

**TNO-rapport**

**2007-U-R1203/C**

**Slibgehalte van het zuidelijke zandwingebied  
Maasvlakte 2**

|                  |                                 |
|------------------|---------------------------------|
| Datum            | 10 december 2007                |
| Auteur(s)        | S. van Heteren                  |
| Opdrachtgever    | Projectorganisatie Maasvlakte 2 |
| Projectnummer    | 034.79250                       |
| Aantal pagina's  | 20 (incl. bijlagen)             |
| Aantal bijlagen  | 1                               |
| Goedgekeurd door | M.J. van der Meulen             |

Alle rechten voorbehouden. Niets uit dit rapport mag worden vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk, fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van TNO.

Indien dit rapport in opdracht werd uitgebracht, wordt voor de rechten en verplichtingen van opdrachtgever en opdrachtnemer verwezen naar de Algemene Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan TNO, dan wel de betreffende terzake tussen de partijen gesloten overeenkomst.

Het ter inzage geven van het TNO-rapport aan direct belanghebbenden is toegestaan.

## Samenvatting

In een deel van het zuidelijke gebied waar de zandwinning voor Maasvlakte 2 is voorgenomen, komen in de ondiepe ondergrond slibrijke ( $< 63 \mu\text{m}$ ) lagen voor. Het gaat hierbij om laat-Pleistocene tot vroeg-Holocene komklei, met ingeschakelde bodems of een basisveendek, en om midden-Holocene getijafzettingen die bestaan uit een afwisseling van zand- en sliblaagjes.

Aan de hand van bestaande seismische en boorgegevens is de ruimtelijke verbreiding van verschillende geologische eenheden bepaald. De seismiek is ook gebruikt om de minimale dikte van de slibrijke eenheden te bepalen. Tenslotte zijn korrelgrootte-analyses van de getijafzettingen gebruikt om het gemiddelde slibgehalte van deze eenheid te schatten.

Analyse van bestaande boringen (TNO, Gemeentewerken en Fugro) op aanwezigheid van slib (klei- en siltbrokken, -pebbles, lensjes, lagen) en veen laat zien dat afzettingen met dit materiaal zich bevinden ten zuiden van de lijn tussen de zuidwestpunt en de oostpunt van het zuidelijke zandwingebied (dunne laagjes) en in een klein gebied ten zuiden van ZW-11 (dikke laag). Bestaande en nieuwe seismiek bevestigt het beeld van de boringen. Slibrijke geulopvullingen (klei met zandlensjes) zijn maar op 2 locaties aangetroffen. Ze zijn slechts 3 m dik en minder dan 100 m breed. Het dichte seismische grid van 1,4 x 1,4 km geeft ook voor deelgebieden met weinig boringen zekerheid omtrent de aan- of afwezigheid van slibhoudende lagen.

In de 4 TNO-steekboringen met komklei en veen is de dikte van deze eenheden 0,5 – 1,0 m. Op basis van de seismiek is de minimale dikte van klei en veen ingeschat op 0,5 – 2,0 m. In de boringen met getijafzettingen is de dikte van de zandlaag met sliblaagjes  $< 1 - > 5$  m. De seismiek geeft diktes van 2 – 6 m te zien.

Het slibgehalte van de komklei is niet bepaald omdat deze zich niet leent voor standaard korrelgrootteanalyses, maar zal dicht bij de 100% liggen. Het slibgehalte van de getijgeulafzettingen is voor het zuidelijke zandwingebied in 19 monsters uit 7 steekboringen van TNO bepaald op 4,5%, waarbij moet worden aangetekend dat dit een minimale schatting is. Iets dikkere sliblagen worden vaak niet in de bemonstering van boorkernen meegenomen en de monsters zijn niet voorbehandeld om aggregaatvorming van slibdeeltjes te voorkomen. Het aan de hand van de steekboringen bepaalde slibgehalte ligt hoger dan de uit de boringen van Gemeentewerken en Fugro berekende waarden omdat de daarbij gehanteerde boormethode voor de niet gestoken zandige trajecten tot slibverlies leidt.

Bij de berekening van het gemiddelde slibgehalte is uitgegaan van een windiepte van 10, 15 en 20 m en is het zuidelijke wingebied opgedeeld in 3 deelgebieden:

- noordelijke helft, met weinig slibrijke lagen;
- zuidelijke helft, met slibrijke getijgeulafzettingen;
- zuidoostelijk gebied met komklei.

In de noordelijke helft van het wingebied zijn nauwelijks slibrijke lagen aanwezig en is het gemiddelde slibpercentage gesteld op 1,5%. In de zuidelijke helft van het wingebied

is het gemiddelde gehalte 3%. In het zuidoostelijke gebied met de komklei is het gemiddelde slibgehalte in de bovenste 10 m 11%.

