte van maximaal 6 m in de bodem verricht en zijn boorbeschrijvingen gemaakt. Het blijkt dat de schelpengehalten in de meeste boorkernen laag is: <1 en 1-10%. Hogere percentages (1-10, 10-30 en >30%) komen voor in dunne laagjes tussen lagen met een schelpengehalte van <1.

Uit Laban *et al.* (2000) blijkt dat de lagen met de fractie minder dan 1 % schelpen gemiddeld 173 cm dik zijn. De lagen met 1-10% schelpen zijn gemiddeld 102 cm dik; De lagen met 10-30% schelpen zijn beduidend minder dik: gemiddeld 41 cm. In de boringen is één laag met meer dan 30% schelpen aangetroffen. Deze is 20 cm dik. De top van het Pleistoceen vormt de basis van het schelpenhoudend pakket.

De oppervlakten van de schelpenbanken in de bodem konden binnen dit onderzoek niet bepaald worden. Een nader onderzoek van de beschikbare X-staropnamen kan meer informatie verschaffen over de ruimtelijke verdeling van de schelpen en hiermee over de hoeveelheid aanwezige schelpen in de Waddenzee.

1 Inleiding

1.1 Kader en probleemstelling

In de Landelijke Beleidsnota Schelpenwinning (1998) is genoemd dat de vraag naar schelpen de komende jaren toeneemt, terwijl het toegestane zoekgebied in de Waddenzee kleiner is geworden en de hoeveelheid te winnen schelpen is gelimiteerd. Onvoldoende bekend is hoeveel schelpen nu en in de toekomst beschikbaar zijn voor winning. Deze kennis is nodig voor een onderbouwing van het toekomstige schelpenwinbeleid. In 2001 worden eventuele beleidsaanpassingen voorbereid, welke vanaf 1 januari 2002 operationeel worden. Om kennisleemten, die genoemd zijn in de Landelijke Beleidsnota Schelpenwinning en MER-Schelpenwinning (1998) in te vullen is het projectplan Vervolgonderzoek Schelpenwinning opgesteld (Reijngoud *et al.* 1999).

De in dit werkdocument beschreven veldinventarisatie komt voort uit het "Projectplan Vervolgonderzoek Schelpenwinning", cluster 2 "Schelpenvoorkomens", onderzoeksvraag 2.1: "Waar komen schelpenbanken voor?". Het antwoord op deze vraag is toeleverend aan de onderzoeksvragen 2.2 ("Wat is de aanwas, nalevering, ouderdom en samenstelling van de winbare voorraden schelpen?") en 2.3 ("Wat is de winbare schelpenvoorraad, nu en in het verleden?") en aan cluster 3 ("Locale morfologie en eilandkusten") en cluster 4 ("Ecologie") (Reijngoud *et al.* 1999).

In de Waddenzee worden lege schelpen van kokkels (*Cerastoderma edule*) en in mindere mate de halfgeknotte strandschelp (*Spisula subtruncata*) gewonnen. Schelpen kunnen zowel geconcentreerd als los voorkomen. In dit rapport wordt de term "schelpenbank" gebruikt voor concentraties van schelpen. Voor de schelpenwinner zijn, vanuit rentabiliteitsperspectief gezien, alleen de geconcentreerde schelpenvoorraden interessant. Of een geconcentreerde schelpenvoorraad (economisch) winbaar is, is niet alleen afhankelijk van het volume van de bank. Factoren als samenstelling, diepteligging onder het bodemoppervlak en hydrodynamische omstandigheden ter plaatse zijn daarbij tevens van belang. De schelpen mogen volgens de Vereniging van Nederlandse schelpenvissers (1986) niet meer dan 1,5 tot 2 m met sediment bedekt zijn. Uit interviews met schelpenwinners (Van Dobben 2000) blijkt dat tot drie à vier meter in de bodem gewonnen kan worden.

De in de Waddenzee voor winning beschikbare schelpen zijn het resultaat van de aanwas van recent gestorven schelpdieren en van door de dynamiek van het watersysteem vrijgekomen oude schelpen. Deze dynamiek bepaalt of schelpen naar diepere geulen spoelen, of worden bedekt met een laag sediment of juist meer aan het oppervlak komen door erosie. Een deel van de schelpen gaat verloren door schelpdiervisserij en predatie door vogels en vissen. Vogels en vissen vermalen de schelpen in hun maag tot voor schelpenwinners onbruikbaar gruis. Momenteel is niet bekend hoeveel schelpen zich in en op de bodem van de Waddenzee bevinden. Ook is het niet bekend waar dode schelpen zich concentreren en waar oude begraven schelpen vrij komen na erosie van bovengelegen lagen.

1.2 Doelstelling en vraagstelling

Het doel van de veldstudie is om in geselecteerde delen van de Waddenzee schelpenbanken op te sporen en te onderzoeken hoe groot de schelpenbanken zijn. Afhankelijk van de gevonden informatie kan als vervolg op de veldinventarisatie een "vertaling" gemaakt worden naar andere delen van de Waddenzee. Hiertoe moet een relatie gezocht worden tussen het voorkomen van schelpenconcentraties en bepaalde fysische parameters (onderzoeksvragen 2.2 en 2.3, zie paragraaf 1.1). De kennis over het voorkomen van schelpen aan het bodemoppervlak is van belang voor de ecologische studie (cluster 4 (Reijngoud *et al.* 1999)), die uitgevoerd wordt door Alterra in opdracht van het Ministerie van LNV. Voor de morfologische analyse (cluster 3 (Reijngoud *et al.* 1999)) is het van belang te weten waar met sediment bedekte schelpenbanken voorkomen.

De concrete vragen waar getracht wordt een antwoord op te vinden in dit onderzoek zijn:

- Waar komen schelpenbanken voor **aan het oppervlak** van de bodem van de onderzochte delen van de Waddenzee?
- Wat is de oppervlakte van deze schelpenbanken?
- In welke concentraties (kg/m³) komen de schelpen voor in de gevonden schelpenbanken?
- Waar in de bodem van de onderzochte delen van de Waddenzee komen schelpenconcentraties voor?
- Hoe groot zijn deze concentraties (oppervlakte)?
- Hoe dik zijn deze lagen?
- Wat is de hoeveelheid schelpen aan en in de bodem van de onderzochte delen van de Waddenzee?

1.3 Werkwijze

Het veldwerk is om praktische en meettechnische redenen gesplitst in twee delen: onderzoek naar het voorkomen van schelpen 1) aan het bodemoppervlak en 2) in de bodem. Het veldwerk is in een zeer korte periode voorbereid, uitgevoerd en uitgewerkt: voorbereiding in april, uitvoering eind april tot en met juni, uitwerking juli tot en met september.

Bij de veldinventarisatie zijn diverse partijen betrokken: zie lijst met betrokken personen en organisaties in de bijlage. De diverse partijen hebben afzonderlijke (deel)meetrapporten geschreven (Laban *et al.* 2000, RWS Meetkundige Dienst 2000, Weessies 2000-a en -b). Dit werkdocument geeft een totaal overzicht van het veldwerk en geeft een antwoord op de vragen die in paragraaf 1.2 zijn gesteld.

Deze studie is uitgevoerd in opdracht van Rijkswaterstaat, Directie Noord-Nederland, begeleid door drs. T.T. Reijngoud. De projectleiding voor Schelpenwinning bij het RIKZ is in handen van ir. H.P.J. Mulder.

2 Methode

2.1 Vergelijking tussen mogelijk te gebruiken apparatuur

Voor de keuze tussen apparatuur voor het in kaart brengen van aanwezige schelpen aan het bodemoppervlak en in de bodem van de Waddenzee zijn verschillende apparaten met elkaar vergeleken. In de paragrafen 2.1.1 tot en met 2.1.3 zijn de principes van de verschillende methodes kort beschreven. Voor een goede afweging is gekeken naar het te verkrijgen resultaat van de opnamen, het detail en de resolutie, de ervaring met het detecteren van schelpen, het bereik, de mogelijke vaarsnelheid (bepalend voor de grootte van het te verkennen gebied), de kosten, de uitvoerder en het benodigde schip.

2.1.1 Akoestische methoden, oppervlak

Met de **side-scan sonar** kunnen gebiedsdekkende opnamen gemaakt worden van het bodemoppervlak. De beelden hebben een hoge resolutie. Uit de geproduceerde grijstinten zijn door een expert verschillen in bodemstructuur te lokaliseren. Voor een interpretatie van de verschillende grijstinten en structuren is bodembemonstering nodig.

De **RoxAnn** (beschikbaar bij Rijkswaterstaat Directie IJsselmeergebied) is een akoestisch apparaat waarmee verschillen in hardheid en de ruwheid aan het oppervlak van de bodem kunnen worden onderscheiden. Het type bodem wordt naar deze parameters geclassificeerd. De Roxann heeft een hoge resolutie en geeft raai-informatie. De calibratie op hardheidsverschillen van het substraat is nodig met behulp van bodemonsters. Met behulp van geostatistische analyse is een ruimtelijk beeld te creëren. De calibratie van het apparaat is arbeidsintensief (Kinneging 1999).

De **Multibeam** geeft een beeld van het bodemoppervlak, heeft een middelgrote resolutie en is gebiedsdekkend. De multibeam levert een dieptekaart met een resolutie van 1 m en is daarmee voor de detectie van schelpen niet geschikt.

2.1.2 Akoestische methoden subbottom (voor het in kaart brengen van lagen in de bodem)

De **X-star** (beschikbaar bij het NITG-TNO) is een subbottom profiler, die werkt met een frequentie van 5-10 kHz en geeft raai-informatie. De X-star heeft een resolutie van 30 cm en ziet grenslagen tot een diepte van 8 tot 10 m. De penetratie in de bodem is afhankelijk van de hoogte van de waterlaag boven de bodem en de hardheid van de bodemlagen. Voor interpretatie van de verschillende grenslagen zijn aanvullende boringen nodig. De X-star is nog niet gebruikt voor het opsporen van schelpen. Wel is ervaring met het detecteren van grindlagen in rivieren (mondelinge mededeling C. Laban, NITG-TNO).

De **Knudsen** (beschikbaar bij het NITG-TNO) is een laag frequent echolood (12 kHz). Dit apparaat heeft een penetratie in de bodem van ongeveer 1 m en heeft een resolutie van 0.1 m. Er is ongeveer 3-5 m waterdiepte nodig. Voor interpretatie van de verschillen zijn boringen nodig. Er is geen ervaring met het opsporen van schelpen. De Knudsen viel af omdat de bruikbaarheid van de resultaten te onzeker waren.

2.1.3 Andere methoden

De **Van Veenhapper** is een bodemhapper, waarmee de bovenste laag van de bodem bemonsterd kan worden. Deze happer is geschikt om op een eenvoudige manier waarnemingen van het bodemoppervlak met akoestische apparatuur te controleren.

De **Hydraulic vibrocorer "Trilflip"** is een zware boor (3000 kg), die speciaal geschikt is voor het boren in onderwaterbodems. Dit apparaat is in staat om snel in harde bodems door te dringen tot een maximale diepte van 3 tot 7,5 m, afhankelijk van het gebruikte materiaal. Per boring wordt de ongestoorde boorkern verpakt in pvc-buizen, die worden opengezaagd om een beschrijving van de bodemlagen te maken. In stukken gezaagd kunnen de buizen met boorkern worden meegenomen naar het lab en/of worden bewaard.

Onderwater Video (beschikbaar bij Rijkswaterstaat Directie Noordzee) is te gebruiken door duikers of kan onder een schip hangen. Vanwege de grote oneffenheid van de bodem van de Waddenzee is het gebruik onder een schip te riskant (gevaar voor schade aan apparatuur). De grootte van het beeld is afhankelijk van de zichtafstand. Het gebruik van video door duikers is erg arbeidsintensief als grote oppervlakten bekeken moeten worden. Videobeelden zijn gebruikt als controle op de side-scan sonar bij het in opsporen van Driehoeksmosselen in het IJsselmeer door De Leeuw (1992).

De **Medusa** heeft een middelgrote resolutie, geeft raai-informatie en geeft een waarneming van het oppervlak. Het apparaat meet de natuurlijke radioactiviteit en wordt over de bodem gesleept. Het is nog geen bewezen techniek voor de detectie van schelpen.

De **Ground penetration test** is een weerstandsmeting die vooral gebruikt wordt bij droge bodems. Met deze methode is het niet mogelijk onderscheid te maken tussen een harde zandbodem en schelpen. Als controle op bijvoorbeeld de X-star is deze Ground penetration test daarom niet geschikt.

Conclusie

Voor het opsporen van schelpenbanken aan het oppervlak van de bodem is gekozen voor de side-scan sonar. Deze methode heeft de beste resolutie en is het gemakkelijkst te interpreteren. Besloten is de Van Veenhapper te gebruiken om de sonarbeelden te controleren.

Om begraven schelpenbanken te localiseren is gekozen voor de X-star. De hydraulische vibrocorer is gebruikt om de X-staropnamen te interpreteren.

2.2 Gebiedskeuze

De schelpenvoorkomens van het hele Nederlandse Waddengebied in kaart brengen zou te arbeidsintensief zijn. Voor dit onderzoek zijn gebieden in de Waddenzee geselecteerd waar in het verleden veel schelpen zijn gewonnen (De Vries 2000), om een zo groot mogelijke kans te hebben daadwerkelijk schelpenbanken aan te treffen. Gekozen is het onderzoek in twee kombergingsgebieden uit te voeren: de Vlie en de Lauwers. In de Vlie worden nog steeds veel schelpen gewonnen; in de Lauwers is dit sinds 1998 verboden. Voor het onderzoek dat Alterra in opdracht van LNV zal uitvoeren naar de ecologische waarden van schelpenbanken en de invloed van schelpenwinning hierop zijn beide gebieden interessant, omdat het effect van de sluiting van een gebied voor de schelpenwinning, in dit geval het oostelijke deel van de Nederlandse Waddenzee, wellicht duidelijk wordt.

Voor het maken van opnamen (met sonar en X-star) zijn de volgende voorwaarden gesteld aan gebieden binnen de Vlie en de Lauwers:

- In het gebied zijn in het verleden schelpen gewonnen. Het is dan aannemelijk dat schelpen in het gebied aanwezig zijn.
- In het gebied zijn dynamische en minder dynamische locaties. Hiervoor zijn erosie- en sedimentatiekaarten bekeken (De Vries 2000). De kans dat oude schelpen vrijkomen uit diepere lagen is groot in een gebied met veel erosie.
- Het onderzochte gebied bevat zowel binnen- als buitenbochten en een plek waar twee geulen samenkomen. Er zijn smalle en brede geulen en er zijn steile en vlakke oevers. Er is variatie in bodemdiepte. De afmetingen van het gebied zijn vergelijkbaar met zeegaten elders in de Waddenzee.
- De locatie is redelijk beschut, zodat het veldwerk niet te veel hinder ondervindt van ongunstige weersomstandigheden of stromingen. Een beschutte locatie heeft ook de voorkeur voor eventuele schelpenwinners.
- Voor de grootte van het proefgebied is voor sonar uitgegaan van een vaarsnelheid van 8 km/uur, raai-afstanden van 50 m en 3,5 werkdagen. Voor de X-star is uitgegaan van 8 km/uur, raai-afstanden van 200 m en 3,5 dagen werk.

De onderzochte gebieden voor sonaropnamen in de Vlie zijn de Vliesloot, Westmeep en Oosterom; in de Lauwers zijn dit de Spruit en Zuidoost Lauwers. Op de Stortemelk en een strook ten Noorden van Terschelling (beiden in de Noordzee) zijn extra opnamen gemaakt. Op de Stortemelk omdat daar al jarenlang veel schelpen worden gewonnen, en ten Noorden van Terschelling om een indruk te

hebben van de omvang van een *Spisulabank* voor de kust. Deze locaties zijn later toegevoegd en daarom beperkt bemeten. Kaarten met de met sonar bemonsterde gebieden staan in de figuren 1 en 2.

Op basis van de genoemde punten is voor het onderzoek in de bodem (het zogenaamde "subbottom") de keuze gevallen op de Westmeep en Noordmeep. Aan de westzijde van de Westmeep is een klein deel van de Vliestroom onderzocht. Figuur 3 geeft het met X-star gevaren gebied weer.

2.3 Opsporen van schelpenbanken aan het bodemoppervlak

Side-scan sonar

Voor het opsporen van schelpen aan het oppervlak van de bodem heeft de Meetkundige Dienst de side-scan sonar gebruikt, ondersteund met de Van Veenhapper. De idee is dat schelpenbanken een andere reflectie geven dan andere structuren, zoals kaal zand en daarom als donkere vlekken zichtbaar worden op de sonarbeelden. De coördinaten van de contouren van de contrastrijke vlekken die op de sonarbeelden zichtbaar zijn, zijn overgebracht in aparte kaarten (figuren 4 tot en met 8). In de Zuidoost Lauwers is het gescande gebied te groot en te onoverzichtelijk om de vlekken goed in te kunnen tekenen. Van de sonaropnamen in de Zuidoost Lauwers heeft het bedrijf NeSa te Rotterdam in opdracht van de Meetkundige Dienst een mozaïekkaart gemaakt. In een mozaïekkaart zijn alle sonarbeelden aan elkaar geplakt. Met behulp van dit mozaïek zijn vlekken van contrastrijke gebieden ingetekend.

De metingen zijn uitgevoerd aan boord van het Meetvaartuig "Regulus" van de Meetdienst van Directie Noord Nederland. De volgende meetapparatuur is gebruikt:

- Klein 595 sonarrecorder
- Klein dual freq. Towfish
- sercel 103 dGPS ontvanger
- ISIS data acquisitie (Triton Elics)

Gedurende de metingen is de 500 Khz frequentie gebruikt, de horizontale openingshoek bedraagt bij deze towfish 0.2 graden. De range tijdens deze metingen was op 50 m (links en rechts) ingesteld. (Rijkswaterstaat Meetkundige Dienst 2000). Gedurende de opnamen kon het schip varen met een snelheid van maximaal 10 km/uur.

De figuren 1 en 2 geven de gevaren gebieden met de side-scan sonar weer, respectievelijk de Vliesloot, Westmeep, Oosterom, Stortemelk en gebied ten noorden van Terschelling; Spruit en Zuidoost Lauwers.

De sonaropnamen zijn gemaakt op 26 april 2000 (Meep), 27 april 2000 (Stortemelk en Vliesloot), 28 april 2000 (Oosterom en op de Noordzee ten noorden van Terschelling), 3 mei 2000 (Zuidoost Lauwers) en 4 mei 2000 (Spruit).

Meetverslagen van de sonaropnamen zijn beschreven in Weessies (2000 a) en Rijkswaterstaat Meetkundige Dienst (2000).

Van Veenhapper

Om te controleren of in de contrastrijke gebieden die met sonar zichtbaar zijn inderdaad schelpen liggen, zijn bodemonsters genomen met een grote Van Veenhapper met een bemonsteringsoppervlakte van 0,17 m² en een inhoud van 38 liter. De happer is verzwaard en voorzien van tanden om goed door te kunnen dringen in een harde zandbodem of in een schelpenlaag.

Van elk monster is het schelpgewicht in kg per m³ bodem bepaald. Dit is gedaan door van elk monster het volume te meten: door het luikje aan de bovenkant van de happer is met een duimstok de hoogte boven het monster tot de bovenkant van de happer gemeten. Met behulp van een door de meetdienst van Directie Noord-Nederland gemaakte ijklijn van een bekende hoeveelheid zand en hoogte boven het zand tot aan de bovenkant van de happer kon van elk monster het volume

berekend worden. De basisgegevens voor de ijklijn, in figuur 9 weergegeven, zijn als volgt bepaald: de van Veenhapper is in gesloten toestand horizontaal geplaatst. Vervolgens zijn de beide deksels verwijderd om goed in de happer te kunnen werken. Met behulp van een 1-literse maatcilinder met droog zand is de happer gevuld. Om de vijf liter is het zand vlak gestreken zodat op vier hoekpunten in de dekselopening een zelfde haptediepte gemeten kon worden. Deze haptediepte is berekend door van de maximale haptediepte (=23 cm) de gemeten ruimte vanaf bovenkant zand tot bovenkant happer af te trekken. Om de vijf liter is de haptediepte bepaald. Bij een volle bak is het volume 38 liter en de haptediepte 23 cm.

Van de contrastrijke vlekken, die te zien zijn op de sonarbeelden, is het rekenkundige gemiddelde van de schelpendichtheid berekend. In ieder onderzocht gebied is het gewogen gemiddelde van de schelpendichtheid berekend. Dit is de som van de rekenkundige gemiddelden van de afzonderlijke vlekken vermenigvuldigd met de oppervlakten van de afzonderlijke vlekken gedeeld door de totale oppervlakte van de vlekken in het gebied :

$$\Sigma(\text{gemiddelde schelpendichtheid} \cdot \text{oppervlakte}) / \Sigma(\text{oppervlakten}).$$

Het type sediment van de monsters is kort beschreven. De monsters zijn aan boord uitgespoeld over een 5 mm zeef. Vervolgens is het schone, uitgelekte schelpenmateriaal overgebracht in een plastic bak en gewogen aan een unster met een nauwkeurigheid van 100 gram. Van de schoongespoelde schelpen is visueel een schatting gemaakt van de soortensamenstelling (in volumeprocenten van de totale hoeveelheid schelpen).