Uitgaande van 50% van het gebied met getijafzettingen, 7,5% met komklei en 42,5% schoon zand tot 10, 15 en 20 m diepte, kan een schatting worden gemaakt van het gemiddelde slibgehalte in het zuidelijke wingebied. Deze schatting heeft een aanzienlijke foutenmarge, met name aan de bovengrens. De berekening is als volgt:

- 42,5% x 1,5% voor de noordelijke helft van het wingebied;
- 50% x 3,0% (10 m) / 2,5% (15 m) / 2,3% (20 m) voor de zuidelijke helft van het wingebied; en
- 7,5% x 11,4 % (10 m) / 8,1% (15 m) / 6,4% (20 m) voor het zuidoostelijke gebied met de komklei

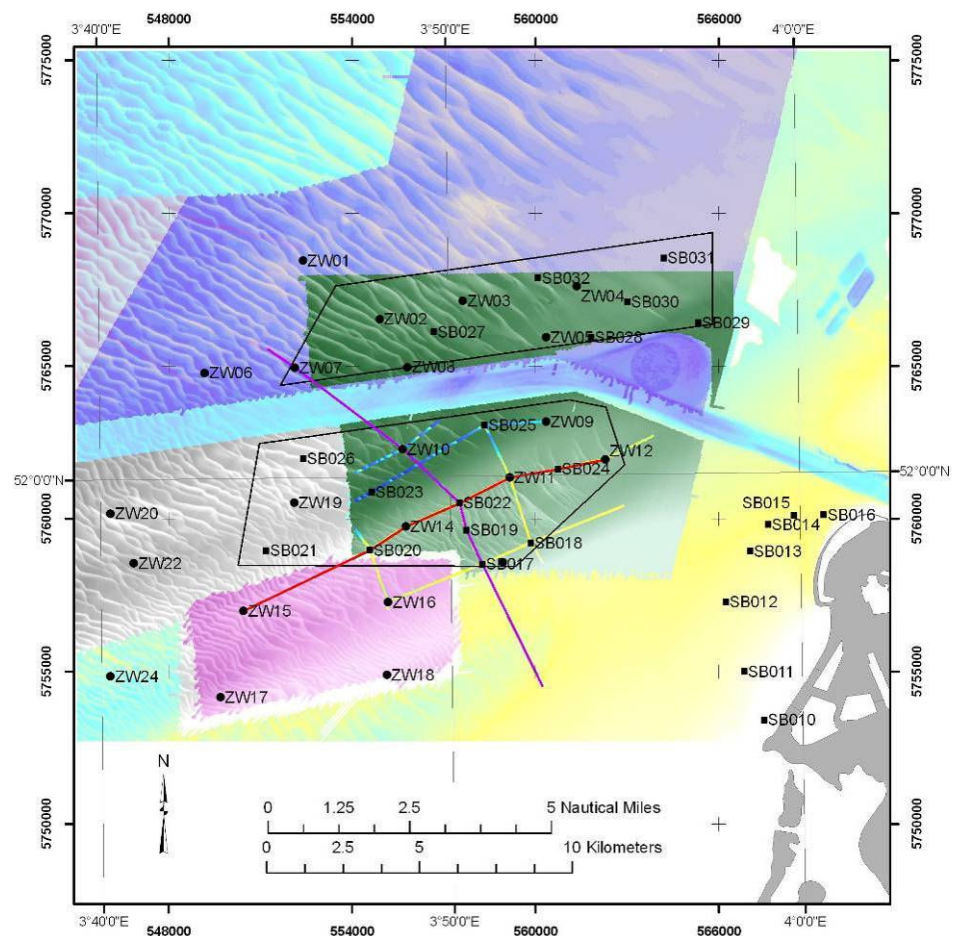
geven samen 3,0% (10 m) / 2,5% (15 m) / 2,2% (20 m) slib.

## Inhoudsopgave

|          |                                                                                                      |          |
|----------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
|          | <b>Samenvatting.....</b>                                                                             | <b>2</b> |
| <b>1</b> | <b>Inleiding.....</b>                                                                                | <b>5</b> |
| <b>2</b> | <b>Werkwijze.....</b>                                                                                | <b>6</b> |
| <b>3</b> | <b>Resultaten .....</b>                                                                              | <b>8</b> |
| 3.1      | Verbreiding van slibrijke afzettingen.....                                                           | 8        |
| 3.2      | Dikte van slibrijke afzettingen .....                                                                | 9        |
| 3.3      | Slibgehalte van slibrijke afzettingen .....                                                          | 15       |
| 3.4      | Gemiddelde slibgehalte van 3 deelgebieden tot 10, 15 en 20 m beneden zeebodem.....                   | 15       |
| 3.5      | Gemiddelde slibgehalte van het totale zuidelijke wingebied tot 10, 15 en 20 m beneden zeebodem ..... | 16       |
|          | <b>Bijlage(n)</b>                                                                                    |          |
|          | A Slibvoorkomens in de oostelijke uitbreiding van het noordelijke wingebied                          |          |

# 1 Inleiding

In een deel van het zuidelijke gebied waar de zandwinning voor Maasvlakte 2 is voorgenomen (Figuur 1), komen in de ondiepe ondergrond slibrijke ( $< 63 \mu\text{m}$ ) lagen voor. Het gaat hierbij om laat-Pleistocene tot vroeg-Holocene komklei, met ingeschakelde bodems of een basisveendek, en om midden-Holocene getijafzettingen die bestaan uit een afwisseling van zand- en sliblaagjes. Gezien de milieutechnische eis dat gewonnen zand voor Maasvlakte 2 gemiddeld minder dan 2,5% slib mag bevatten, heeft de Projectorganisatie Maasvlakte 2 TNO verzocht om het slibgehalte binnen het wingebed te karakteriseren.



Figuur 1: Locatie van de potentiële zandwingebeden (polygonen binnen zwarte lijnen), geprojecteerd op de bathymetrie.

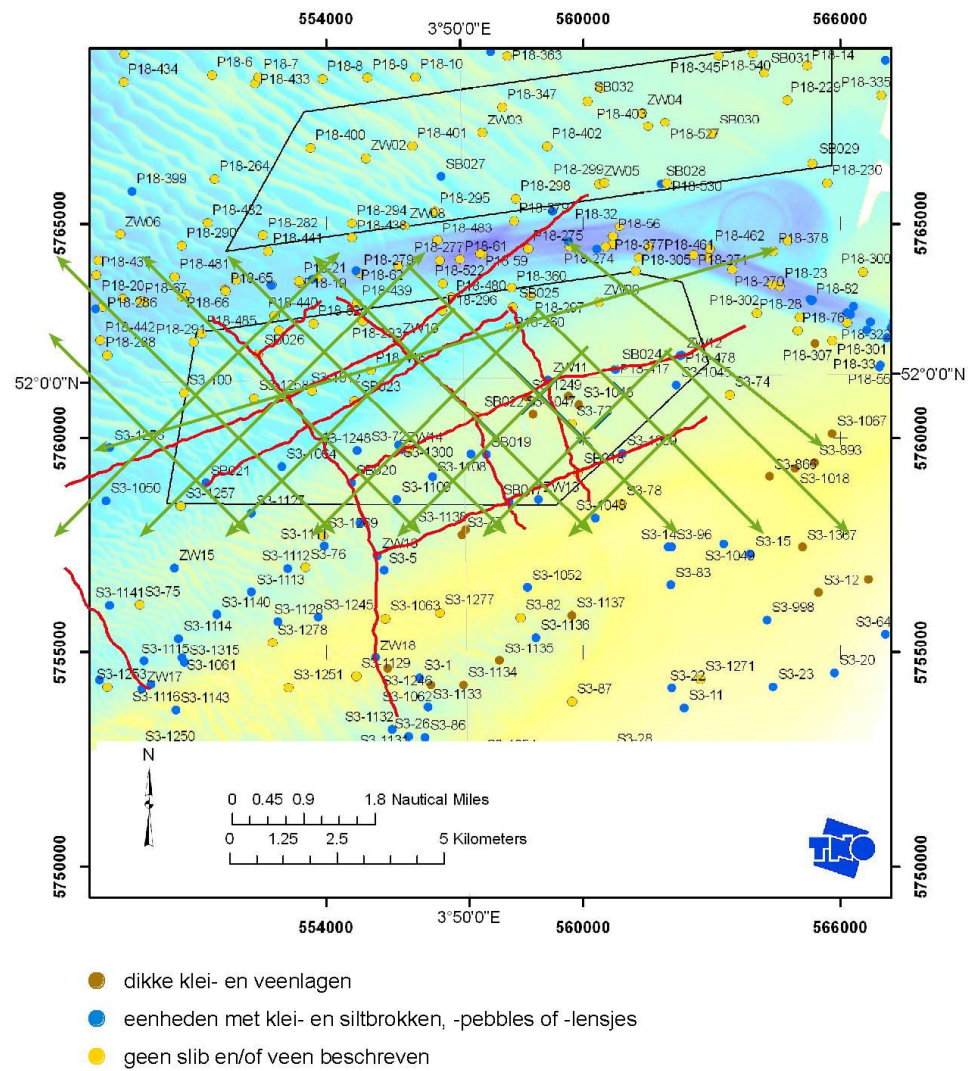
## 2 Werkwijze

Aan de hand van bestaande seismische en boorgegevens (Figuur 2) is de ruimtelijke verbreiding van verschillende geologische eenheden bepaald. Daarbij zijn boringen van Gemeentewerken Rotterdam en Fugro, uitgevoerd in het kader van de aanbestedingsprocedure voor het eerste aanlegcontract van Maasvlakte 2 aangevuld met boringen uit de database van TNO, en is TNO-seismiek aangevuld met 9 nieuwe seismische profielen die door TNO voor de Projectorganisatie Maasvlakte 2 zijn geschoten. De seismiek is ook gebruikt om de minimale dikte van de slibrijke eenheden (laat-Pleistocene tot vroeg-Holocene komklei met basisveen en midden-Holocene getijafzettingen) te bepalen. Tenslotte zijn korrelgrootte-analyses van de getijafzettingen gebruikt om het gemiddelde slibgehalte van deze eenheid te schatten. Voor deze schatting zijn alleen analyses gebruikt die met een laser particle sizer