Omrekenen van volumeprocenten schelpen naar kg/m³

Volgens Beukema (1982) weegt 1 m³ kokkelschelpen 600 kg. Hier is van uitgegaan om de geschatte schelpengehalten in de Van Veenmonsters om te rekenen van volumeprocenten naar kg/m³ en *vice versa*. Hierbij is aangenomen dat de pakking van schone schelpen vergelijkbaar is met de pakking van de schelpen in de monsters: dat wil zeggen dat een visuele waarneming van 1 m³ met x % schelpen in de monsters overeenkomt met x *600 kg schone schelpen.

2.4 Opsporen begraven schelpenbanken

Om de dikte van schelpenbanken en de ligging van schelpenbanken, die bedekt zijn met een sedimentlaag in kaart te brengen heeft het NITG-TNO gebruik gemaakt van seismische apparatuur (EG&G X-star). Met de X-star kan een akoestisch beeld worden verkregen van het verloop van de lagen in de bodem tot een diepte van 10 m. De verticale resolutie van de X-star is 30 cm. Gedurende de X-star opnamen kan het schip varen met een snelheid van 6 tot 7 km/uur. De opnamen met de X-star zijn uitgevoerd in week 23-2000 met het schip Asterias van Directie Noord-Nederland. In figuur 3 is het gebied weergegeven waar het subbottom onderzoek met de X-star is uitgevoerd. Om de 200 m zijn noord-zuid en oost-west raaien gevaren

De verschillende lagen die zichtbaar zijn na opname met de X-star zijn gevalideerd met boringen. Gekozen is voor een hydraulische vibrocoring. Deze boort relatief snel een ongeroerde kern met een diameter van 10 cm tot een diepte van maximaal 6 m. De boringen zijn uitgevoerd in de weken 25 en 27-2000. De verschillende lagen zijn beschreven en de dikten van de lagen zijn gemeten in centimeters. De schelpgehalten zijn visueel geschat en ingedeeld in klassen: 0%, <1%, 1-10%, 10-30% en >30%.

Totaal zijn circa 210 km seismische opnamen gemaakt en op 38 locaties steekboringen verricht. Figuur 12 geeft de vaarlijnen van de X-staropnamen en de ligging van de steekboringen met positienummers weer (uit Laban *et al.* 2000). Een beschrijving van de X-star en de vibrocoring, de gehanteerde werkwijze voor dit "subbottom onderzoek" en de resultaten zijn beschreven door Laban *et al.* (2000).

3 Resultaten

3.1 Schelpenvoorkomens aan het bodemoppervlak

De tabellen 1 tot en met 5 geven per Van Veenmonster de Rijksdriehoekskoördinaten, de schelpendichtheid in kg/m^3 en een korte beschrijving van de bodem schelpensoortensamenstelling. In de tabellen hebben monsterpunten per vlek eenzelfde letter in de locatiecode (de monsterpunten in vlek A hebben locatiecode A1, A2 etc.). In tabel 6 staan de oppervlakten van de afzonderlijke sonarvlekken. De met de sonarapparatuur waargenomen vlekken zijn samen met de gevonden dichtheden aan schelpen (in kg/m^3) ingetekend in de figuren 4 tot en met 8.

3.1.1 Vliesloot

De resultaten van de bemonsteringen in de Vliesloot staan in tabel 1. Figuur 4 geeft de ligging van de met sonar waargenomen vlekken en de gevonden schelpendichtheden in de Van Veenmonsters weer. In de Vliesloot is 30 km gevaren voor sonaropnamen. Er is een gebied gescand met een oppervlakte van 3 km^2 waarin twee contrastrijkere gebieden zijn waargenomen: B en C. In gebied B, ten oosten van de oostpunt van Vlieland, 10.8 ha groot, bestaat het bodemoppervlak uit grof zand met zeer veel schelpengruis, gemiddeld 276 kg schelpenmateriaal per m^3 . Buiten dit contrastrijke gebied ligt grof zand met fijn schelpengruis, in een lagere schelpendichtheid dan in het gebied: in 3 monsters is de schelpendichtheid lager dan 10 kg/m^3 . Opvallend is één monster in het contrastarme gebied met schelpengruis in een dichtheid van 261 kg/m^3 .

In het tweede contrastrijke gebied in de Vliesloot, gebied C, een smalle strook van ongeveer 50 m bij 950 m (4,7 ha) is de bodem niet homogeen. Schelpen zijn aangetroffen in dichtheden van 0 tot 246 kg/m^3 . De bodemonsters zijn verschillend van samenstelling: slibhoudend zand, stenen, veel kokerwormen, veel kokkels. Vlak buiten de strook is alleen zand zonder schelpen aangetroffen.

In totaal is in de Vliesloot 15,6 ha schelpenhoudende vlekken gevonden met gemiddeld 220 kg schelpen per m^3 in de vlekken (het gemiddelde is gewogen naar de oppervlakte en de schelpendichtheid van de afzonderlijke vlekken, zie paragraaf 2.3).

3.1.2 Westmeep

De resultaten van de bemonsteringen in de Westmeep staan in tabel 2. Figuur 5 geeft de ligging van de met sonar waargenomen vlekken en de gevonden schelpendichtheden in de Van Veenmonsters weer. In de Westmeep is 41 km sonaropnamen gemaakt. Er is een oppervlakte van 4,1 km^2 gescand. Alleen in het gebied waar de Noord- en Zuidmeep samenstromen in de Westmeep is een contrastrijk gebied van 10.6 ha gezien met sonar waarin zich schelpen bevonden. Het is een duidelijk afwijkende vlek met een lichter gedeelte in het midden en een scheidingslijn dwars door het gebied. De Noordzijde van de vlek sluit niet. Dit komt door het einde van de sonarregistratie. De hoeveelheid schelpen in de vlek varieert van 0 tot 270 kg/m^3 , met een gewogen gemiddelde van 85 kg/m^3 . Het merendeel van de schelpen bestaat uit kokkels (>90%); het overige bevat *Ensis* sp. (zwaardscheden), *Spisula subtruncata* (Halfgeknotte strandschelp), *Mya arenaria*. (Strandgaper) en *Mytilus edulis* (Mossel). Verder bestaat het sediment uit zand met soms een dun sliblaagje. Het op sonar donkerste gedeelte, C, bevat veel kokkelschelpen: 230 kg/m^3 .

3.1.3 Oosterom

De resultaten van de bemonsteringen in de Oosterom staan in tabel 3. Figuur 6 geeft de ligging van de met sonar waargenomen vlekken en de gevonden schelpendichtheden in de Van Veenmonsters weer. In de Oosterom, ten oosten van de haveningang naar West-Terschelling, is 17 km gevaren voor sonaropnamen. Het gemonitorde oppervlak besloeg 1,7 km^2 . In dit gebied zijn verschillende velden gevonden met een hogere reflectie. De omtrekken van de twee noordelijke vlekken (C en F) zijn niet gesloten, omdat ze zich op de noordelijkste sonarraai bevinden. In de noordwestelijke vlek (C) zijn niet de Van Veenhapper stenen gevonden, hetgeen de hogere reflectie kan verklaren. In vlek D ten zuiden van C, is grof zand met gruis en schelpen gevonden met een dichtheid van circa 200 kg/m^3 : ongeveer 80-85% van de schelpen waren kokkels, 15-20 % mossels. Het op de sonaropname vlakke gebied (E) tussen de vlekken C en D bleek bij het happen met de Van Veenhapper veel schelpen te bevatten: ongeveer 261 kg/m^3 .

In vlek F, met de winkelhaak, is slibhoudend zand en zand met gruis en kokkels en mossels gevonden. Mogelijk is dit een voormalig mosselperceel.

De lijn van 1128 m lang in het zuiden ligt langs de geulrand. Ten zuiden van de lijn, vlek A, is het te ondiep om sonaropnamen te maken. De gebieden ten noorden en zuiden van de lijn (A en B) verschillen wat betreft schelpdichtheden weinig van elkaar. De gevonden schelpdichtheden in deze velden variëren van 0 tot 123 kg/m³, met een gemiddelde van ongeveer 40 kg/m³.

In totaal is in de Oosterom 6,8 ha schelpenhoudende vlekken gevonden met gemiddeld 63 kg schelpen per m³ in de vlekken (gewogen gemiddelde).

3.1.4 Spruit

De resultaten van de bemonsteringen in de Spruit staan in tabel 4. Figuur 7 geeft de ligging van de met sonar waargenomen vlekken en de gevonden schelpendichtheden in de Van Veenmonsters weer. In de Spruit is met sonar 30 km gevaren: een oppervlakte van 3 km². Aan de westzijde van de geul zijn vlekken met een oppervlakte van 17 ha met een hogere reflectie dan de omgeving. Ten oosten van de vlekken is de bodem volgens de sonarbeelden vlak en zijn geen schelpen gevonden in de Van Veenmonsters (veld F). In gebied G komen schelpen voor met een gemiddelde dichtheid van 101 kg/m³. Dit gebied heeft een andere reflectie dan de vlekken A tot en met E, maar de precieze contouren zijn niet duidelijk. Het gewogen gemiddelde van de schelpendichtheid in de vlekken A tot en met E is 102 kg/m³.

3.1.5 Zuidoost Lauwers

De resultaten van de bemonsteringen in de Zuidoost Lauwers staan in tabel 5. Figuur 8 geeft de ligging van de met sonar waargenomen vlekken en de gevonden schelpendichtheden in de Van Veenmonsters weer. In de Zuidoost Lauwers is 150 km gevaren met sonar. De gevaren raaien bestrijken een stuk geul van 8 km lengte en 500 m breedte. Gedeelten van de Zuidoost Lauwers zijn twee maal gevaren. Voor de interpretatie zijn de duidelijkste beelden gebruikt: dat wil zeggen de beelden met het meeste contrast. In dit langgerekte gebied liggen tegen de buitenkant van de geul vele nuances in sonarreflectie. Uit figuur 8a blijkt geen duidelijk verschil tussen de vlekken of tussen de vlekken en het op de sonarbeelden verkregen egale gebied. De logaritmische waarden van de schelpdichtheden, figuur 8b, laten duidelijker te zien dat de vlekken meer schelpen bevatten dan de gebieden buiten de vlekken. Grofweg bevatten de locaties binnen de vlekken > 20 kg/m³ schelpen en buiten de vlekken < 20 kg/m³.

De contrastrijke, schelpenhoudende vlekken zijn 100-300 m breed. In de Zuidoost Lauwers is de totale oppervlakte van de vlekken gemeten. De oppervlakten van de afzonderlijke vlekken zijn niet bepaald, omdat de grenzen van de vlekken pas goed zijn gedefinieerd na het nemen van de monsters. In totaal is in de Zuidoost Lauwers 86 ha schelpenhoudende vlekken gevonden met gemiddeld 94 kg schelpen per m³ in de vlekken (rekenkundig gemiddelde; n=98; standaarddeviatie = 77).

3.1.6 Stortemelk

In de Stortemelk zijn 3 raaien van in totaal 5 km met sonarapparatuur gevaren. De hoeveelheid sonaropnamen zijn in dit gebied beperkt gehouden, omdat het in eerste instantie buiten de planning viel (zie paragraaf 2.2). In het gevaren gebied in de Stortemelk, ten noorden van Vlieland in de Noordzee, zijn geen duidelijke verschillen in sonarreflecties waargenomen. Direct na de sonaropnamen zijn 6 monsters met de Van Veenhapper genomen. De meeste monsters bestonden nagenoeg 100% uit zand. Eén monster bestond voor 50 volume% uit kokkelschelpen. In de Stortemelk zijn geen uitgezeefde monsters gewogen. Een schelpengehalte van 50 % komt overeen met 300 kg/m³ (zie ook paragraaf 2.3).

3.1.7 Terschelling Noordzee

Ten noorden van Terschelling zijn in de Noordzee loodrecht op de kust, ongeveer ter hoogte van strandpaal 25, 3 evenwijdige raaien van 5 km gevaren (voor ligging zie figuur 1). Er zijn hier geen verschillen in sonarreflecties waargenomen. Er zijn direct na de sonaropnamen 7 monsters met de Van Veenhapper genomen. De happeren bestonden voor 100 % uit zand met enkele levende *spisula*'s (max. 7 exemplaren). In dit gebied zijn geen uitgezeefde monsters gewogen.

3.2 Schelpenvoorkomens in de bodem

Het subbottom onderzoek is beschreven door Laban *et al.* (2000).

Aan de hand van karakteristieken op de seismische lijnen van de X-staropnamen zijn verschillende akoestische eenheden gedefinieerd, waarvan de ruimtelijke verbreiding op een kaart is weergegeven (Laban *et al.* 2000). De eenheden (unit 4 en 5 in Laban *et al.* 2000) met de hoogst waargenomen schelpenpercentages (10-30%) liggen beiden in de buitenbochten van geulen, respectievelijk van de Vliestroom en de Westmeep. Tabel 8 geeft een overzicht van lithologische kenmerken in de boringen (uit Laban *et al.* 2000).

In de Westmeep zijn 38 boringen van wisselende diepten gezet, maximaal 5,8 meter. In bijlage 2 is een tabel opgenomen uit Laban *et al.* (2000) die een overzicht geeft van de lithologische kenmerken in de boringen. Hieruit blijkt dat 78 % van de totale inhoud van alle boorkernen schelpen bevat met een gehalte < 1 %; 18 % (verdeeld over 19 boringen) bevat 1-10 % schelpen en 4 % van de totale inhoud van de boorkernen (verdeeld over 9 boringen) bevat >10 % schelpen. Het gemiddelde gehalte aan schelpen in de boorkernen is 2 %. Dit percentage is gebaseerd op de formule $\Sigma(\text{laagdikte} \times \text{schelpenpercentage}) / \Sigma \text{laagdikten}$. (Voor de berekening is <1% gesteld op 0,5 % ; 1-10% is gesteld op 5%; 10-30% is gesteld op 20%; voor >30% is gerekend met 30%). (N.B.: Aangezien de boringen niet willekeurig geplaatst zijn en niet elke boring even diep is gezet, illustreren deze cijfers de lage schelpdichtheden in de Westmeep en is het niet correct deze gemiddelden te gebruiken voor een berekening van het schelpvoorkomen; tevens is bij de berekening geen rekening gehouden met het wel of niet aangeboorde schelploze Pleistoceen.)

In 17 boringen is het Pleistoceen in de vorm van zand of keileem aangetroffen. In deze afzettingen bevinden zich geen schelpen.

Veelal komen de schelpen en schelpenresten in nestjes of laagjes voor. Dikkere schelpenhoudende lagen zijn in een aantal boringen aangetroffen. Op locatie 1 in de Vliestroom is in het gehele aangeboorde pakket met een dikte van 4,09 m 1 tot 10 % schelpen aangetroffen, met van 0,58 tot 0,73 m een laag met een percentage van 10 tot 30%. Op locatie 8 in de Noordmeep is een 3,60 m dik pakket aangeboord met een afwisseling van <1, 1-10 en 10-30%. Op locatie 16 in de Vliestroom is een 4,50 m dik pakket aangeboord met eveneens een afwisseling van 0, <1, 1-10 en 10-30%. Vergelijkbare pakketten zijn aangeboord op meerdere locaties.

Uit de boorbeschrijvingen blijkt dat de lagen met <1% schelpen gemiddeld 173 cm dik zijn (n= 48; standaarddeviatie is 166 cm; minimum laagdikte 2 cm; maximum laagdikte 580 cm).

De lagen met 1-10% schelpen gemiddeld 102 cm dik zijn (n=26; standaarddeviatie is 92 cm; minimum laagdikte 10 cm; maximum laagdikte 350 cm).

De lagen met 10-30% schelpen zijn beduidend minder dik: gemiddeld 41 cm (n=13; standaarddeviatie is 43 cm; minimum laagdikte 7 cm; maximum laagdikte 150 cm).

In de boringen is één laag met meer dan 30% schelpen. Deze is 20 cm dik.

Uit vergelijking van de boringen met de seismische opnamen blijkt dat vooral overgangen tussen zand, klei en veen goede reflectoren opleveren. Het impedantieverschil (dat bepalend is voor de hoeveelheid teruggekaatste geluidsenergie) tussen zandlagen met weinig of geen schelpen en lagen met meer schelpen is te gering om goede reflectoren op te leveren.

Er is geen berekening gemaakt van de massa aan schelpen die aanwezig is in de West- en Noordmeep. (zie ook hoofdstuk 6).

4 Discussie

4.1 Locaties van schelpenbanken op de bodem

Uit de resultaten van het sonaronderzoek valt af te leiden dat de schelpenbanken aan het bodemoppervlak van de Spruit en de Zuidoost Lauwers voorkomen langs de geulranden, in de buitenbocht van de geul. Met de X-star zijn aan het bodemoppervlak hoge schelpenconcentraties (10-30 %) gevonden aan de zuidkant van de Westmeep. Ook dit ligt in een buitenbocht van de geul.

Deze bevindingen komen overeen met Cramer (1998): "Uit gesprekken met schelpenvissers blijkt dat schelpen te winnen zijn op plekken waar "de stroming in de wal loopt". Hierdoor ontstaat een schelpenval. Schelpen zakken ter plekke uit en kunnen gewonnen worden."

De buitenbochten van geulen zijn erosiegebieden. Uit de studie van De Vries (2000) blijkt echter dat in de relaties tussen schelpenvoorkomens en sedimentatie/erosie de correlatie zeer slecht is, terwijl verwacht werd dat er wel een correlatie aanwezig moest zijn. Bij die situatie is echter gebruik gemaakt van wingegevens op een veel grotere ruimtelijke schaal dan de sonarvlekken.

De stroken schelpen in de Vliesloot en de Oosterom liggen in de binnenbocht. In de Westmeep is een schelpenbank gevonden op de plek waar de Noord- en Zuidmeep samenstromen in de Westmeep.

Overeenkomsten en verschillen van gevonden schelpenvoorkomens op en in bovenste laag van de bodem

Om te bepalen of de resultaten van sonar en Van Veenhappen enerzijds en de X-star en boringen anderzijds met elkaar overeenkomen zijn de gegevens van het gebied waar beide methoden zijn gebruikt met elkaar vergeleken. Alleen in de Westmeep zijn zowel opnamen met sonar als met de X-star gemaakt.

Met sonar is aan de oostzijde van de Westmeep een schelpenbank aan het bodemoppervlak gevonden. De rest van het bodemoppervlak van het onderzochte deel van de Westmeep gaf geen reflectie op de sonarbeelden. Aan de rand van de met sonar gevonden vlek lag 1 NITG-boorpunt: ODW169: de bovenste laag van deze boring bestaat uit zeer fijn zand met een spoor schelpfragmenten en schelpen. Dat de schelpenconcentratie zo laag is kan komen, omdat het punt aan de rand van de vlek ligt.

Met sonar is een kleiner gedeelte van de Westmeep onderzocht dan met X-star en boringen. In het met sonar onderzochte gebied liggen 12 boringen met de NITG-nummers ODW-166 tot en met ODW-177. In de lagen aan het bodemoppervlak van 4 van deze boringen zijn schelpen in een geschatte dichtheid van 1-10 % aangetroffen (Laban *et al.* 2000). Met sonar zijn deze locaties niet als contrastrijke gebieden waargenomen. In de rest van de boringen kwam aan het bodemoppervlak minder dan 1 % schelpen voor.

Aan zuidkant van de Westmeep zijn in de boringen schelpen aan het bodemoppervlak gevonden in een dichtheid van 10-30 %. Met sonar zijn deze schelpen niet gedetecteerd, hetgeen echter wel verwacht zou worden. Niet bekend is waarom deze schelpen met sonar niet gevonden zijn.

Geconcludeerd kan worden dat de overlap van beide methoden in slechts een klein gebied onvoldoende informatie geeft om een verband tussen sonar en Van Veenhappen enerzijds en X-star en boringen anderzijds vast te stellen.

4.2 De oppervlakten van schelpenbanken op de bodem

De oppervlakten van de met sonar gevonden schelpenbanken variëren van 6,8 ha in de Oosterom tot 86 ha in de Zuidoost Lauwers. De totale oppervlakten van schelpenbanken per onderzoeksgebied staan vermeld in tabel 7. De smalle stroken met schelpen in de Vliesloot en Oosterom zijn ongeveer 50-60 m breed.

Tabel 7 Gewogen gemiddelde schelpenconcentraties binnen en buiten de met sonar waargenomen contrastrijke vlekken in kg/m³ en volumepercenten; schelpenconcentraties bepaald m.b.v. Van Veenhapper. De gemiddelde concentratie is gewogen naar de oppervlakten van de afzonderlijke vlekken in kg/m³ en volumepercenten. * = rekenkundig gemiddelde (niet gewogen: niet voldoende gegevens beschikbaar; n=98; standaarddeviatie = 77).

	Totaal oppervlakte vlekken ha	min. conc. in vlekken kg/m ³	max. conc. in vlekken kg/m ³	gem. conc. in vlekken kg/m ³	gem. conc. in vlekken %	Gem. conc. buiten vlekken kg/m ³	gem. conc. Buiten vlekken %
Vliesloot	15,6	0	327	220	37	35	6
Westmeep	10,6	0	269	85	14	22	3.7
Oosterom	6,8	11	229	63	10	99	16.5
Spruit	17,0	0	238	102	17	0	0
Zuidoost Lauwers*	86,0	0	372	94	15	21	3.5
Som/gemiddelde	136,0			113	19	35	6

4.3 Schelpenconcentraties binnen en buiten de banken op de bodem

Volgens Beukema (1982) weegt 1 m³ kokkelschelpen 600 kg. In tabel 7 is hier van uitgegaan om de schelpenconcentraties in de Van Veenmonsters om te rekenen van kg/m³ naar percentages schelpen. Hierbij is aangenomen dat de pakking van schone schelpen vergelijkbaar is met de pakking van de schelpen in de monsters: dat wil zeggen dat een visuele waarneming van 1 m³ met x % schelpen in de monsters overeenkomt met $x/100 \cdot 600$ kg schone schelpen.