op sedimentmonsters uit ongestoorde steekboringen van TNO zijn verricht. De door Gemeentewerken Rotterdam en Fugro uitgevoerde boringen leveren voor de zandige trajecten sedimentmonsters op waarvan een deel van het slib tijdens de bemonstering verloren is gegaan, en zijn daarom minder geschikt om een betrouwbare schatting van het slibgehalte te maken. Om deze reden is het uit de steekboringen berekende gemiddelde slibgehalte hoger dan de typische waarden voor de boormonsters van Gemeentewerken Rotterdam en Fugro. Het slibgehalte van de komklei is in de berekeningen op 100% gesteld. Hierbij moet worden aangetekend dat dit een maximum slibgehalte oplevert. In werkelijkheid zal een deel van deze eenheid bij winning als kleibrokken vrijkomen, waardoor de hoeveelheid slib die in de waterkolom zal terechtkomen waarschijnlijk aanzienlijk minder dan het berekende maximum zal zijn. De precieze hoeveelheid die als brokken zal vrijkomen, kan op grond van de beschikbare gegevens niet worden bepaald.

Bij de berekening van het gemiddelde slibgehalte is uitgegaan van windieptes van 10, 15 en 20 m en is het zuidelijke wingebied opgedeeld in 3 deelgebieden:

- noordelijke helft, met weinig slibrijke lagen;
- zuidelijke helft, met slibrijke getijgeulafzettingen;
- zuidoostelijk gebied met komklei.

De berekende gemiddelde slibgehalten van deze 3 deelgebieden zijn tenslotte gebruikt om het gemiddelde slibgehalte voor het hele zuidelijke wingebied zo goed mogelijk in te schatten.

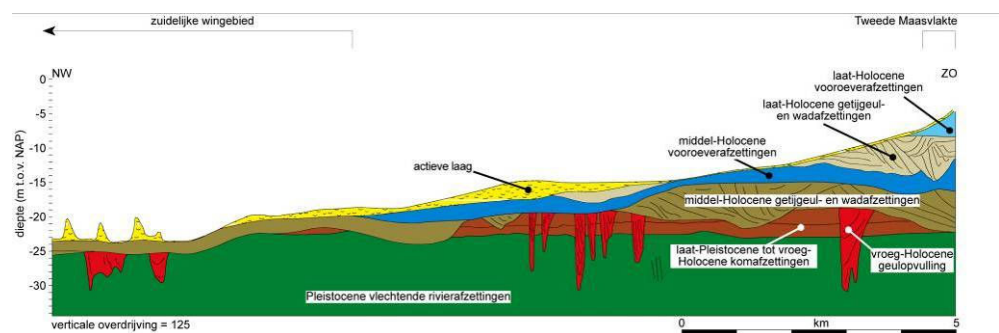


Figuur 2: Overzicht van boorgegevens en seismische lijnen (groene regelmatige grid is bestaande seismiek, roodbruine kronkelige lijnen zijn nieuwe seismiek).