In de Oosterom is de gemiddelde schelpenconcentratie buiten de vlekken opvallend hoog (99 kg/m³). Dit wordt vooral veroorzaakt door 1 monster dat tussen 2 dichtbij elkaar liggende vlekken lag, met een schelpenconcentratie van 261 kg/m³. Waarschijnlijk hoort dit punt binnen de vlek in plaats van er buiten. De aanwezigheid van veel slib en stenen in de Oosterom zijn de oorzaak van lage schelpenconcentraties in de vlekken.

Als de resultaten van de Oosterom buiten beschouwing worden gelaten, komen schelpen binnen de sonarvlekken voor in een dichtheid van 85 tot 125 kg/m³ ofwel 15-20 %. Buiten de vlekken zijn schelpen gevonden tussen 0 en 35 kg/m³: van 0 tot 6 %.

Gevonden schelpenconcentraties vergeleken met wingegevens

De gevonden schelpenconcentraties in de sonarvlekken zijn vergeleken met concentraties in winbare schelpenbanken en met de wingegevens verzameld door De Vries (2000). Berekend is of de sonarvlekken voldoende schelpen bevatten om interessant te zijn voor winning.

Schelpen zijn winbaar wanneer deze in een bepaalde concentratie voorkomen. Cramer (1998) noemt minimaal 20 % procent schelpen. Volgens een grove schatting van de heer A. Brijdel (Blauw Verlaat b.v.: mondelinge mededeling in notulen van derde bijeenkomst van de begeleidingsgroep Vervolgonderzoek schelpenwinning d.d. 2 oktober 2000) is 5-10 % schelpen voldoende voor winning. Dit komt overeen met 30 tot 60 kg/m³. De met sonar gevonden schelpenbanken zijn dus geschikt voor winning (zie ook tabel 7).

De gevonden schelpendichtheden in de sonarvlekken zijn vergeleken met de dichtheden in winlocaties. Uit deze vergelijking kan blijken of de gevonden percentages aansluiten bij de gewonnen hoeveelheden. Hiervoor zijn enkele mogelijke extremen berekend. Hiervoor is gebruik gemaakt van de bekende hoeveelheden gewonnen schelpen in de winlocaties. In de Westmeep zijn tussen 1970 en 1999 in 20 jaren schelpen gewonnen: totaal 162.996 m³ (De Vries 2000). De oppervlakte van het wingebied is 427.066 m². Onbekend is welk gedeelte van het wingebied jaarlijks is doorzocht op schelpen. Stel de hele oppervlakte is in deze jaren 1 maal doorzocht tot een diepte van 2 m. De hoeveelheid gewonnen schelpen bedraagt 162.996 m³ * 600 kg /m³ = 97.797.600 kg. De oorspronkelijke schelpendichtheid was 97.797.600 kg / (427.066 m² * 2 m) = 115 kg/m³. Dit is op te vatten als een bovengrens.

Stel nu dat het hele wingebied elk winjaar is doorzocht: de oorspronkelijke schelpendichtheid bedroeg dan 115 kg/m^3 gedeeld door 20 winjaren is 6 kg schelpen per m^3 .

De werkelijke schelpendichtheid zal tussen de 6 en de 115 kg/m^3 hebben gelegen. Dit komt overeen met 1 % tot 20 % schelpen (uitgaande van 600 kg schelpen per m^3). Deze berekende dichtheden komen redelijk overeen met de dichtheden die in de Van Veenmonsters zijn gevonden (tabel 7).

Op dezelfde manier is voor de Vliesloot berekend dat de oorspronkelijke schelpendichtheid tussen de 20 en 300 kg/m^3 moet hebben gelegen. Dit komt overeen met 3% tot 50%. Dit zijn ruimere grenzen dan de in de veldinventarisatie gevonden 15-20%.

Geconcludeerd kan worden dat de met de Van Veenhapper gevonden schelpendichtheden aangeven dat de sonarvlekken winbare hoeveelheden schelpen bevatten. Buiten de sonarvlekken komen in de Vliesloot ook winbare hoeveelheden voor. De hoge concentratie schelpen buiten de vlekken in de Oosterom hoort waarschijnlijk binnen de vlekken thuis.

4.4 Locatie van schelpenbanken in de bodem

Aan de hand van karakteristieken op de seismische lijnen van de X-staropnamen zijn verschillende akoestische eenheden gedefinieerd, waarvan de ruimtelijke verbreiding op een kaart is weergegeven (Laban *et al.* 2000). De eenheden (unit 4 en 5) met de hoogst waargenomen schelpenpercentages (<1-30%) liggen beiden in de buitenbochten van geulen, respectievelijk van de Vliestroom en de Westmeep. De grootte van schelpenbanken in de bodem is niet bepaald. Hiervoor is een uitgebreidere analyse van de resultaten nodig. Zie hiervoor de aanbevelingen in hoofdstuk 6.

Aan de noordzijde van de Westmeep zijn prograderende structuren waargenomen. Onder prograderende structuren (opvullingen van oude geulen) in de binnenbocht van een geul liggen gewoonlijk geulbodemaafzettingen (channel lags). In de Westmeep liggen in het gebied met prograderende structuren drie boringen, waarvan bij twee boringen schelpen in een concentratie van 1-10% aan het oppervlak voorkomen. Slechts in 1 boring is de Pleistocene laag aangeboord. Als de oude geulbodem schelphoudende lagen heeft doorsneden mag verwacht worden dat onder de channel lags schelpen liggen. Deze zijn niet aangetroffen. De channel lags bevinden zich waarschijnlijk op dezelfde diepte als de huidige geulbodem en liggen wellicht te diep om overal zichtbaar te zijn op de X-starbeelden en aanwezig te zijn in de boringen. De X-starbeelden, in combinatie met de boorbeschrijvingen moeten echter nader bestudeerd worden om een uitspraak te kunnen doen over het voorkomen van schelpen onder channel lags.

4.5 Schelpenconcentraties in de bodem

De schelpenconcentratie in de bodem tot een diepte van 6 m is bepaald door middel van boringen. Het schelpengehalte is in de meeste boorkernen laag, over het algemeen <1% en 1-10%. De percentages met 1-10, 10-30 en >30% schelpen komen over het algemeen voor in dunne lagen tussen lagen met een schelpengehalte van <1 %. Gemiddeld bestaat 2% van het materiaal in de boorkernen (met een maximale diepte van 6 m) uit schelpen. (N.B.: Aangezien de boringen niet willekeurig geplaatst zijn en niet elke boring even diep is gezet, illustreren deze cijfers de lage schelpdichtheden in de Westmeep en is het niet correct deze gemiddelden te gebruiken voor een berekening van het schelpvoorkomen; tevens is bij de berekening geen rekening gehouden met het wel of niet aangeboorde schelploze Pleistoceen.)

Schelpen komen voor in de buitenbocht van een geul, omdat ofwel schelphoudende lagen zijn doorsneden, waarbij het zand is weggespoeld en de schelpen blijven liggen, ofwel de schelpen zijn van elders naar de betreffende locatie getransporteerd.

In dit onderzoek zijn in de buitenbochten de lagen met de hogere percentages schelpen aangetroffen. Dit betrof echter geen dikke lagen en/of hoge schelpengehalten. Dat zo weinig schelpen zijn aangetroffen kan meerdere oorzaken hebben. In de eerste plaats is het mogelijk dat de schelpen in

de kansrijke buitenbochten reeds zijn gewonnen. Een andere mogelijkheid is dat de buitenbocht van de Westmeep schelploze Pleistocene lagen hebben doorsneden in plaats van de verwachte schelprijke lagen. Dit zou betekenen dat er nooit heel veel schelpen hebben gelegen. Een nadere analyse van de gegevens kan ook hierover meer informatie verschaffen.

4.6 Dikte van de schelpenlagen in de bodem

Met behulp van sonar zijn schelpenbanken in kaart gebracht. Echter niet bekend is hoe dik deze schelpenbanken zijn. Met X-star en boringen is het in principe mogelijk de dikte van deze banken te bepalen. Van alle onderzochte gebieden zijn alleen in de Westmeep beide methoden gebruikt. In de bovenste laag van de enige boring in de met sonar gevonden schelpenbank in de Westmeep is de schelpenconcentratie echter zeer laag. Met deze beperkte informatie is het dus niet mogelijk de dikte van de met sonar gevonden schelpenbanken te achterhalen.

Alleen de boorbeschrijvingen in Laban *et al.* (2000) zeggen iets over de dikte van de schelpenlagen in het met de X-star onderzochte gebied. De seismische opnamen bevatten echter veel meer gegevens over het voorkomen van de verschillende lagen. Om deze informatie inzichtelijk te maken moeten de gegevens echter verder geanalyseerd worden (zie hiervoor de aanbevelingen in hoofdstuk 6).

Uit Laban *et al.* (2000) blijkt dat de lagen met de fractie minder dan 1 % schelpen gemiddeld 173 cm dik zijn. De lagen met 1-10% schelpen zijn gemiddeld 102 cm dik; De lagen met 10-30% schelpen zijn beduidend minder dik: gemiddeld 41 cm. In de boringen is één laag met meer dan 30% schelpen. Deze is 20 cm dik.

4.7 Hoeveelheid schelpen in de bodem

In dit onderzoek is het niet gelukt de schelpenvoorraad te kwantificeren. Hiervoor zouden de gegevens in een vervolgonderzoek nader geanalyseerd moeten worden. De oppervlakte en de dikte van de schelpenlagen moet hiervoor in een 3-dimensionale kaart worden gezet. Zie hiervoor ook de aanbevelingen in hoofdstuk 6. Het gevonden gemiddelde gehalte van 2% schelpen in de boorkernen mag niet gebruikt worden om de in de Waddenzee aanwezige hoeveelheid schelpen te berekenen (zie ook paragraaf 3.2).

4.8 Meetmethode

Sonar

- Bij de sonarmetingen is op grond van huidige inzichten gekozen voor een verwerkingsmanier, die gezien de te verwerken hoeveelheid data, behoorlijk arbeidsintensief bleek. Het maken van vlekkenkaarten aan de hand van niet tot mozaïekkaarten verwerkte sonarbeelden was lastig uit te voeren. Veelal ontbrak hiervoor het overzicht van het totale onderzochte gebied.
- De grenzen van de vlekken waren niet altijd duidelijk aan te geven: soms lagen vlekken aan de rand van het met sonar bekeken gebied. Een andere reden is dat grijstinten soms zo geleidelijk verlopen, dat een grens moeilijk te trekken is.
- Tijdens de sonaropnamen is de instelling van de apparatuur steeds bijgesteld, zodat ook bij een vlakke bodem een betere reflectie werd verkregen. Dit betekent dat niet elke grijstint op de sonarbeelden met een bepaalde reflectie correspondeert. Dit bemoeilijkt de interpretatie van de beelden.
- Met sonar kunnen vlekken met een hogere reflectie onderscheiden worden van vlekken met een lagere reflectie. Vlekken waar mogelijk schelpen liggen kunnen hiermee worden aangegeven. Controle van de vlekken met een hogere reflectie met een Van Veenhapper is noodzakelijk. Soms blijken niet schelpen, maar stenen of zandribbels de reden van hogere reflectie dan de omgeving.
- De op de sonarbeelden vlakke gebieden bevatten over het algemeen weinig schelpen. Sommige gebieden die op de sonarbeelden vlak waren bleken in tegenstelling tot de verwachting, wél schelpen te bevatten. Dit was bijvoorbeeld het geval in de Oosterom. In het algemeen is met sonar goed te zien waar geen schelpen liggen.

Van Veenhapper

- De gebruikte Van Veenhapper is verzwaard en voorzien van tanden. Gezien de soms sterke stroming in het water en de harde bodem was dit zinvol. Vooral bij harde zandbodems was het soms lastig een goed monster te nemen. De aanwezigheid van tegengestelde richting van de stroming van het water en harde wind maakte het lastig om het schip op positie te houden en de Van Veenhapper niet onder het schip te laten komen of plat te laten slaan. Dit gebeurde bijvoorbeeld bij afgaand water en een sterke noordwestelijke wind. Bij een niet-verzwaarde happer zou de happer vaker plat zijn geslagen bij een sterke stroming.
- Het gebruik van zeven met een maaswijdte van 5 mm bleek meestal goed te functioneren bij het uitspoelen van monsters met een zandbodem. Monsters van een kleibodem waren lastig uit te spoelen. Bij monsters met relatief veel gruis was een 5 mm-zeef te grof. Deze monsters zijn overgebracht op een 1 mm-zeef. Voor de meeste monsters zou een 10 mm zeef ook goed kunnen werken: het uitspoelen gaat dan sneller en nagenoeg alle schelpen blijven er op liggen.

X-star

Het met de X-star waargenomen impedantieverschil tussen lagen met weinig of geen schelpen en lagen met meer schelpen is vaak te gering om verschillende lagen te onderscheiden. De schelpenhoudende lagen zijn hierdoor moeilijk te onderscheiden van de schelploze lagen (Laban *et al.* 2000). Met X-star zijn door het hierboven genoemde geringe impedantieverschil zeer waarschijnlijk niet alle aanwezige schelpenlagen zichtbaar gemaakt. Een seismische methode zou bij hogere schelpenconcentraties veel duidelijkere resultaten opleveren. Een andere reden dat schelpenlagen niet altijd zichtbaar zijn gemaakt is dat lagen met meer dan 10% schelpen soms dunner zijn dan de verticale resolutie van 30 cm.

Het schatten van de percentages schelpen in de boorkernen is niet eenvoudig. Door de gevolgde standaardprocedure kunnen de gehalten tussen bijvoorbeeld 1 en 10% zowel bij 1 of bij 10 % liggen (Laban *et al.* 2000). Met het zeven en wegen van de monsters in de boorkernen kunnen de gevonden percentages gekwantificeerd worden. Dit is echter niet uitgevoerd.

5 Conclusies

5.1 Schelpenvoorkomens aan het bodemoppervlak

Uit de veldinventarisatie blijkt dat schelpenbanken aan het bodemoppervlak in de Westmeep, Spruit en Zuidoost Lauwers voorkomen in de buitenbochten aan de randen van de geul. In de Vliesloot en de Oosterom liggen schelpen in de binnenbocht. In de Westmeep bevindt zich een schelpenbank waar de Noord- en Zuidmeep in de Westmeep samenstromen. De oppervlakte van de gevonden schelpenbanken op de bodem varieert van 6 tot 86 ha.

Binnen de schelpenbanken komen schelpen voor met een dichtheid van 85 tot 220 kg/m³, oftewel 15-37%. Buiten de gevonden schelpenbanken is de schelpendichtheid 0 tot 35 kg/m³. Dit komt overeen met 0-6%. Schelpen zijn winbaar als ze voorkomen met een gehalte van 5-10 %. De met de Van Veenhapper gevonden schelpendichtheden geven aan dat de met sonar gevonden schelpenbanken winbare hoeveelheden schelpen bevatten. Buiten de sonarvlekken komen in de Vliesloot ook winbare hoeveelheden voor.

De overlap van sonar en Van Veenhappen enerzijds en X-star en boringen anderzijds in slechts een klein gebied in de Westmeep geeft onvoldoende informatie om een verband tussen beide methoden vast te stellen.

5.2 Schelpenvoorkomens in de bodem

De oppervlakten van schelpenbanken in de bodem is niet bepaald. Wel is een kaart beschikbaar met de ruimtelijke verspreiding van verschillende akoestische eenheden. Tevens zijn 38 boringen, verdeeld over het onderzochte gebied, tot een diepte van maximaal 6 m in de bodem beschreven (Laban *et al.* 2000). Lagen met schelpenconcentraties tot 30% komen voor aan de zuidzijde van de Westmeep en aan de oostzijde van de Vliesloot. Deze gebieden liggen beiden in de buitenbochten van de geulen.

In de meeste boorkernen is het schelpengehalte laag, over het algemeen <1 en 1-10%. De hogere percentages komen voor in dunne lagen tussen lagen met een schelpengehalte van <1%. Uit Laban *et al.* (2000) blijkt dat de lagen met de fractie minder dan 1 % schelpen gemiddeld 173 cm dik zijn. De lagen met 1-10% schelpen zijn gemiddeld 102 cm dik; De lagen met 10-30% schelpen zijn beduidend minder dik: gemiddeld 41 cm. In de boringen is één laag met meer dan 30% schelpen aangetroffen. Deze is 20 cm dik. De top van het Pleistoceen vormt de basis van het schelpenhoudend pakket.

Gemiddeld bestaat 2 % van het materiaal in de boorkernen uit schelpen. Aangezien de boorkernen niet steekproefsgewijs genomen zijn mogen de percentages zonder gebruik te maken van de seismische gegevens niet gebruikt worden voor de berekening van de winbare hoeveelheid schelpen in de Westmeep, laat staan in de hele Waddenzee.

Om de schelpenvoorraad in de onderzochte gebieden te kunnen kwantificeren zouden de seismische gegevens in een vervolgonderzoek nader geanalyseerd moeten worden. De oppervlakte en de dikte van de schelpenlagen moet hiervoor in een 3-dimensionale kaart worden gezet.

6 Aanbevelingen

Opsporen schelpenconcentraties aan het bodemoppervlak:

- Bij eventuele volgend gebruik van sonar zou een mozaïekpresentatie van alle sonarbeelden behulpzaam zijn voor een goede interpretatie en selectie van monsterpunten. Een mozaïek geeft een overzicht van alle gevaren raaien in het gebied. De Meetkundige Dienst heeft geen ervaring in en mogelijkheden voor het maken van mozaïeken. In Nederland kan het bedrijf NeSA (gevestigd in Rotterdam) deze presentatie maken.
- Om dezelfde grijstinten met elkaar te kunnen vergelijken en zo het intekenen van vlekken te vergemakkelijken zouden instellingen van de sonarapparatuur tijdens de meting niet mogen wijzigen. Proefopnames moeten uitwijzen welke instellingen het meest geschikt zijn. Voor een eindpresentatie zou het mozaïek op een kaart met dieptelijnen, schelpenwingebieden en monsterpunten kunnen worden geprojecteerd. (bron: Rijkswaterstaat Meetkundige Dienst 2000). Een risico van een vaste instelling is dat op grote gebieden geen contrast te zien is.

Opsporen schelpenconcentraties in de bodem

- De schelpenvoorkomens in de boorkernen zijn beschreven als volumepercentages. Hierbij is een standaard indeling gebruikt: 0; <0.01; <1; 1-10%; 10-30%; > 30%. Om deze beschrijving kwantitatief te maken, zouden de in de boorkernen onderscheiden schelpenhoudende lagen over een 5 mm zeef uitgespoeld en vervolgens gewogen kunnen worden. De geschatte percentages kunnen dan omgezet worden in kg/m^3 .
- In de opdracht aan NITG-TNO was te weinig ruimte om de seismische opnamen en de boringen zo uitvoerig uit te werken dat een kwantificering van het schelphoudend pakket mogelijk is. Het NITG-TNO (Laban *et al.* 2000) adviseert hiertoe de seismische opnamen fysisch geheel te interpreteren, vervolgens te digitaliseren en in een 3-D hekwerkdigram te verwerken. Hierdoor wordt een goed inzicht verkregen in de ligging van de Pleistocene afzettingen en de dikte van het er boven liggende Holocene, plaatselijk schelpenhoudende pakket.

Literatuurlijst

- Beukema, J.J., 1982. Calcimass and carbonate production by molluscs on the tidal flats in the Dutch Wadden Sea: II The edible cockle, *Cerastoderma edule*. Neth. J. Sea. Res. 15 (3/4) p. 391-405.
- Cramer, A., 1998. Beschikbaarheid van schelpen voor schelpenwinning. RIKZ. 24 pp.
- Dobben, A.B. van, 2000. Schelpenbanken in de Nederlandse Waddenzee. Literatuur- en bronnenstudie naar schelpenbanken van source tot sink. 18pp + bijlage.
- Laban, C, P.C.M. van der Klugt, P.T.J. Kok en P.J. Frantsen, 2000. Geologisch onderzoek t.b.v. project "Vervolgonderzoek Schelpenwinning". Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO. TNO-rapport NITG-00-202C. In opdracht van Rijkswaterstaat, Directie Noord-Nederland. 11 pp + bijlagen.
- Landelijke Beleidsnota Schelpenwinning, 1998. Ministerie van Verkeer en Waterstaat, Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat, Hoofdkantoor van de Waterstaat, Den-Haag. 31 pp.
- Leeuw, J.J. de, 1992. Het gebruik van side-scan sonar voor het inventariseren van driehoeksmossels. Rijkswaterstaat, directie Flevoland Werkdocument 1992-21 Lio, 41 pp.
- Reijngoud, T.T., K. Essink, J. de Vlas, 1999. Projectplan vervolgonderzoek schelpenwinning. 20 pp. RWS, directie Noord-Nederland.
- Rijkswaterstaat Meetkundige Dienst, afdeling Mariene Geodesie (GAM), 2000. Sonarmetingen op de Waddenzee. In opdracht van de Meetdienst Noord-Nederland. Projectnummer 17850 A 4pp.
- Kinneging, N.A., 1999. Bottom classification at the IJsselmeer. Rijkswaterstaat, Meetkundige Dienst, rapportnummer MDGAP - 9925, 51pp +31pp.
- Vereniging van Nederlandse Schelpenvissers, 1986. Schelpenvissen. Amsterdam, 9 pp.
- Vries, S. de, 2000. Vervolgonderzoek schelpenwinning Waddenzee. Kansrijke gebieden voor schelpen-accumulaties en koppeling met grootschalige fysische kenmerken. Geo Plus bv Muntendam in opdracht van Rijksinstituut voor Kust en Zee. 17 pp., 45 figuren en appendix met 22 kaarten.
- Weessies, M., 2000 a. Meetverslag Sonaropnames SCHELPWI. Meetdienst Directie Noord-Nederland, 17pp.
- Weessies, M., 2000 b. Meetverslag Sub-bottom opname SCHELPWI. Meetdienst Directie Noord-Nederland, 4pp.

Tabellen en Figuren

Tabel 1

Coördinaten en resultaten Van Veenhappen in Vliesloot: monstervolume, dichtheid van schelpen in het monster in kg schelpen per m³ bodem en omschrijving van het monster

Meetdienst				Bodemmonstering t.b.v.				Meeteider/waarnemer: M.D. Hansen	
Postbus 20003,9930 PA, Delfzijl				Sonaropname schelpenbanken				Datum: 13 - 06 - 2000	
Duurswoldlaan 2, 9936 HA, Farmsum								Gebied: Vliesloot	
Locatie	Positie		Hapdiepte	Volume	Schelp- gewicht	schelp- fractie	gem. schelp- fractie/ vlek	Omschrijving monster	
X	Y	cm	dm3	kg	kg/m3	kg/m3	kg/m3		
A1	136427	590825	10	11.0	0.05	4.55	70.92	Grof zand met fijn schelpengruis. kokkel spisula.	
A2	136171	590605	21	36.0	9.40	261.11		Grof zand met veel wat groffer schelpengruis.90% kokkel 20% spisula.	
A3	136152	590402	19	31.0	0.30	9.68		Grof zand, fijn schelpen gruis, kokkel en spisula schelpengruis.	
A4	136175	590270	16	24.0	0.20	8.33		Grof zand, fijn schelpen gruis, kokkel en spisula schelpengruis.	
B1	136442	590692	19	31.0	8.50	274.19	276.00	Grof zand met schelpengruis. 75% kokkel 25% zaagje, wulk, oester.	
B2	136325	590608	22	37.0	12.10	327.03		Grof zand met schelpengruis. 85% kokkels, 15% spisula.	
B3	136357	590492	23	38.0	7.20	189.47		Grof zand met schelpengruis. 85% kokkels, 15% spisula.	
B4	136233	590400	18	28.0	6.50	232.14		Grof zand met schelpengruis. 85% kokkels, 15% spisula, oester.	
B5	136399	590353	18	28.0	10.00	357.14		Grof zand met schelpengruis. 90% kokkels, 10% spisula, mossel en oester.	
C1	133334	589241	16	24.0	0.00	0.00	95.06	Slibhoudend zand. Veel kokenwormen, niet uit te spoelen. 80% kokkel, 20% mossel.	
C2	133242	589110	16	24.0	1.50	62.50		Slib met slibhoudend zand. 5 stenen,enkele heremietkreeftjes. 80% kokkel, 20% mossel.	
C3	133156	588947	23	38.0	0.00	0.00		Slib met slibh. zand. Zeer veel kokenwormen, niet uit te spoelen.70% kokkel, 30% mossel.	
C4	133096	588781	9	9.0	1.50	166.67		Zand. 90% kokkel, 10% mossel, mya, alikruik.	
C5	132950	588591	11	13.0	3.20	246.15		Zand, geen gruis. 95% kokkel, 5% mya, mossel, alikruik.	
D1	133365	589161	17	26.0	0.00	0.00	0.00	Zand met sliblaagje.	
D2	133272	589019	12	15.0	0.00	0.00		Zand.	
D3	133191	588873	15	22.0	0.00	0.00		Zand met sliblaagje. Neries, enkele macoma's.	
D4	133119	588689	9	9.0	0.00	0.00		Zand met sliblaagje. Enkele levende macoma's.	
D5	133027	588546	13	17.0	0.00	0.00		Zand met sliblaagje. Enkele kokkelschelpen.	

Tabel 2

Coördinaten en resultaten Van Veenhappen in Westmeep: monstervolume, dichtheid van schelpen in het monster in kg schelpen per m³ bodem en omschrijving van het monster

Meetdienst			Bodembemonstering t.b.v.			Meetleider/waarnemer: M.D. Hansen		
Postbus 20003,9930 PA, Delfzijl			Sonaropname schelpenbanken			Datum: 13 - 06 - 2000		
Duurswoldlaan 2, 9936 HA, Farnsum						Gebied: West Meep		
Locatie	Positie		Hapdiepte	Volume	schelp- gewicht	schelp- fractie	gem. schelp- fractie/vlek	Omschrijving monster
X	Y		in cm	in dm ³	in kg	in kg/m ³	in kg/m ³	
A1	146076	590862	10,00	11,0	1,10	100,00	78,22	Zand,95% kokkels,5%ensis,mosselen,spisula, levende annemoon.
A2	146114	590943	11,00	13,0	0,00	0,00		Zand,enkele spisula schelpen.
A3	146218	590971	8,00	7,5	0,60	80,00		Slibhoudend zand, 95% kokkels,5% mossel,ensis,spisula, levende neries en annemoon.
A4	146216	591053	9,00	9,0	0,70	77,78		Zand,95% kokkels,5%ensis,mosselen,ensis,spisula, (veel gruis), levende neries.
A5	146337	591107	9,00	9,0	1,20	133,33		Zand,90% kokkels,10% mossel,ensis,spisula, (veel gruis).
B1	146136	590829	11,00	13,0	3,50	269,23	83,85	Zand, 99% kokkel, 1% mossel, mya,ensis, 2 anemonen.
B2	146302	590960	9,00	9,0	0,60	66,67		Zand, 95% kokkel, 5% ensis.
B3	146426	590995	9,00	9,0	0,30	33,33		Zand, 14 grote ensis schelpen, enkele neries.
B4	146450	591620	9,00	9,0	0,25	27,78		Zand, 10 grote ensis schelpen. annemoon.
B5	146547	591118	9,00	9,0	0,20	22,22		Zand, 12 grote ensis schelpen, enkele neries.
C1	146281	590985	12,00	15,0	3,45	230,00		Zand, 99% kokkels,1% ensis, mossel en spisula.
D1	146497	590927	9,00	9,0	0,00	0,00	22,22	Zand, enkele kokerwormen, geen schelpen.
D2	146158	590721	9,00	9,0	0,00	0,00		Zand, geen schelpen.
D3	145887	590815	11,00	13,0	0,00	0,00		Laagje slib op zand, neries, enkele kokkel schelpen.
D4	146023	591113	10,00	11,0	0,00	0,00		laagje slib op zand, geen schelpen.
D5	146203	591199	9,00	9,0	1,00	111,11		Zand, 70% kokkel,30% grote ensis schelpen, boormossel en mossel.

Tabel 3

Coördinaten en resultaten Van Veenhappen in Oosterom: monstervolume, dichtheid van schelpen in het monster in kg schelpen per m³ bodem en omschrijving van het monster

Meetdienst			Bodemmonstering t.b.v.			Meetleider/waarnemer: M.D. Hansen		
Postbus 20003,9930 PA, Delfzijl			Sonaropname schelpenbanken			Datum: 14 - 06 - 2000		
Duurswoldaan 2, 9936 HA, Farmsum						Gebied: Oosterom		
Locatie	Positie		Hapdiepte	Volume	Gewicht	schelp- fractie	gem. schelp- fractie/vlek	Omschrijving monster
X	Y	in cm	in dm ³	in kg	kg/m ³	gem. kg/m ³		
A1	145200	596319	13,00	17,00	0,00	0,00	42,91	Slib met zeer veel wier. enkele kokkelschelpen.
A2	145330	596283	14,00	19,00	0,00	0,00		Slibhoudend zand met zeer veel wier. enkele kokkelschelpen.
A3	145504	596174	11,00	13,00	1,40	107,69		Zand, 100% schone "witte" kokkel schelpen.
A4	145625	596095	13,00	17,00	0,00	0,00		Zand met laagje sib. enkele kokkel schelpen.
A5	145738	595996	12,00	15,00	0,40	26,67		Zand. 95% kokkel, 5% mossel, mya, alikruik. 2 levende kokkels.
A6	145921	595894	11,00	13,00	1,60	123,08		Slibhoudend zand. 100% kokkels en kokkelgruis ("oude gele" kokkelschelpen)
B1	145291	596358	9,00	9,00	0,10	11,11	40,87	Slibhoudend zand. 60% kokkels, 40% mossel, spissula en boormossel.
B2	145620	596167	13,00	17,00	0,35	20,59		Slibhoudend zand. kokkel, mossel, wulk, mya, alikruik, ensis en boormosselschelpen.
B3	145828	596039	15,00	22,00	2,00	90,91		Zand. 95% kokkel, 5% mossel, ensis, spissula. Zeester(Asterias), heremietkreeft.
C1	144633	596732	-	-	-	-		Stenen. Happer komt niet goed dicht boven (2x). Niet met van Veenhapper te bemonsteren.
C2	144699	596733	-	-	-	-		Zand met stenen. enkele kokkel-, mossel-, en ensisschelpen. Als C1
D1	144595	596626	18,00	28,00	6,40	228,57	199,01	Grof zand met gruis en schelpen. 85% kokkel, 15% mossel, mya, ensis, alikruik, spissula, oester
D2	144636	596589	21,00	36,00	6,10	169,44		Grof zand met gruis en schelpen. 80% kokkel, 20% mossel, mya, ensis, alikruik, spissula.
E1	144647	596671	17,00	26,00	6,80	261,54		Gof zand met gruis en schelpen. 80% kokkel, 20% mossel, mya, spissula, oester.
F 1	145459	596672	11,00	13,00	0,30	23,08	92,31	Slibhoudend zand, mosselschelpen, 1 levende mossel.
F 2	145525	596644	11,00	13,00	2,10	161,54		Zand met gruis. 50% kokkel, 50% mosselschelpen, spissula en oester. 25 levende mosselen.

Tabel 4

Coördinaten en resultaten Van Veenhappen in Spruit: monstervolume, dichtheid van schelpen in het monster in kg schelpen per m³ bodem en omschrijving van het monster

Meetdienst				Bodembemonstering t.b.v.			Meetleider/waarnemer: M.D.Hansen/M.Weessies	
Postbus 20003, 9930 PA, Delfzijl				Sonaropname schelpenbanken			Datum: 22 - 05 - 2000	
Duurswoldaan 2, 9936 HA, Farmsum							Gebied: Spruit	
Locatie	Positie		Hapdiepte	Volume	schelp- gewicht	schelp- fractie	gem. schelp- fractie/vlek	Omschrijving monster
	X	Y	in cm	in dm ³	in kg	in kg/m ³	in kg/m ³	
S00	23172.45	610586.49	21,5	36,50	3,80	104		zand, 95% kokkels 5% mosselen en diverse andere schelpen
G1	22961.40	610717.06	20,0	33,50	0,40	12	101	zand/slib/klei, paar kokkels (2 levend) en mosselen
G2	23006.84	610790.06	12,0	15,00	0,20	13		zand/slib, enkele kokkels (levend/dood, 50/50) en paar mosselen
G3	22996.59	610888.25	16,0	24,00	0,50	21		kleinig zand, kokkels(levend) mosselen/mosselgruis, 1 krab en 1 neries
G4	23082.86	610969.26	10,0	11,00	1,20	109		slibachtig zand, 70% kokkels (3 levend), 30% mossels
G5	23116.46	611173.82	7,0	6,00	1,90	317		zand, 50% kokkels mossels 50% en 1 krab
G6	23269.30	611474.71	23,0	38,00	4,70	124		zand, 95 % kokkels, 5% mossels
G10	23356.44	611880.42	23,0	38,00	5,90	155		zand met klei, 95% kokkels, 5% mossels/macoma veel gruis
G11	23409.99	612003.64	22,0	37,00	6,80	184		zand met klei, 95% kokkels, 5% mossels/macoma
G12	23479.40	612179.03	10,5	12,00	0,90	75		zand, kokkels/mossels (50/50) en 1 neries
G14	23618.43	612589.20	8,0	7,50	0,25	33		zand, kokkels (levend 50%), 2x neries, ensis
G15	23732.77	612793.08	7,0	6,00	0,40	67		zand, kokkels (levend 12), mya, mosselen en gruis
A16	23716.24	612635.14	15,0	22,00	0,75	34	44	zand met kleikorrels, kokkels (1levend), mossels en gruis
A17	23669.23	612595.50	11,0	13,00	1,15	88		zand, 1 krab, kokkels (13 levend) macoma, mosselgruis, ensis
A18	23649.05	612537.69	10,0	11,00	0,10	9		zand, kokkels (2 levend),gruis
E19	23701.77	612564.43	15,5	23,00	0,85	37	112	zand met kleideeltjes, 90% kokkels, 10% mossels/ macoma/ensis/mya
E21	23589.79	612273.38	21,0	36,00	3,70	103		zand, 90% kokkels, 10% mossels/ macoma/ensis en draadwier
B22	23533.72	612248.46	16,0	24,00	1,85	77	115	zand, 90% kokkels, 10% mossels/ macoma
B23	23539.84	612207.73	10,5	12,00	1,55	129		zand, 90% kokkels, 10% mossels/ macoma
B24	23540.53	612159.50	12,0	15,00	2,10	140		slib houdend zand met klei, 95% kokkels (1 levend), 5% mossels/ macoma/mya
E25	23529.14	612105.53	11,0	13,00	3,10	238		slib houdend zand met klei, 85% kokkels, 15% mossels/ macoma/ mya
C26	23492.10	612142.11	11,0	13,00	0,85	65	73	slib houdend zand met klei, 90% kokkels, 10% mossels en 1 krab
C27	23471.04	612067.59	7,0	6,00	0,75	125		zand en klei, 90% kokkels (1levend), 10% mossels/mya en gruis
C28	23439.24	611970.66	10,5	12,00	0,35	29		zand stank, 95% kokkels (1levend), 5% mossels/ macoma
E29	23469.06	611896.87	12,0	15,00	2,20	147		zand en klei, 95% kokkels, 5 % mossels/ macoma en veel gruis
E30	23356.15	611668.91	9,0	9,00	0,00	0		harde klei, 2 pogingen gedaan beide keren het zelfde resultaat, geen schelpen
E31	23298.66	611356.39	21,0	36,00	8,50	236		zand, 90% kokkels, 10% macoma/ mossels en 1 neries
E32	23263.33	611196.33	8,0	7,50	0,15	20		zand, 95% kokkels, 5% macoma/ mossels
D33	23146.73	611146.42	8,5	8,00	0,95	119	93	slibachtig zand,kokkels/mossels met pokken op enkele schelpen, 1 neries
D34	23083.47	611004.51	12,0	15,00	1,00	67		slib houdend zand, 95% kokkels, 5 % mossels/ macoma
F35	23998.51	612624.37	13,0	17,00	0,00	0	0	zand 100%, ensis met enkele mossel/macoma/mya, 2x neries en macomabroed
F36	23740.17	612203.19	11,0	13,00	0,00	0		zand 100% en geen schelpen
F37	23510.44	611789.86	10,0	11,00	0,00	0		zand 100% en geen schelpen
F38	23434.00	611410.28	10,0	11,00	0,00	0		zand, 14 macomabroedjes

Tabel 5

Coördinaten en resultaten Van Veenhappen in Zuidoost Lauwers: monstervolume, dichtheid van schelpen in het monster in kg schelpen per m³ bodem en omschrijving van het monster

Meetdienst			Bodembemonstering t.b.v.			Sonaropname schelpenbanken			Meetleder/waarnemer: M.D.Hansen/M.Weessies		
Postbus 20003,9930 PA, Delfzijl									Datum: 23 t/m 25 - 05 - 2000		
Duurswoldlaan 2, 9936 HA, Farmsum									Gebied: Zuid Oost Lauwers		
Locatie	Positie (RD-coörd.)		Hapdiepte	Volume	schelp- gewicht	gewicht/ volume	gem. schelp- fractie/vlek	Omschrijving monster			
	X	Y	in cm	in dm3	in kg	kg/m3	kg/m3				
A1	225468.00	610584.60	9	9	1	111	157	zand, 60% kokkels, 30% mya, 10% mossel			
A3	225476.15	610482.68	8	7.5	0.5	67		zand, 50% kokkels, 50% mossel/ mya			
A5	225526.63	610273.78	8	7.5	2.2	293		zand, kokkels 95 %, macoma/spisula 5% en 1 levende mossel			
B1	225537.47	610602.33	13	17	0.9	53	88	zand,kokkels 90% mossle mya spisula 10%			
B2	225549.74	610520.88	10	11	1.3	118		zand,kokkels 90% mossels mya ensis 10%			
B3	225527.85	610429.64	10	11	1.7	155		zand,kokkles 95% mossels mya 5%			
B4	225440.72	610407.95	12	15	1	67		silbhoudend zand, kokkels 50%, 11 levende, mossels mya ensis 50%			
B5	225560.48	610318.81	7	6	0.3	50	51	zand, kokkels 70%, 30% mya/ensis met aangroei en anemoon			
C1	225601.82	610686.36	11	13	1	77		zand 1 krab, kokkels 30%, mya 30%, mossels 30%, spisula			
C2	225566.43	610589.77	15	22	0.8	36		zand, kokkels 90%, mossels 10%			
C3	225597.45	610438.09	12	15	0.7	47		zand, kokkels 90%, mossels/ mya/ ensis/ spisula 10%			
C4	225659.96	610327.70	15	22	1.3	59		zand, kokkels 90%, mossels/ mya/ ensis/ spisula 10%			
C5	225598.38	610300.81	11	13	0.1	8		zand, enkele kokkel/ mya/ spisula			
C6	225730.42	610204.44	13	17	1.3	76		zand, kokkels 70%, mossels/ mya/ spisula 30% en 1 boomrussel			
D1	225605.72	610178.47	9	9	0.55	61	114	zand,mya 90% met pokken en anemoon 4 krabben kokkels wulk ensis macoma			
D2	225658.22	610071.64	12	15	0.3	20		zand,kokkels 80% (1 levend), 20% mya mossel			
D3	225743.32	609931.90	9	9	2.55	283		zand,kokkles 50% mya 40% mossels macoma ensis			
D4	225656.53	609837.10	12	15	1.35	90		zand,kokkels 75%, mossels 5%, mya 20% en macoma veel pokken			
D5	225900.96	609752.42	10	11	1.25	114		zand,kokkels 80%, mossels macoma mya ensis 20%			
E1	225639.86	610190.11	15	22	0.45	20	42	silbhoudend zand met klei, kokkels 80% macoma 20% mossel			
E2	225763.75	610121.44	11.5	14	0.95	68		zand met klei, kokkels 70 %, mya mossels macoma 30%			
E3	225785.68	609986.33	12	15	1.85	123		zand,kokkels 90%, 10 %mossels mya macoma wulp sommige met pokken			
E4	225938.51	609906.97	10	11	0	0		zand, 1 zeepier, 1 macomabroedje en enkele kokkel			
E5	225967.31	609831.33	11	13	0	0		zand,kokkels mossels mya			
F1	225993.37	609716.68	12	15	0.8	53	146	zand,kokkels enkele met pokken mossels macoma ensis en mya			
F3	225986.20	609603.40	9	9	0.7	78		zand,kokkels 1 levend mya 25% macoma mossels en pokken op schelpen			
F4	226132.83	609570.34	9.5	10	1.1	110		silbhoudend zand met klei kokkels mossels mya met pokken macoma en gruis			
F5	226174.80	609428.10	12	15	4.05	270		zand met gruis, veel kokkel en mosselgruis macoma mya en mya met pokken			
F6	226231.59	609406.69	12	15	2.85	190		zand,met gruis(2,5mm zeef), mya 50%, kokkels mossels spisula macoma veel gruis			
F7	226282.78	609314.69	8	7.5	1.3	173		klei,met zand kokkels 30 mossels 30 mya 30 ensis macoma wulp			
G1	225738.05	610510.68	12	15	0	0	5	zand 100% met 25 levende macoma's			
G2	226008.13	609989.64	11	13	0	0		zand 100%, en 1 krab			
G3	226483.61	609506.93	11	13	0	0		zand 100%, 3 neries 8 macomabroed levend			
G4	226991.93	609982.10	11	13	0	0		zand 100% en 10 macoma levend			
G5	227766.48	608505.90	14	19.5	0.15	8		zand,kleine kokkels 90%, mossels/ macoma 10% en 3 ensis			
G6	228252.16	608101.45	12	15	0.3	20		zand,kokkels 50% ,mossels macoma 50%			
G7	228997.35	607751.15	12	15	0	0		zand,1 neries			
G8	230013.62	607496.14	23	38	0.3	8		zware silb,95% kokkels 5% mossel en macoma			
G9	231243.35	607684.46	11	13	0.1	8		zand/silbhoudendzand, 90% kokkels, 10% mossel/macoma, kokerworm en 3 neries			
H1	225943.70	609632.46	8	7.5	1.3	173	102	zand,met gruis kokkels 80% mya macoma mosselen veel mosselgruis			
H2	225992.79	609533.00	10	11	1.5	136		zand,kokkels 50% mya 45% met algen erop mossels 5% en wat gruis			
H3	226106.21	609425.23	10	11	0.8	73		zand kokkels 80% mossels mya 10% macoma			
H4	226177.93	609366.92	11	13	0.35	27		zand,kokkels 40% mossels 30% mya 30% en macoma			
I1	226098.10	609671.86	19	31	0	0	56	silb met een laagje zand			
I3	226271.10	609503.75	12	15	0	0		silb klei,			
I5	226334.55	609332.16	8	7.5	0	0		zand,kokkels 1 levend mossels ensis mya + pokken			
I6	226412.34	609387.13	8	7.5	1.25	167		zand,kokkels 60% (1 levend) mossels 10% mya 30%			
I7	226416.96	609299.99	8	7.5	0.85	113		zand,kokkels mossels macoma mya			
J1	226478.03	609362.14	12	15	2.45	163	182	zand,kokkels 90%, mossels macoma spisula ensis			
J2	226464.34	609241.33	9	9	3.35	372		klei,met zand kokkels 80 % macoma mossels ensis			
J3	226490.14	609145.24	10	11	2.05	186		zand,kokkels mossels mya ensis macoma,levende kokkels + pokken op mossels			