### 3 Resultaten

#### 3.1 Verbreiding van slibrijke afzettingen

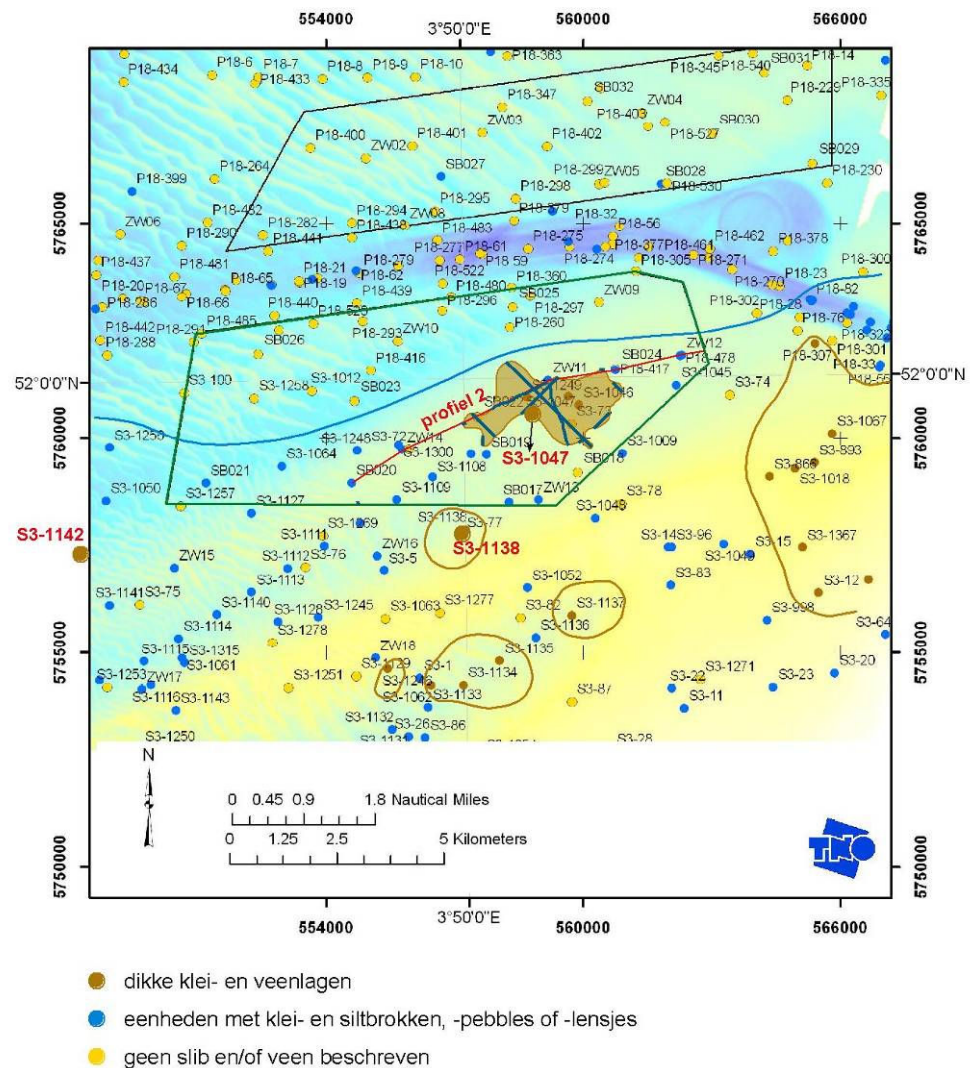
Het zuidelijke wingebied kenmerkt zich door de aanwezigheid van laat-Pleistocene tot vroeg-Holocene komafzettingen van een meanderende rivier, vroeg-Holocene geulopvullingen van een getijgebied, en midden-Holocene getijgeul- en wadafzettingen (Figuur 3). Richting de Tweede Maasvlakte nemen de komafzettingen en geulopvullingen in dikte en aantal toe.



Figuur 3: Overzicht van de in het onderzoeksgebied voorkomende geologische eenheden.

Analyse van bestaande boringen (TNO, Fugro en Gemeentewerken Rotterdam) op aanwezigheid van slib (klei- en siltbrokken, -pebbles, lensjes, lagen) en veen laat zien dat afzettingen met dit materiaal zich bevinden ten zuiden van de lijn tussen de zuidwestpunt en de oostpunt van het zuidelijke zandwingebied (dunne laagjes) en in een klein gebied ten zuiden van ZW-11 (dikke laag) (Figuur 4).

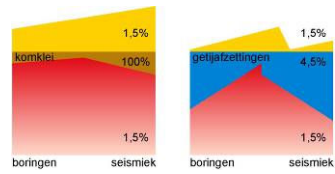
Bestaande en nieuwe seismiek bevestigt het beeld van de boringen. Het bestaande seismische grid is 1,4 x 1,4 km en de nieuwe seismiek verdicht dit grid nog verder. De goede dekkingsgraad maakt het mogelijk om de verbreiding van de dikke komkleilaag nauwkeurig in kaart te brengen (Figuur 4). Buiten het in figuur 4 aangegeven gebied is binnen het zuidelijke wingebied geen komklei te verwachten. De slibrijke getijafzettingen zijn in de zuidelijke helft van het zuidelijke wingebied goed herkenbaar. Op de seismiek vormen ze een relatief donkere eenheid die door een donkere reflectie is gescheiden van de onderliggende transparante eenheid (Pleistoceen zand). Deze eenheid is in het zuidoosten van het wingebied het dikst en het rijkst aan slib. Boringen SB17 en ZW13 bevestigen dit beeld. De overgang van de slibrijke getijgeulafzettingen naar slibarm wadzand in noordelijke richting is geleidelijk en kan op de seismische profielen niet eenduidig worden bepaald. Het wadzand geeft op de seismiek namelijk eenzelfde transparante configuratie als het Pleistocene rivierzand onder het Holocene. Slibrijke geulopvullingen (klei met zandlensjes) zijn maar op 2 locaties aangetroffen. Ze zijn slechts 3 m dik en minder dan 100 m breed.



Figuur 4: Verbreiding van dikke klei- en veenlagen (bruine stippen) en van eenheden met klei- en siltbrokken, -pebbles, en lensjes (blauwe stippen). De gele stippen zijn boringen waarvoor in de beschrijving slib en veen afwezig zijn. De seismiek (lichtbruine vlek) bevestigt en detailleert het beeld van de boringen. Het betreffende deelgebied vormt ongeveer 7,5% van het zuidelijke wingebied. Het gebied met slibrijke getijgeulafzettingen (beneden de blauwe lijn) beslaat ongeveer de helft van het zuidelijke wingebied.

### 3.2 Dikte van slibrijke afzettingen

De dikte van de slibrijke lagen is schematisch weergegeven in figuur 5. In de 4 steekboringen van TNO met komklei en veen is de dikte van deze eenheden 0,5 – 1,0 m (Figuur 6a en b). Op basis van de seismiek is de minimale dikte van klei en veen ingeschat op 0,5 – 2,0 m. De eenheid wordt afgedekt door een 2 – 4 m dikke laag schoon zand. In de steekboringen van TNO met getijafzettingen is de dikte van de zandlaag met sliblaagjes (in geroerde monsters pebbles of brokjes) < 1 – > 5 m (Figuur 7). De seismiek geeft diktes van 2 – 6 m te zien (Figuur 8). De getijafzettingen worden alleen bedekt door zandgolven, en komen in de troggen aan of nabij het zeebodempoppervlak.



Figuur 5: Schematisch overzicht van de dikte van slibhoudende lagen.



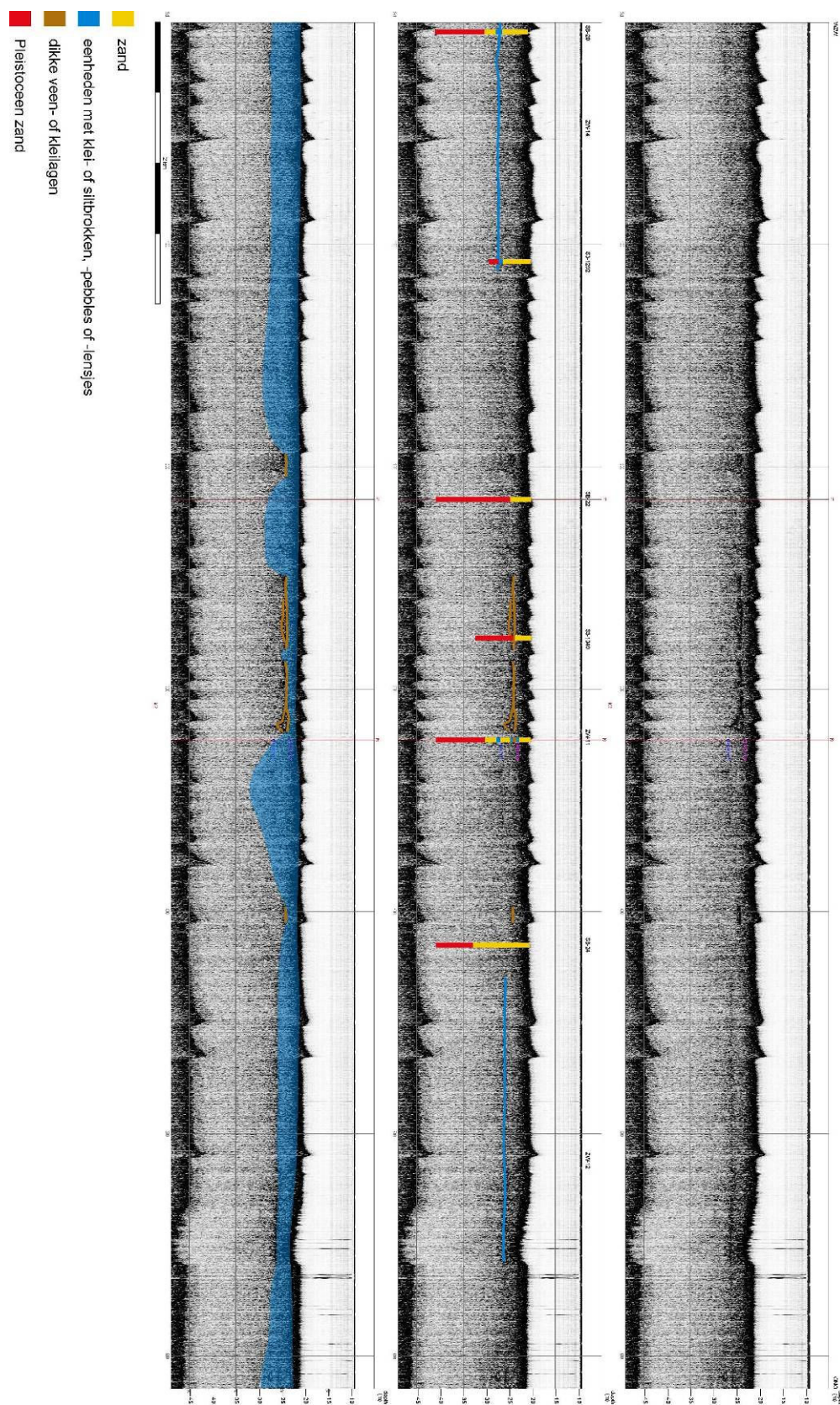
Figuur 6a: TNO-boring S3-1047. Een dunne veenlaag (zwart) bevindt zich op organische komklei.