Tabel 5 (vervolg)

Meetdienst			Bodemmonsterning t.b.v.			Meetleder/naam: M.D.Hansen/M.Weessies		
Postbus 20003,9930 PA, Delfzijl			Sonaropname schelpenbanken			Datum: 23 t/m 25 - 05 - 2000		
Duurswoldlaan 2, 9936 HA, Farmsum						Gebied: Zuid Oost Lauwers		
Locatie	Positie (RD-coörd.)		Hapdiepte	Volume	schelp- gewicht	gewicht/ volume	gem. schelp- fractie/vlek	Omschrijving monster
	X	Y	in cm	in dm ³	in kg	kg/m ³	kg/m ³	
J4	226527.97	609132.82	12.5	16	2.9	181		zand kokkels 40% mossels 40% mya 20% macoma levende kokkels + pokken op mossels
J5	226616.75	609045.10	8	7.5	1	133		zand kokkels 70% mossels 30% macoma
J7	226707.67	60862.98	12	15	0.85	57		silhouidend zand kokkels 80% mossels 20% macoma mya ensis
J1	226527.24	609255.26	11	13	3.45	265	148	zand kokkels 80% mossels mya spissula macoma ensis
K10	227646.14	608337.09	0	0	0	0		zand 100%, harde bodem moeilijk te benoemen
K2	226644.97	609156.84	10	11	1.95	177		zand kokkels 2 levend, mossels macoma spissula 2 neries mya + pokken veel gruis
K3	226716.82	609016.92	10	11	1.3	118		zand veel gruis, kokkels mossels mya macoma spissula ensis 3 krab
K4	226876.27	608869.04	12	15	2.55	170		zand kokkels 60% (2 levend) mossels 30% mya macoma spissula
K6	226998.78	608748.43	9	9	2.3	256		zand mel gruis, kokkels 60% (7 lev.), 40% mossels (1 levende) mya/ spissula
K8	227201.54	608666.15	11	13	2.6	200		zand kokkels 60%, mossels/ mya/ spissula 40% stuk oesterschelp en neries
K9	227359.46	608547.95	0	0	0	0		zand 100%, harde bodem moeilijk te benoemen
M1	226784.98	608928.70	8	7.5	0.8	107	118	zand kokkels 50%, mossels mya spissula 50%, pokken op de mya en paar neries
M3	226873.13	608783.64	10	11	1.3	118		zand kokkels 40%(3 levende), mossels/ mya/ spissula 60%, veel kokenworm
M5	227077.22	608866.54	8	7.5	0.7	93		zand kokkels 65% (2 levende), mossels/ mya/ spissula 35%, kokenwormen
M6	227171.25	608619.31	10	11	1.7	155		zand kokkels 50%, mossels/ mya/ macoma 50%
N1	227153.07	608576.36	7	6	0.7	117	34	zand 30% kokkels, 70% mossels en mya
N3	227330.89	608460.32	10	11	0	0		zand paar kokkels en 2 mossels
N4	227401.29	608418.71	10	11	0.1	9		zand en kleideeljes, kokkel/mossel schelpen en 12 levende macoma's
N5	227492.26	608334.75	10	11	0.1	9		zand kokkels 1 levend, macoma/ mossels/ spissula/ ensis en 2 wulk
O1	227186.90	608536.06	11	13	0.75	58	81	zand 50% kokkels, 50% mossels
O3	227298.45	608482.09	10	11	1.3	118		zand kokkels 70%, mossels 30%, enkele macoma/ mya
O5	227371.53	608408.98	8	7.5	0.5	67		zand kokkel 40%, mossel 60% meest gruis enkele spissula
P1	226524.29	607905.26	11	13	2.2	169	84	silhouidend zand 90% kokkels 10% mossels macoma
P2	226660.86	607738.53	14	19.5	1.6	82		silhouidend zand met klei, kokkels 80%, mossel mya macoma spiss
P3	226880.00	607676.98	9	9	0.25	28		silhouidend zand met laagje silb erop, kleine kokkels 50%, moss
P4	226999.00	607573.07	11	13	2.3	177		zand kokkels 95%, 1 neries, 5% mossels mya macoma spissula
P6	229130.53	607519.45	8	7.5	0.3	40		zand kokkels 70%, mossels mya macoma spissula 30%
P7	229326.07	607479.82	12	15	0.1	7		silhouidend zand met klei, kokkels macoma gelijke verhoudingen
Q1	229200.82	607557.65	8	7.5	1.3	173	83	zand 95% kokkels 5% mossel mya macoma
Q3	229397.44	607519.89	11	13	1	77		silhouidend zand met klei, kokkels 70%, 30% mossels macoma mya
Q5	229540.39	607444.20	12	15	0	0		klei, enkele schelp
R2	229318.81	607448.16	12	15	0.6	40	57	zand met veen deeltjes, 1 visje, kokkels 60% mya 40%
R3	229516.81	607393.74	8	7.5	0.55	73		zand kokkels 80% mossel macoma mya 20%
S1	229486.67	607550.97	7	6	0.6	100	49	zand/ silb en klei, 95% kokkels, 5% mossel/ mya
S2	229593.93	607491.42	12	15	0.1	7		zandlaag met klei eroven op, 30% kokkels, 30% macoma, 30% mossels
S3	229667.82	607440.62	9	9	0.25	28		silhouidend zand met klei, 95% kokkels, 5% mossels en macoma
S4	229731.35	607486.15	10	15	0.9	60		zand, 80% kokkels 20% mossels/ macoma en mya, veel schelpengruis
T1	230149.50	607448.18	11	13	0.9	69	109	zand, 95% kokkels, 5% mossel en mya
T2	230311.20	607448.88	9	9	1.7	189		zand 95% kokkels, 5% mossel mya macoma
T3	230405.35	607448.51	11	13	1	77		zand met veen deeltjes, 90% kokkels, 10% mossels/ mya/ macoma
T4	230598.18	607581.43	8	7.5	1.5	200		zand, 95% kokkels, 5% mossel/ mya/ macoma/ ensis en spissula
T5	230629.66	607481.74	11	13	1.1	85		zand, 80% kokkels, 20% mossel/ mya/ macoma en veel kokenworm
T6	230891.74	607508.17	10	11	0.4	36		zand, 90% kokkels, 10% mossel/ macoma, 2 neries en kokenworm
U1	230455.65	607419.62	17	26	2	77	72	silb, zand, 90% kokkels(14 lev.), 7 krabben, 10% mossel/mya/mac z. veel kokenworm
U2	230640.63	607418.83	10	11	0.8	73		zand, 60% kokkels (1 lev.), 40% mossel/boormossel/mya/macoma/ensis en veel gruis
U4	230814.06	607447.56	7	6	0.4	67		zand, 90% kokkels, 10% mossel/ boormossel/ ensis
V1	230638.57	607339.02	10	11	0.3	27	79	silb, zand met laagje klei, 70% kokkels(5 lev.), 30% mossel/ macoma
V2	230770.86	607378.23	10	11	0.9	82		zand, 70% kokkels (1 levende), 30% mossel/ macoma en veel gruis
V4	230849.27	607392.46	8	8	1	125		zand met gruis, 60% kokkels, 40% mossel
V4	230857.14	607385.16	13	17	1.4	82		silhouidend zand 60% kokkels 40% mossel ensis 2 neries (extra monster)
W1	229887.88	607392.12	9	9	0	0	0	zand 100%, enkele kokkel en mya

Tabel 5 (vervolg)

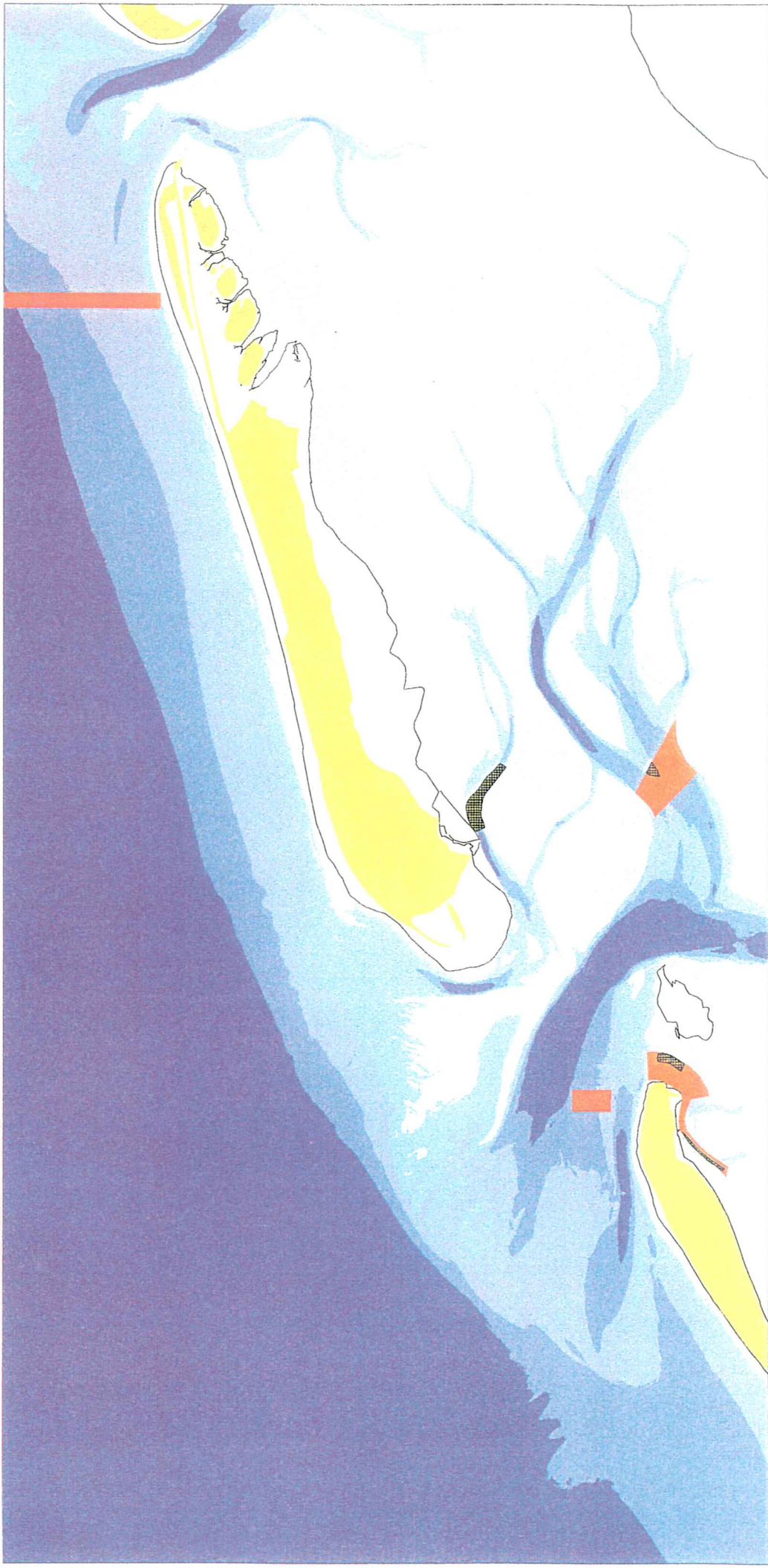
Meetdienst Postbus 20003, 9930 PA, Delfzijl Duurswoldaan 2, 9936 HA, Farmsum			Bodemmonstering t.b.v. Sonaropname schelpenbanken			Meetleder/waarnemer: M.D.Hansen/M.Weessles Datum: 23 t/m 25 - 05 - 2000 Gebied: Zuid Oost Lauwers		
Locatie	Positie (RD-coörd.)	Hapdiepte	Volume	schelp- gewicht	gewicht/ volume	gem. schelp- fractie/vlek	Omschrijving monster	
	X	Y	In cm	In dm ³	In kg	kg/m ³	kg/m ³	
W2	230174.30	607350.24	9	9	0	0	zand/slib, enkele schelp	
W3	230482.21	607354.78	9	9	0	0	zand, 100%, enkele schelp	
X1	230822.08	607570.14	8	7.5	0.6	80	zand, 75% kokkels, 25% mossel/ boormossel/ macoma/ ensis	
X2	231116.71	607569.26	13	17	0.8	47	slibh. zd met laag slib, 80% kokkel (1 lev. met anemoon), 20% mossel/mya/ensis/ lev mac.	
X3	231284.54	607601.63	7	6	0.3	50	zand, 2 krabben, 90% kokkels, 10% mossel mya ensis 1 boormossel en macoma	
Y1	231001.20	607450.54	14	19.5	0.4	21	16 zware slib, 1 neries, 90% kokkels 10% mossel boormossel macoma	
Y2	231178.19	607464.49	8	7.5	0.1	13	zand, 1 vis (geep), 95% kokkels, 8 levende macoma, 5% mossel /mya , slank	
Y3	231399.21	607564.50	12	15	0.2	13	slibh. zand met laag zand, 90% kokkels, 10% mossel/ macoma/ veel levende mac., 1 neries	

Tabel 6

Oppervlakten van met sonar waargenomen schelpenvlekken; schelpenconcentraties per vlek bepaald m.b.v. Van Veenhapper.

	oppervlak met schelpconcentraties ha	gem. schelpconcentratie in vlekken in kg/m ³
Vliesloot totaal	15,6	
Vliesloot A	niet bepaald	70,9
Vliesloot B	10,8	276,0
Vliesloot C	4,7	95,1
Vliesloot D	niet bepaald	0,0
Westmeep totaal	10,6	
Westmeep A	5,9	78,2
Westmeep B	4,3	83,9
Westmeep C	0,3	230,0
Westmeep D	niet bepaald	22,2
Oosterom totaal	6,8	
Oosterom A	5,6	42,9
Oosterom B	niet bepaald	40,9
Oosterom C	niet bepaald	0,0
Oosterom D	0,7	199,0
Oosterom E	niet bepaald	261,5
Oosterom F	0,5	92,3
Spruit totaal	17,0	
Spruit A	0,7	44
Spruit B	0,4	115
Spruit C	0,7	73
Spruit D	3,8	93
Spruit E	11,3	111,6
Spruit F	niet bepaald	0
Zuid-Oost Lauwers totaal	86	91
Stortemelk	niet bepaald	0
Noordzee Noord. van Terschelling	niet bepaald	0

Figuur 1 Locaties sonaropnamen en Van Veenhappen in Vliesloot, Westmeep, Oosterom, Stortemelk en ten noorden van Terschelling

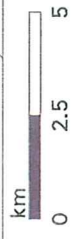



Zeegat van Terschelling (noord)

< -15m
 -15m / -10m
 -10m / -5m
 -5m / -3m
 -3m / GLW
 GLW / GHW
 Binnenwater
 Land
 Bebouwing
 Duingebied

Sonar aan bodemoppervlakte
 van Veen hepper aan bodemoppervlakte

Veldwerkgebieden Vervolgonderzoek Schelpenwinning aan bodemoppervlakte



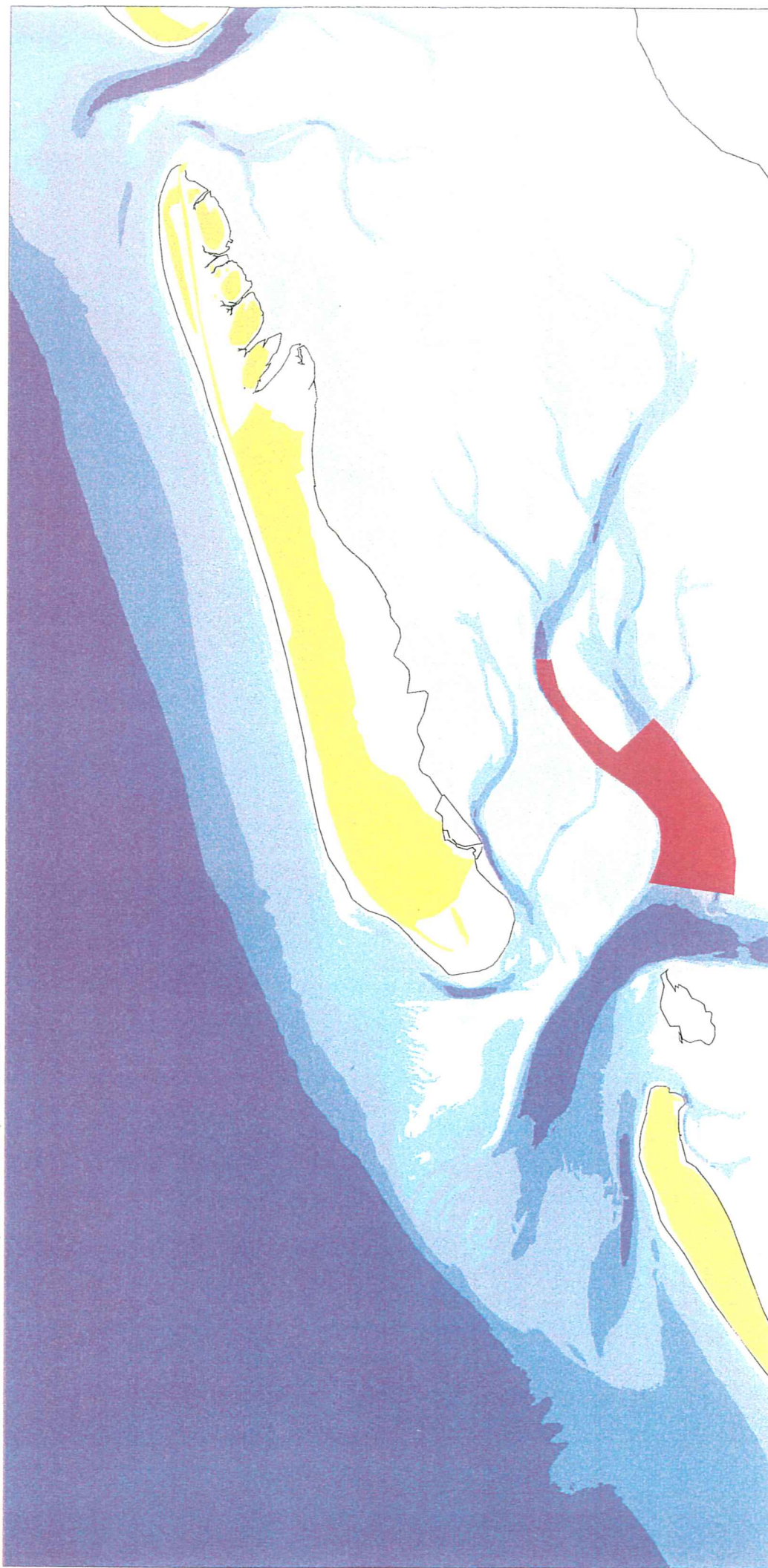


Ministerie van Water, Land en Lucht
 Directoraat-Generaal Rijkswaterstaat
 Dienst Rijkswaterstaat

GIS-AN
 GEOGRAFISCHE INFORMATIEKUNDE
 NOORD-NEDERLAND

Figuur 2 Locaties sonaropnamen en Van Veenhappen in Spruit en Zuidoost Lauwers

Figuur 3 Locatie subbottomopnamen met X-star en boringen in West- en Noordmeep



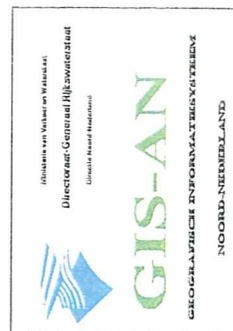
Zeegat van Terschelling (noord)

X-stur + boringen (subbottom)

- < -15m
- 15m / -10m
- 10m / -5m
- 5m / -3m
- 3m / GLW
- GLW / GHW
- Binnenwater
- Land
- Bebouwing
- Duingebied

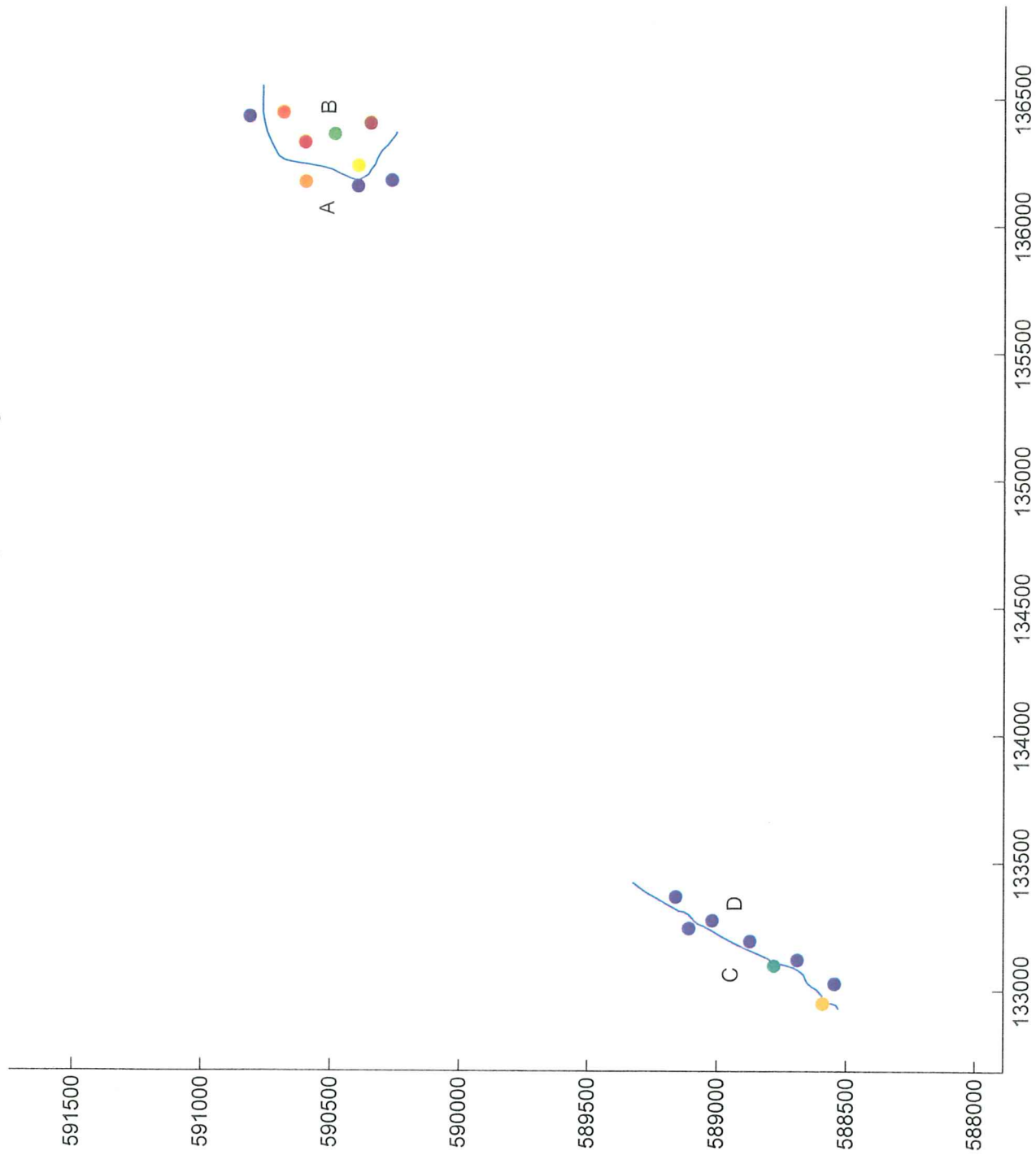
Veldwerkgebieden Veldonderzoek
Schelpenwinning
Subbottom

km
0 2.5 5

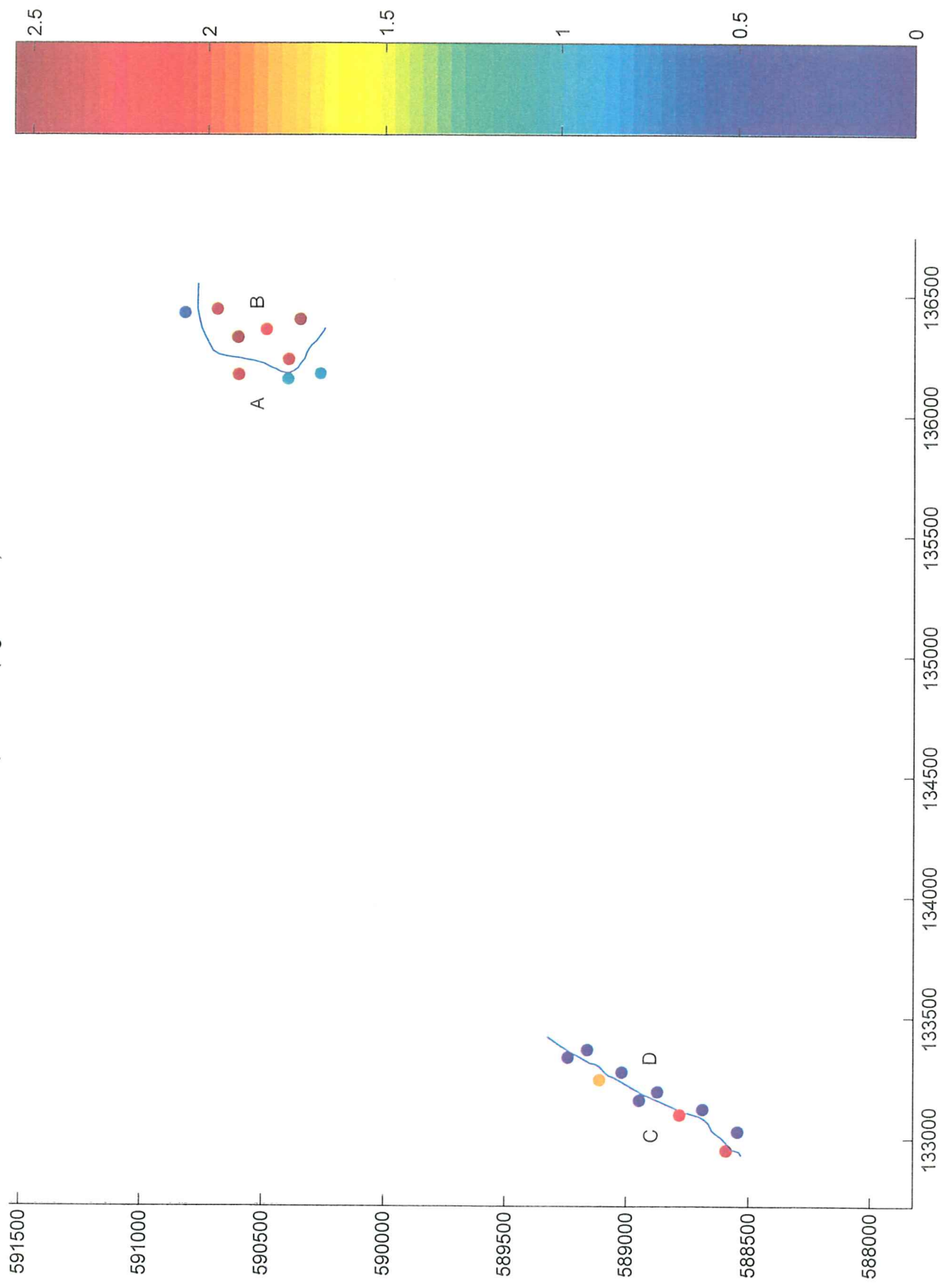


Figuur 4 Vlekkenkaart op basis van sonaropnamen in Vliesloot met schelpenfracties (bemonsterd met Van Veenhapper) in kg/m^3 (figuur 4a) en de logaritmische waarde van kg/m^3 (figuur 4b) (Meetkundige Dienst)

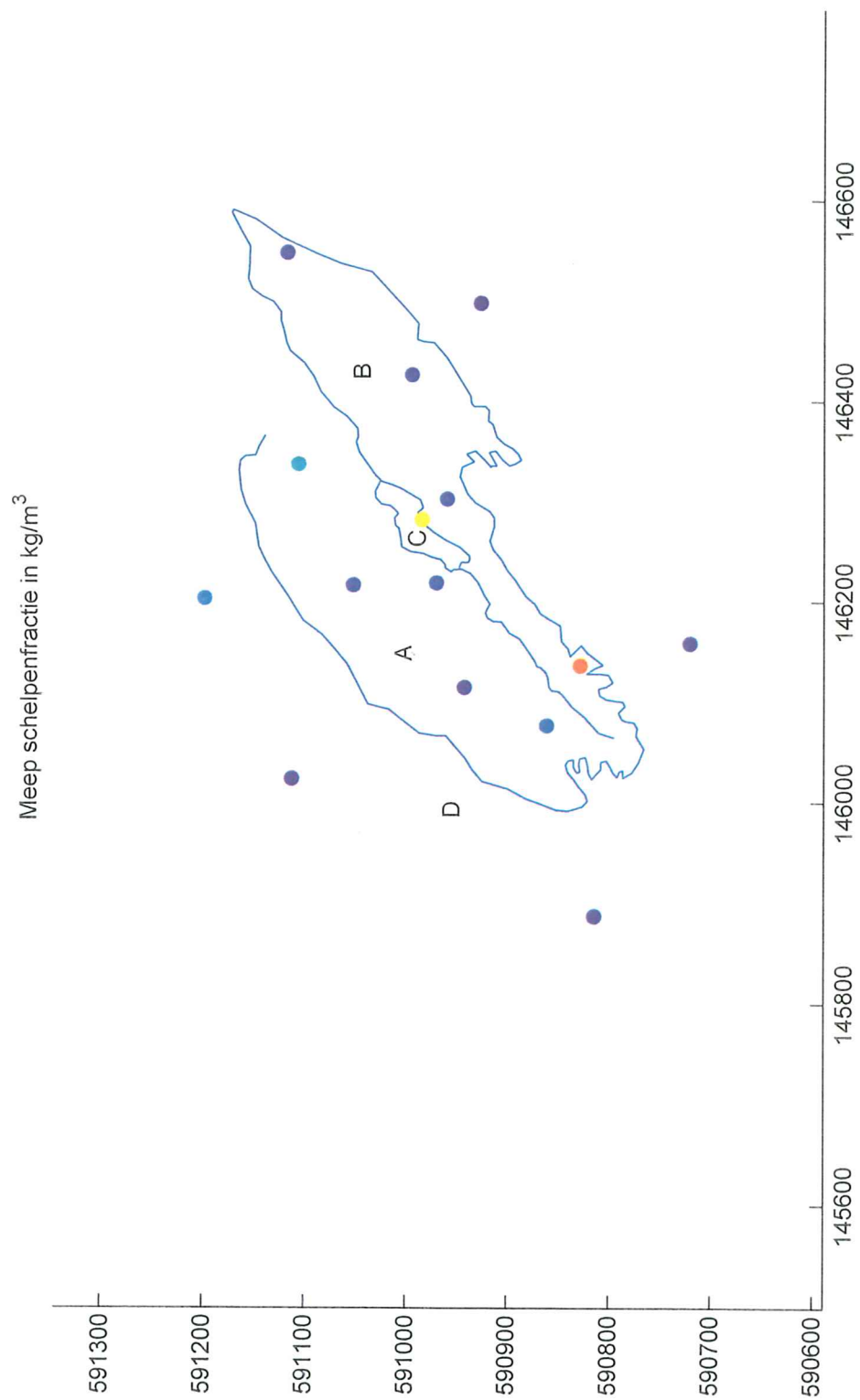
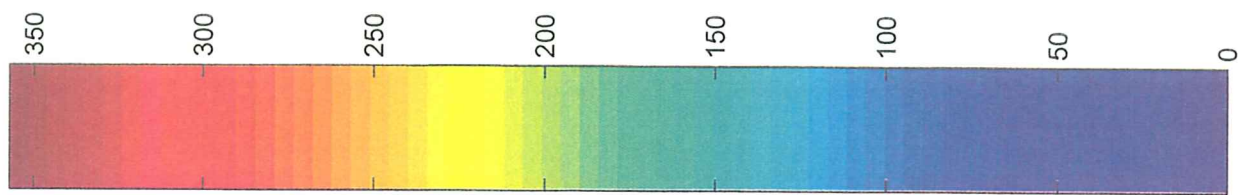
Vliesloot schelpenfractie in kg/m³



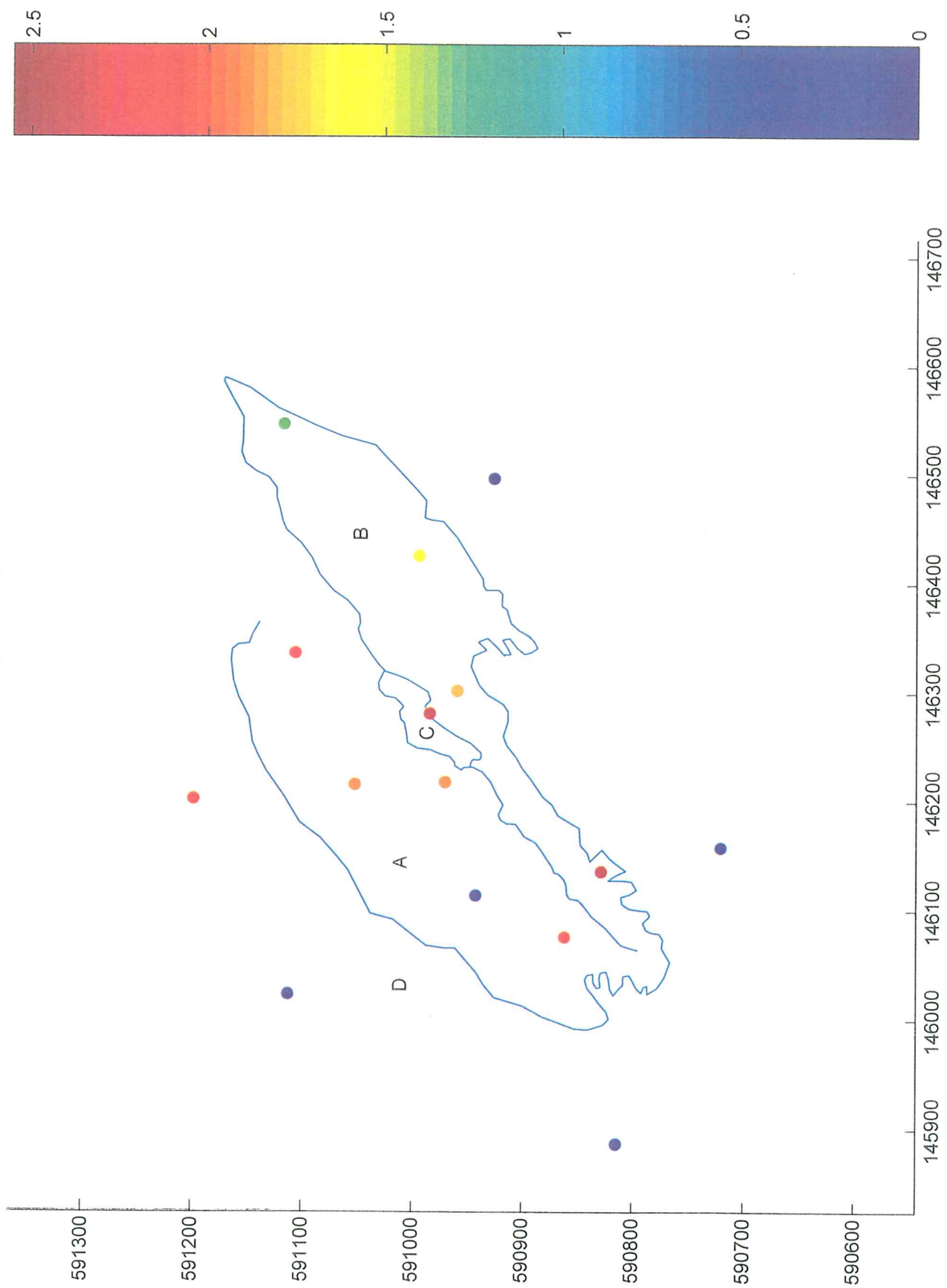
Vliesboot schelpenfractie (logaritmisch)



Figuur 5 Vlekkenkaart op basis van sonaropnamen in Westmeep met schelpenfractie (bemonsterd met Van Veenhapper) in kg/m^3 (figuur 5a) en de logaritmische waarde van kg/m^3 (figuur 5b) (Meetkundige Dienst)

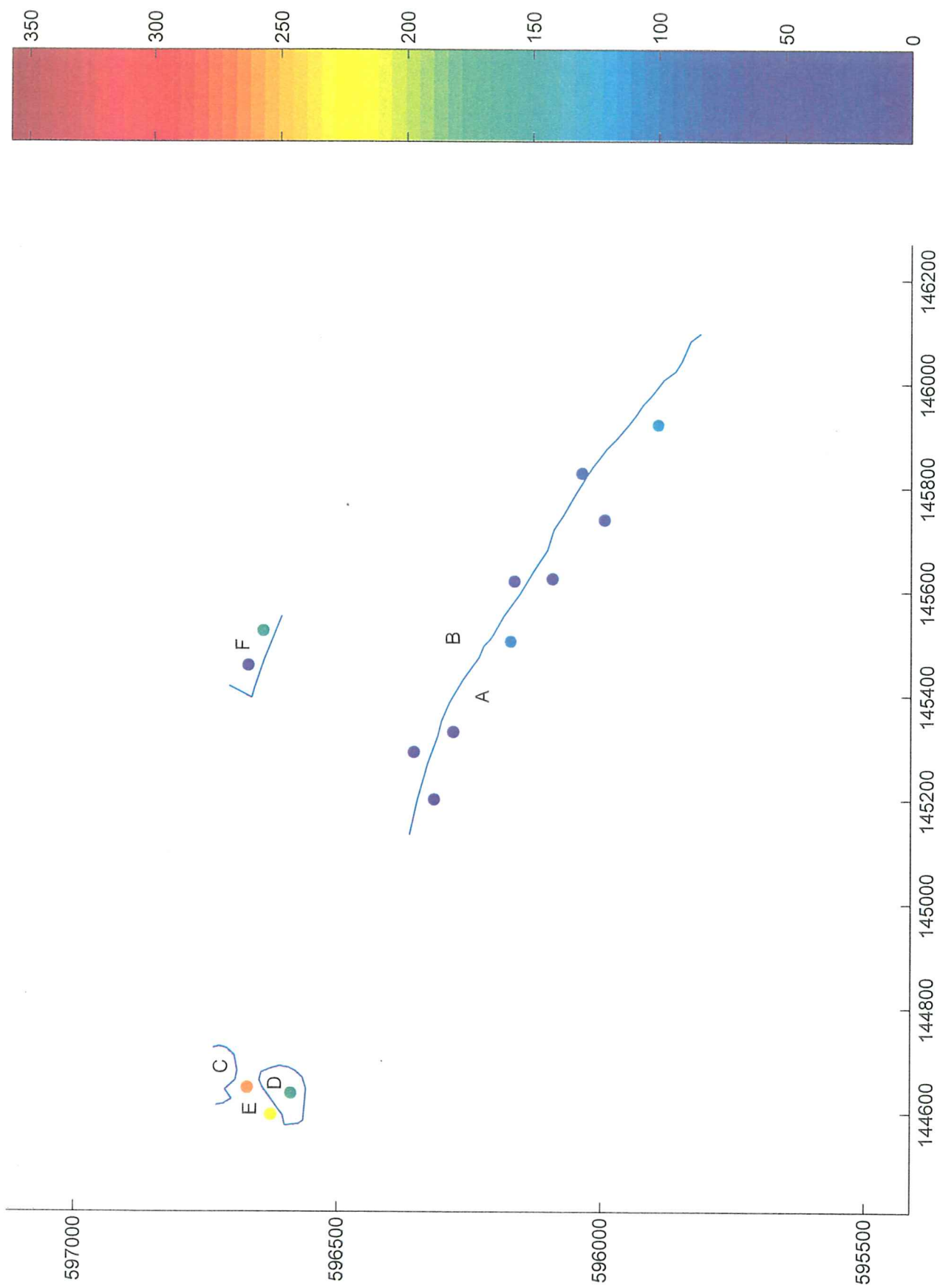


Meep schelpenfractie (logaritmisch)