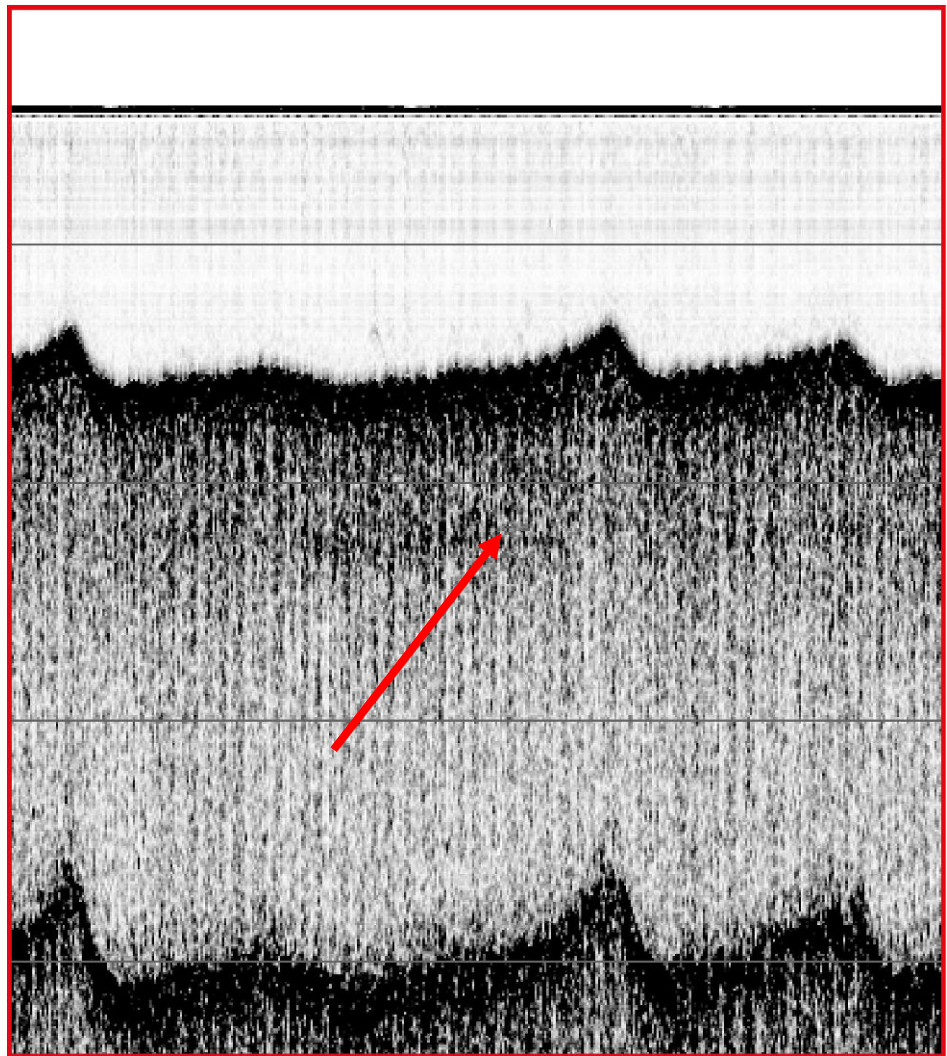
Figuur 6b: TNO-boring S3-1138. Een veenlaag (zwart) met later ingegraven boormosselen bevindt zich op organische komklei.