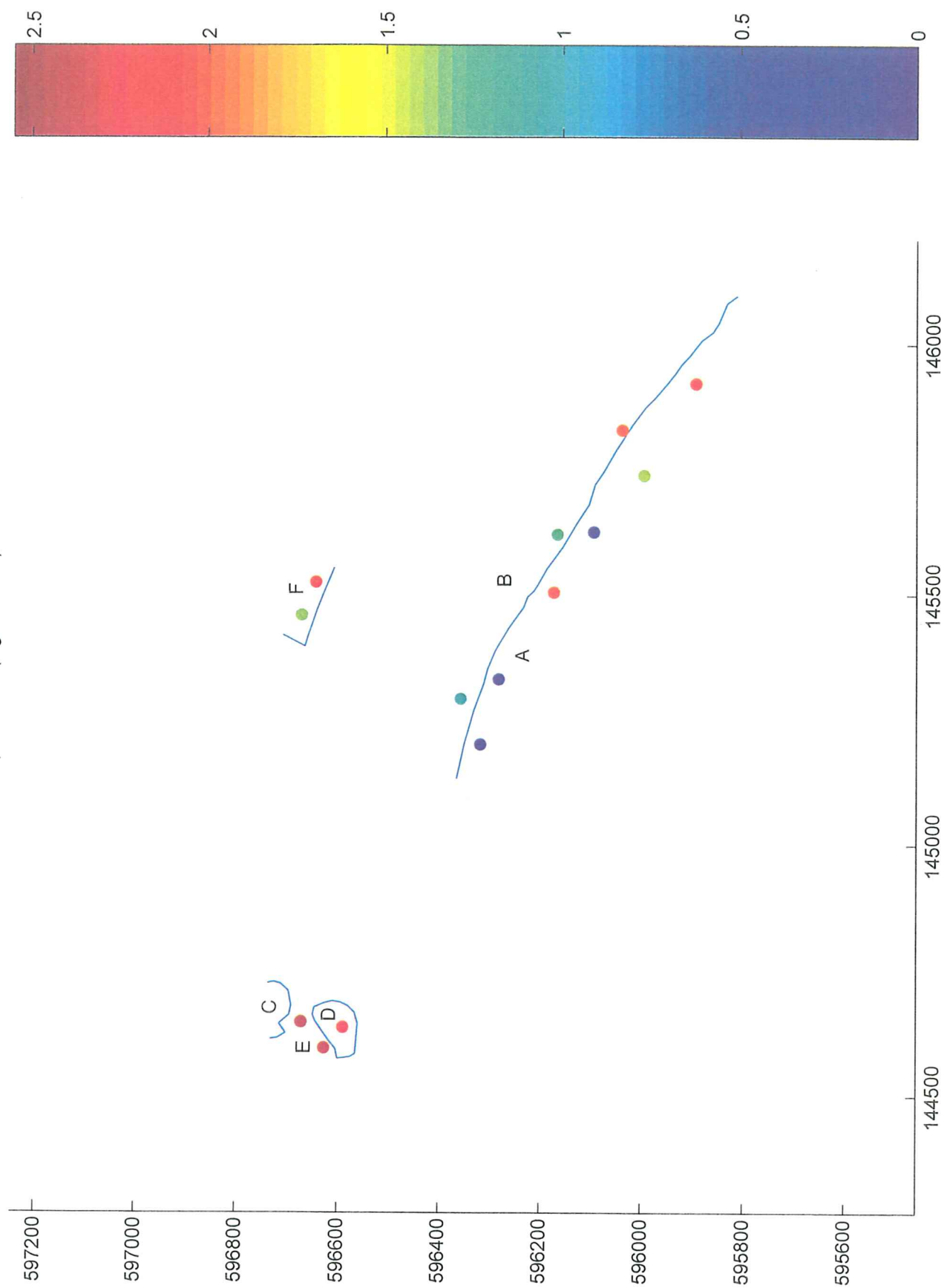


Figuur 6 Vlekkenkaart op basis van sonaropnamen in Oosterom met schelpenfractie
(bemonsterd met Van Veenhapper) in kg/m^3 (figuur 6a) en de logaritmische waarde
van kg/m^3 (figuur 6b) (Meetkundige Dienst)

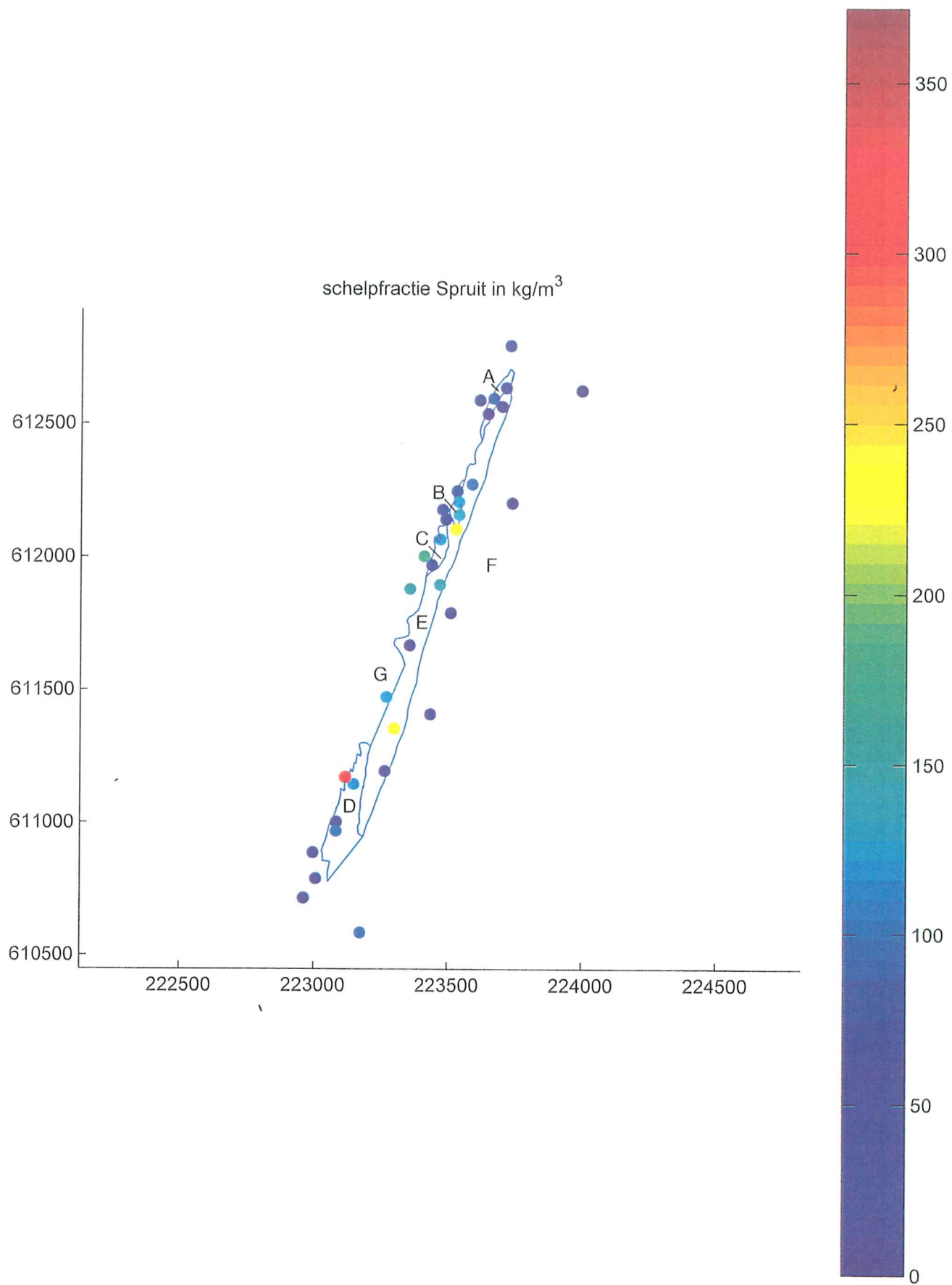
Oosterom schelpenfractie in kg/m³

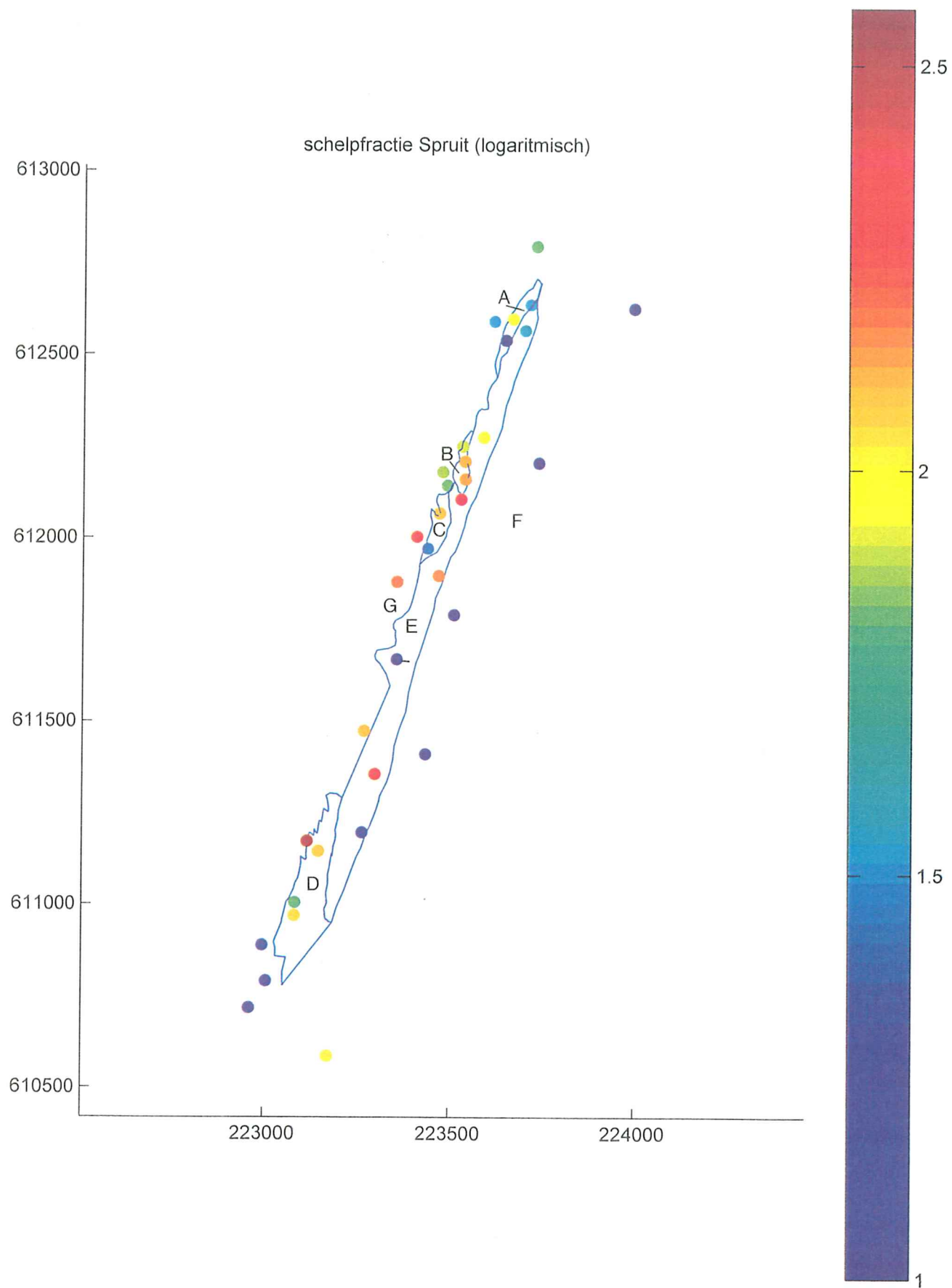


Oosterom schelpenfractie (logaritmisch)



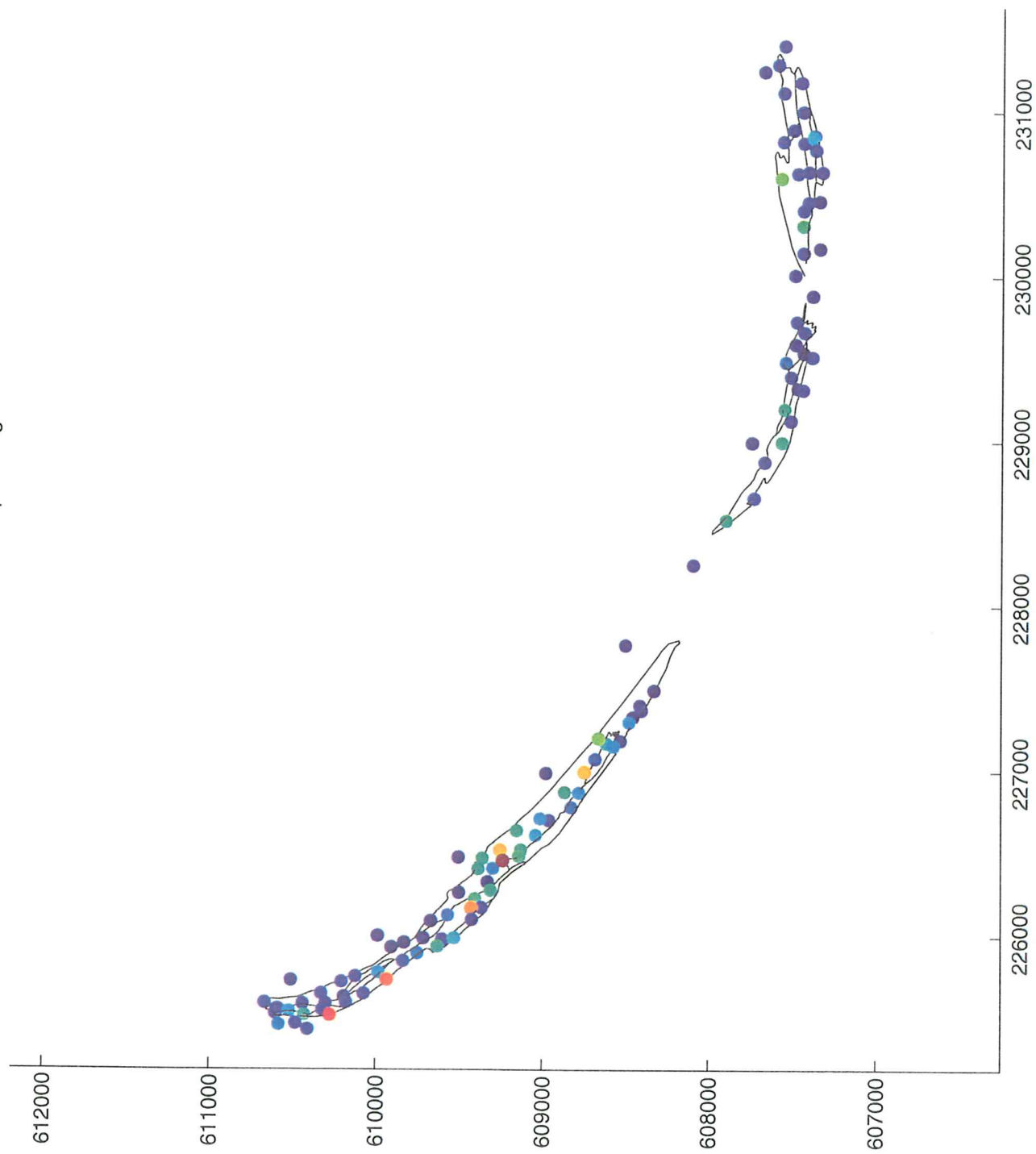
Figuur 7 Vlekkenkaart op basis van sonaropnamen in Spruit met schelpenfractie (bemonsterd met Van Veenhapper) in kg/m^3 (figuur 7a) en de logaritmische waarde van kg/m^3 (figuur 7b) (Meetkundige Dienst)



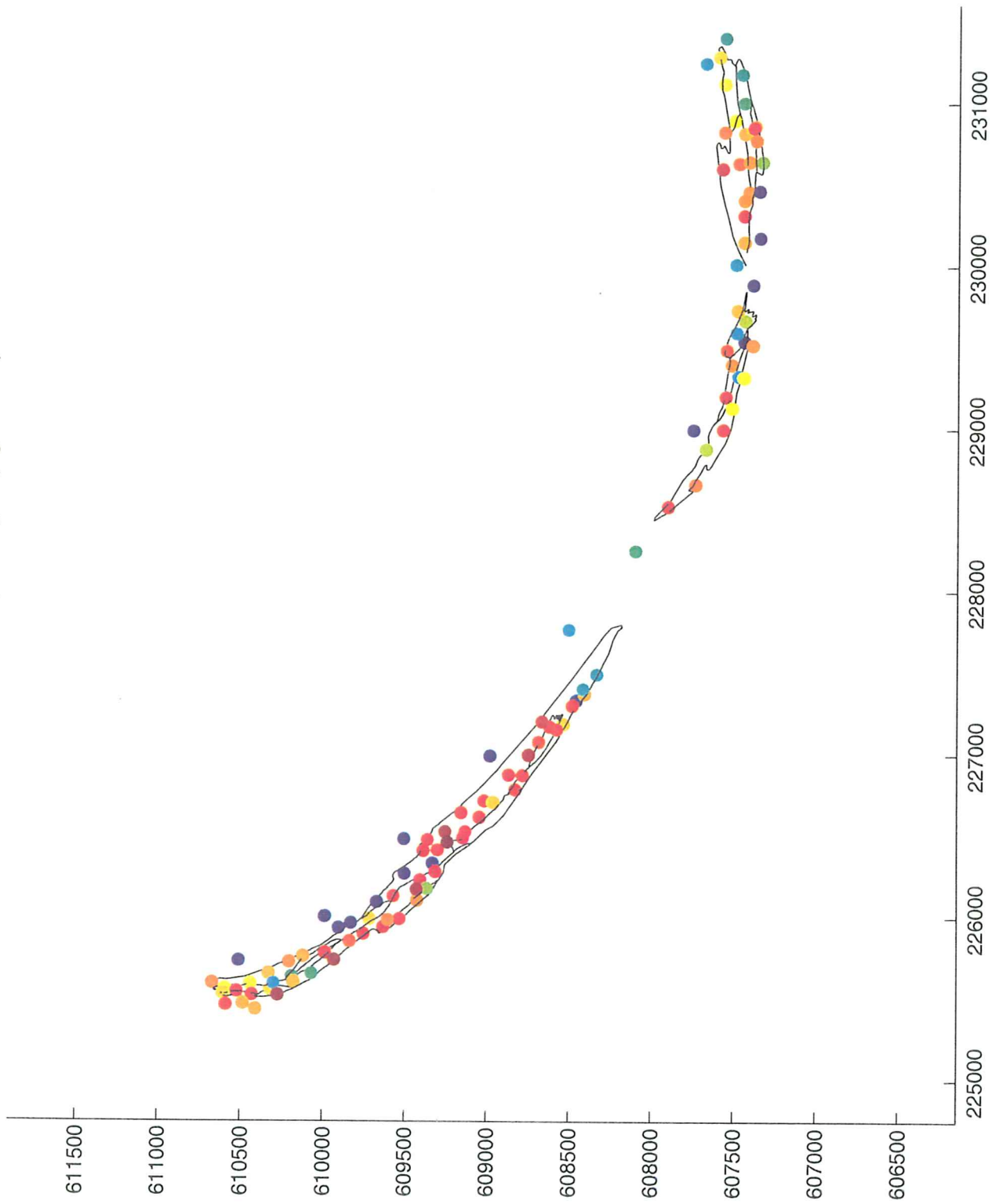


Figuur 8 Vlekkenkaart sonaropnamen in Zuidoost Lauwers met schelpenfractie (bemonsterd met Van Veenhapper) in kg/m^3 (figuur 8a) en de logaritmische waarde van kg/m^3 (figuur 8b) (Meetkundige Dienst)

hoeveelheid schelpen in kg/m³

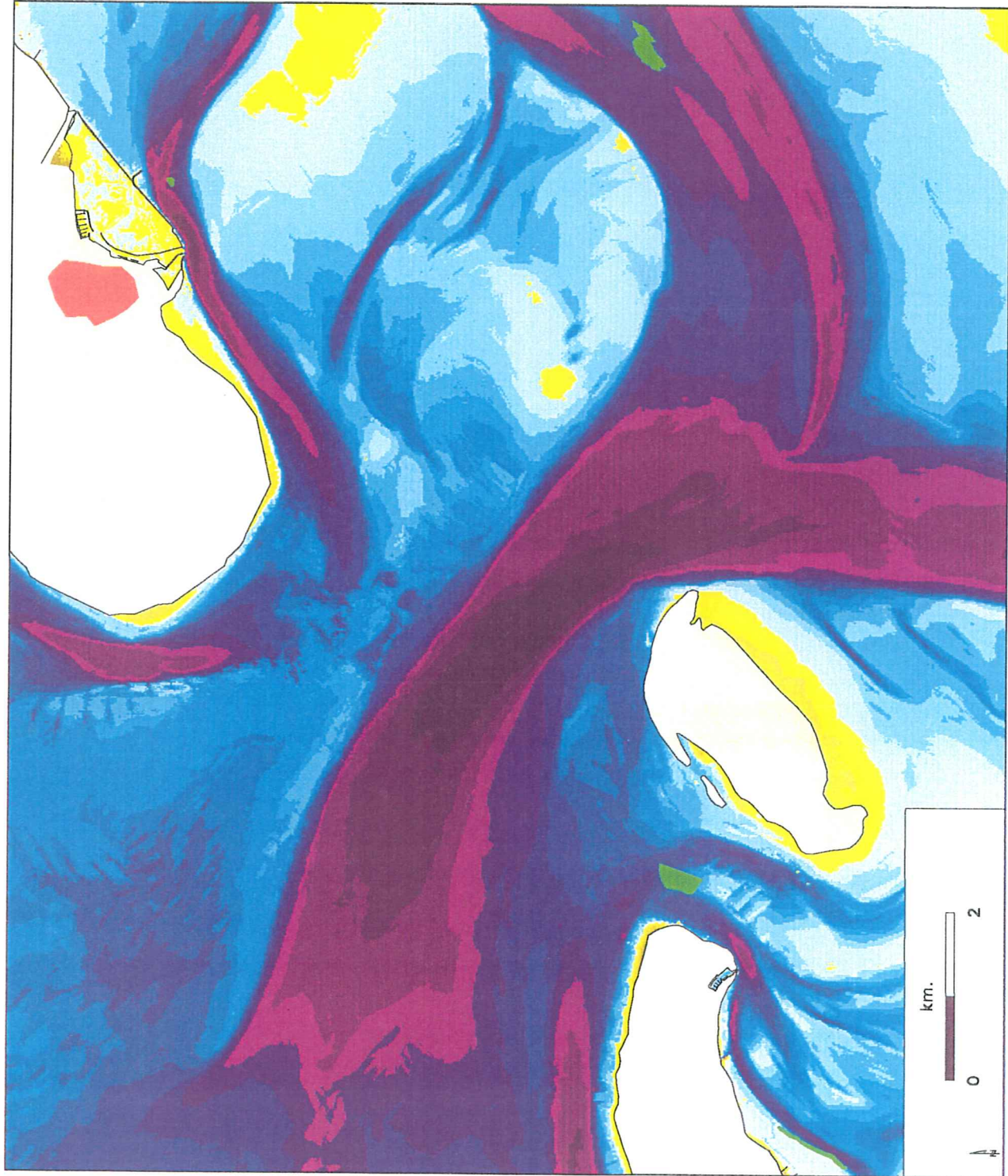


hoeveelheid schelpen in kg/m^3 (logaritmisch)



Figuur 9 Overzichtskaart van sonarvlekken en diepte t.o.v. NAP in Vliesloot, Oosterom en Meep

Sonarvlekken schelpenbanken
Vliesboot, Oosterom en Meep



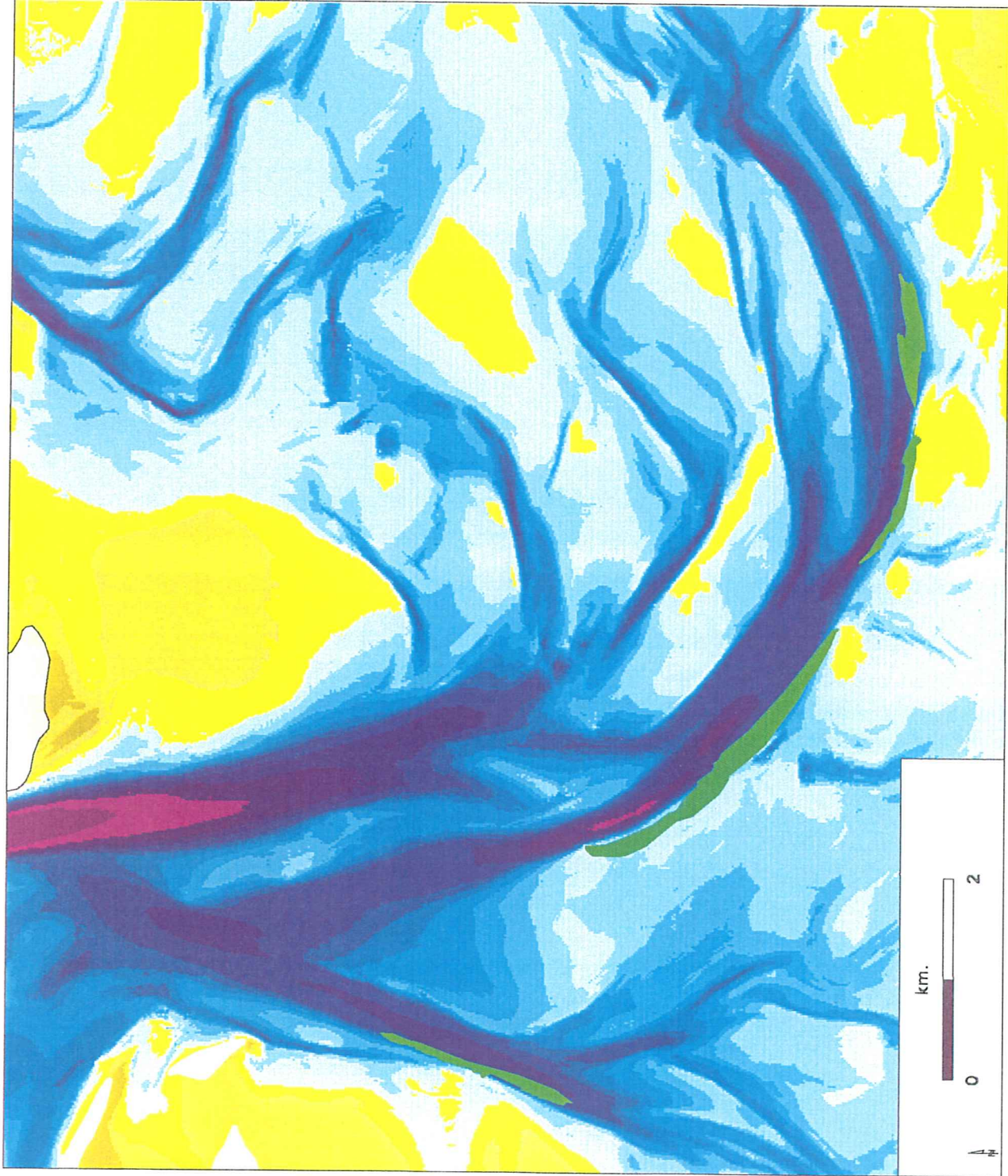
Legenda

Diepte/hoogte	
	> 2 m + NAP
	1.5 - 2
	1 - 1.5
	0.5 - 1
	0 - 0.5 m + NAP
	0 - 0.5 m - NAP
	0.5 - 1
	1 - 1.5
	1.5 - 2
	2 - 3
	3 - 4
	4 - 5
	5 - 7.5
	7.5 - 10
	10 - 12.5
	12.5 - 15
	15 - 20
	20 - 30
	> 30 m - NAP
	Sonarvlek

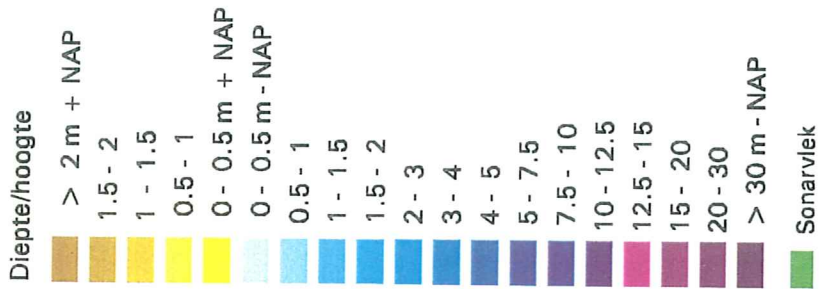
Topografie	Spoorlijn
Land	
	Binnenwateren
	Stad / dorp
Kaartproductie: RIKZ-Haren	
Applicatie: Habimap	
Rijkswaterstaat	
Rijksinstituut voor Kust en Zee	

Figuur 10 Overzichtskaart van sonarvlekken en diepte t.o.v. NAP in Lauwers en Spruit

Sonarvlekken schelpenbanken Lauwers en Spruit



Legenda



Topografie Spoorlijn

Land

Binnenwateren

Stad / dorp

Kaartproductie: RIKZ-Haren

Applicatie: Habimap



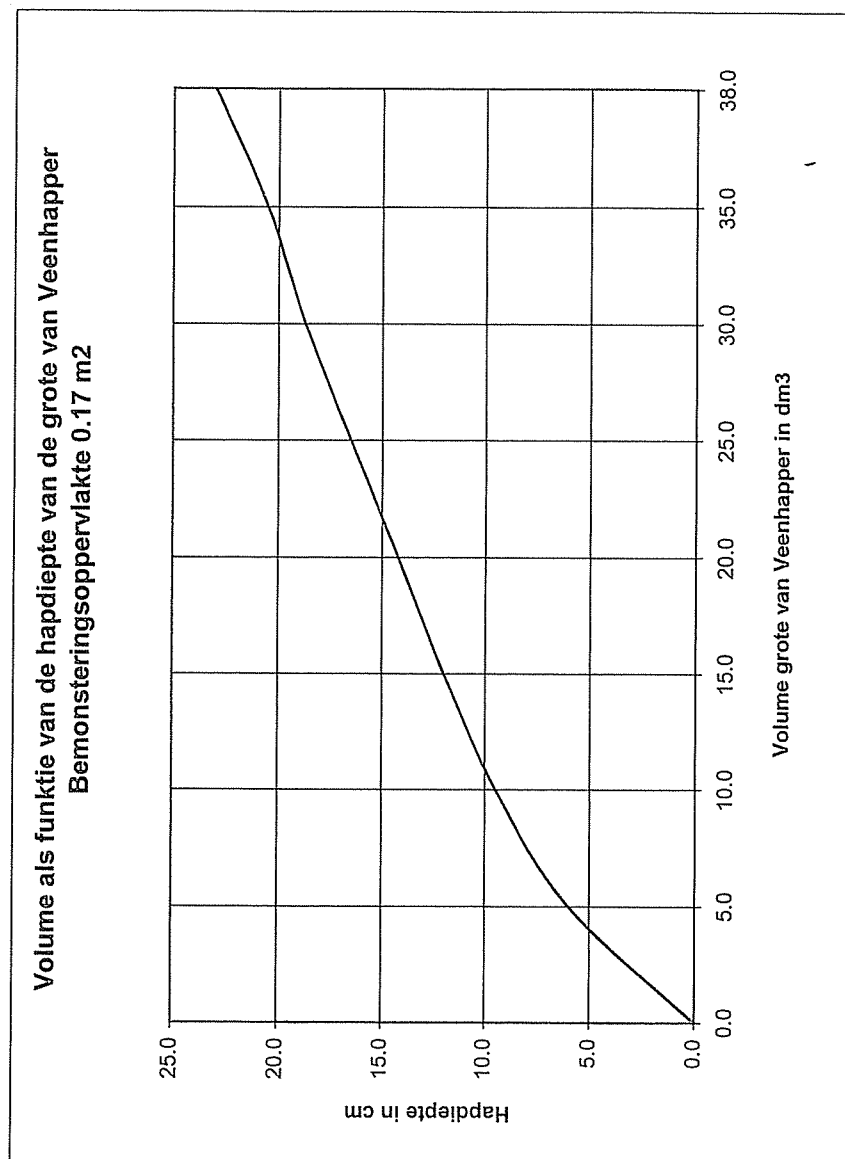
Rijkswaterstaat

Rijksinstituut voor Kust en Zee

JFR 8/11/2000

Figuur 11

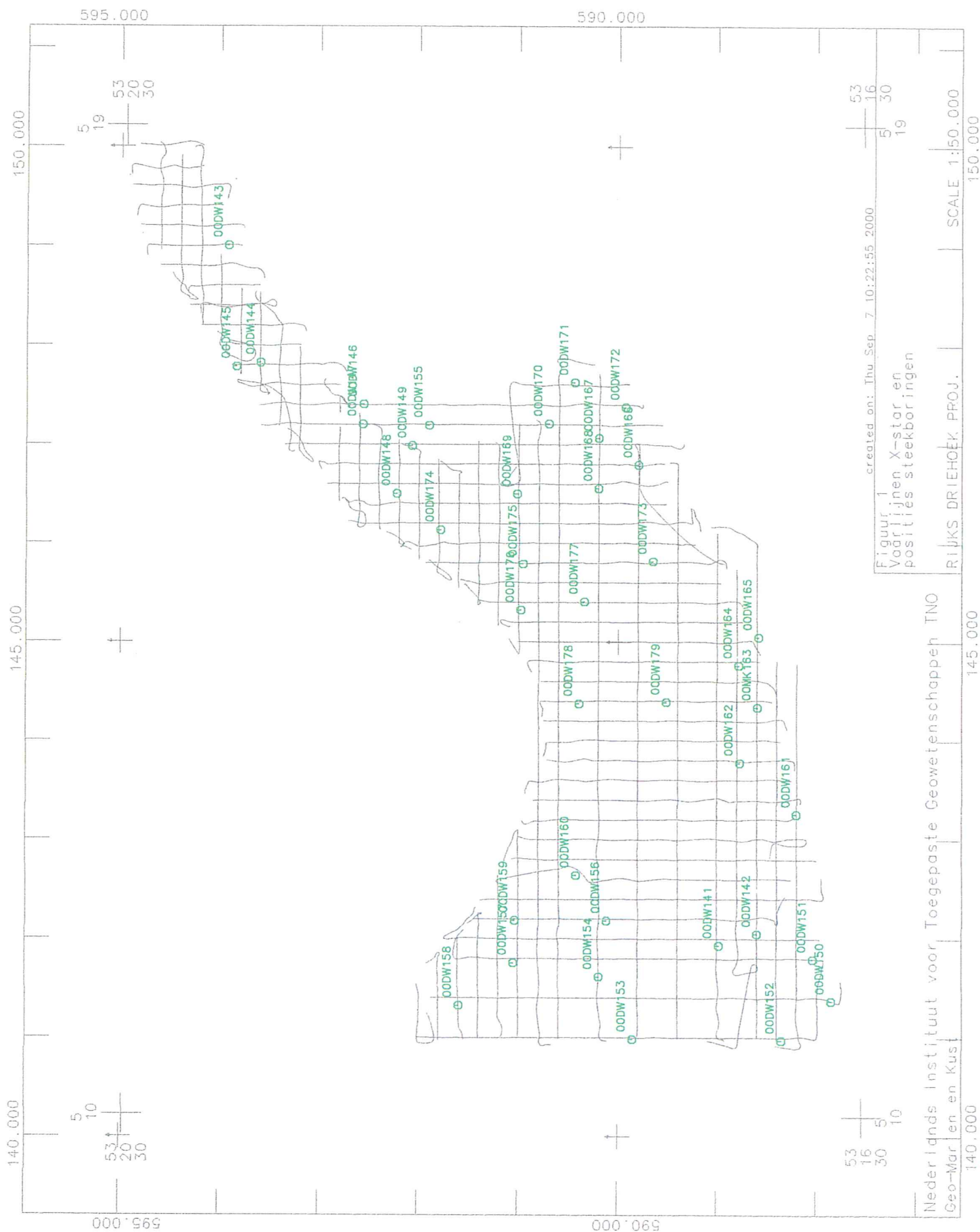
IJklijn van het monstervolume als functie van de hapdiepte van de grote Van Veenhapper (Meetdienst Directie Noord-Nederland)



Volume in dm³	Hapdiepte in cm
0.0	0.0
5.0	6.0
10.0	9.5
15.0	12.0
20.0	14.2
25.0	16.5
30.0	18.7
35.0	20.5
38.0	23.0

Gemeten met droog zand

Figuur 12 Vaarlijnen van X-staropnamen en ligging van de steekboringen met positienummer
(bron: Laban *et al.* 2000)



53
16
30
5
10

53
16
30
5
19

created on: Thu Sep 7 10:22:55 2000

Figuur 1
Voarlijnen X-star en
posities steekboringen

Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO
Geo-Mar en en Kus

Rijks DRIEHOEK PROJ.

SCALE 1:50.000

145.000

150.000

Bijlagen

Bijlage 1 Betrokken personen en organisaties

dr. K. Essink	RIKZ (OSBW)
ir. H.P.J. Mulder	RIKZ (ABW), projectleider Schelpenwinning
dr. A.P. Oost	RIKZ (ABW)
J.F. Ruiter	RIKZ / Geo Plus b.v., GIS
ing. F.M. Zant	RIKZ (ABW) / Koeman en Bijkerk bv, coördinatie veldwerk
drs. T.T. Reijngoud	RWS Directie Noord-Nederland (ANW), opdrachtgever
H. Bos	RWS Directie Noord-Nederland, Meetdienst (AMDM), projectleider
M. Hansen	RWS Directie Noord-Nederland, Meetdienst (AMDU), meetleider
M. Weessies	RWS Directie Noord-Nederland, Meetdienst (AMDU), meetleider
dr. ir. N.A. Kinneging	RWS Meetkundige Dienst, kwaliteitscontrole.
M.J. Ringelberg	RWS Meetkundige Dienst, side-scan sonar
B.J. Valstar	RWS Meetkundige Dienst, operator side-scan sonar
C. Adriaanse	NITG-TNO, boortechnicus vibrocorer
F. Clots	NITG-TNO, boortechnicus vibrocorer
O.B. Dijkstra	NITG-TNO, operator X-star
P.J. Frantsen	NITG-TNO, interpretatie X-star
P.C.M. van der Klugt	NITG-TNO, beschrijving boorkernen vibrocorer
drs. P.T.J. Kok	NITG-TNO, projectleider X-star en vibrocorer
dr. C. Laban	NITG-TNO

Bijlage 2 Overzicht lithologische kenmerken in boringen
(bron: Laban *et al.* 2000; 3 pagina's)

Archiefnr. NITG	Werk nr.	Diepte lagen -zeebodem in m	Type sedi- ment	Geschat schelpen- percentage	Waterdiepte t.o.v. N.A.P. in m
00DW141	1	0.00-0.58 0.58-0.73 0.73-4.09	zand zand zand	1-10 10-30 1-10	04.80 (gemeten)
00DW142	2	0.00-0.38 0.38-0.43 0.43-1.00 1.00-1.92	zand klei veen zand (Pleist.)	<1 <1 0 0	05.60 (gemeten)
00DW143	3	0.00-5.10	zand	<1	04.40
00DW144	4	0.00-1.80 1.80-3.45 3.45-3.50 3.50-4.51 4.51-4.84	zand zand grind keileem (Pleist.) zand (Pleist.)	1-10 <1 <1 <1 0	17.10
00DW145	5	0.00-5.80	zand	<1	05.40
00DW146	6	0.00-5.14	zand	<1	02.10
00DW147	7	0.00-4.09	zand	<1	08.40
00DW148	8	0.00-0.40 0.40-1.30 1.30-2.63 2.63-3.00 3.00-3.30 3.30-3.60	zand zand zand zand zand zand	<1 1-10 <1 1-10 <1 10-30	12.50
00DW149	9	0.00-4.70	zand	<1	02.80
00DW150	10	0.00-2.75 2.75-4.80	zand zand (Pleist.)	<1 0	10.60
00DW151	11	0.00-3.91 3.91-4.08	zand grind	<1 <1	06.30
00DW152	12	0.00-0.35 0.35-0.44 0.44-0.53 0.53-0.62 0.62-4.60	zand klei veen zand (Pleist.) keileem (Pleist.)	<1 <1 0 0 0	14.70
00DW153	13	0.00-0.02 0.02-1.93 1.93-2.05	zand keileem (Pleist.) zand (Pleist.)	<1 0 0	17.10
00DW154	14	0.00-0.60 0.60-1.84	zand zand (Pleist.)	<1 0-<1	14.90
00DW155	15	0.00-0.22 0.22-5.40	zand klei	<1 <1	01.60
00DW156	16	0.00-1.00 1.00-1.28 1.28-1.34 1.34-3.70 3.70-4.20	zand zand veen zand zand	<1 10-30 0 <1 1-10	10.90

		4.20-4.50 4.50-5.27	zand keileem (Pleist.)	<1 0	
00DW157	17	0.00-1.50 1.50-1.65 1.65-1.75 1.75-2.40 2.40-2.90 2.90-4.53	zand zand veen zand grind keileem (Pleist.)	10-30 <1 0 <1 0 0	12.80
00DW158	18	0.00-0.60 0.60-1.05 1.05-1.12 1.12-2.90 2.90-4.63	zand zand zand keileem (Pleist.) zand	10-30 <1 10-30 <1 0	15.90
00DW159	19	0.00-0.50 0.50-0.60 0.60-1.40 1.40-4.80	zand klei zand zand	<1 <1 1-10 <1	10.50
00DW160	20	0.00-0.50 0.50-2.80 2.80-4.52	zand zand zand (Pleist.)	1-10 <1 0	08.40
00DW161	21	0.00-0.18 0.18-2.12 2.12-2.32 2.32-3.75 3.75-4.00 4.00-4.25 4.25-4.84	zand zand zand klei veen zand (Pleist.) silt (Pleist.)	<1 1-10 >30 1-10 0 0 0	03.00
00DW162	22	0.00-1.00 1.00-1.16 1.16-1.50 1.50-3.35	zand grind zand (Pleist.) zand (Pleist.)	<1 <1 0 <1	11.80
00DW163	23	0.00-0.15 0.15-0.25 0.25-0.36 0.36-1.10 1.10-1.30 1.30-1.40 1.40-3.22 3.22-3.50 3.50-4.00	zand zand zand zand zand zand klei veen zand (Pleist.)	10-30 1-10 10-30 1-10 10-30 <1 <1 0 0	04.40
00DW164	24	0.00-0.30 0.30-1.00 1.00-1.15 1.15-2.15 2.15-2.40 2.40-2.60 2.60-3.10 3.10-4.48	zand zand klei silt klei klei veen zand (Pleist.)	10-30 <1 1-10 <1 1-10 0 0 0	04.90
00DW165	25	0.00-0.10 0.10-0.28	zand zand	1-10 >1	02.70

		0.28-0.85 0.85-4.35 4.35-4.50 4.50-4.70	klei zand klei veen	1-10 1-10 0 0	
00DW166	26	0.00-4.40 4.40-4.50	zand klei	<1 <1	03.10
00DW167	27	0.00-1.75 1.75-1.78 1.78-2.28 2.28-4.10	zand klei zand zand	1-10 0 <1 0	11.20
00DW168	28	0.00-0.45 0.45-3.55 3.55-4.40	zand zand zand (Pleist.)	1-10 <1 0	14.10
00DW169	29	0.00-1.20 1.20-4.83	zand klei	<1 <1	07.60
00DW170	30	0.00-1.10 1.10-1.42 1.42-1.95	zand zand zand (Pleist.)	<1 1-10 0	12.10
00DW171	31	0.00-1.30 1.30-3.67	zand zand (Pleist.)	1-10 0	09.50
00DW172	32	0.00-0.60	zand	<1	01.00
00DW173	33	0.00-0.15 0.15-0.40 0.40-0.65 0.65-1.10 1.10-1.45 1.45-2.55 2.55-2.63 2.63-3.45	zand zand klei zand zand zand veen keileem	<1 1-10 <1 10-30 <1 10-30 0 0	14.10
00DW174	34	0.00-0.10 0.10-1.80 1.80-3.80	klei zand zand (Pleist.)	0 1-10 0	01.15
00DW175	35	0.00-0.50 0.50-0.62 0.62-2.80 2.80-3.80 3.80-4.10	zand zand zand zand zand	<1 10-30 <1 1-10 <1	10.20
00DW176	36	0.00-1.20 1.20-2.54	zand zand	1-10 <1	10.70
00DW177	37	0.00-2.53	zand	<1	11.50
00DW178	38	0.00-0.90 0.90-1.00	zand zand	1-10 <1	08.70