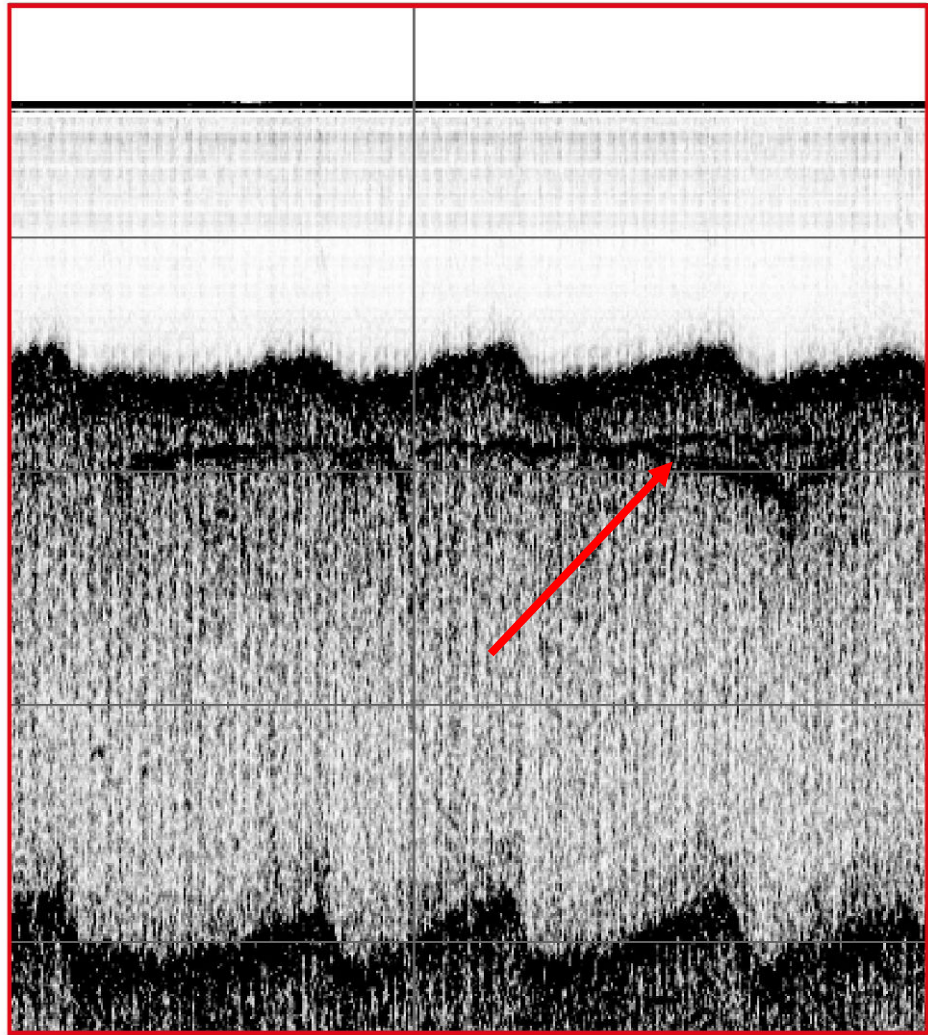
Figuur 7: TNO-boring S3-1142. Fijn zand met sliblaagjes is aanwezig vanaf een diepte van ongeveer 3 m. De donkere kleur wijst op de aanwezigheid van organisch materiaal, en contrasteert met die van de bovenliggende geelbruine zanden.



Figuur 8a: Seismisch profiel 2 (voor locatie, zie figuur 4). Rechts het oorspronkelijk profiel, midden de boringen (geel = zand, blauw is zand met sliedlagen, bruin = klei en veen, rood is grindhoudend zand) en de belangrijkste reflecties (blauw = basis van zand met sliedlagen, bruin = klei en veen), en links de geïnterpreteerde dikte van het zand met de sliedlagen (blauw).



Figuur 8b: Detail van figuur 8a, met getijafzettingen zichtbaar als donkere facies met aan basis donkere reflectie (rode pijl).



Figuur 8c: Detail van figuur 8a, met klei en veen zichtbaar als donkere reflecties (rode pijl).

### 3.3 Slibgehalte van slibrijke afzettingen

Het slibgehalte van de komklei is niet bepaald omdat deze zich niet leent voor standaard korrelgrootteanalyses, maar zal dicht bij de 100% liggen. Het slibgehalte van de getijgeulafzettingen is voor het zuidelijke zandwingebied in 19 monsters uit 7 steekboringen van TNO gemeten. Gemiddeld is 4,5% slib gemeten, waarbij moet worden aangetekend dat dit een minimale schatting is. Iets dikkere sliblagen worden vaak niet in de bemonstering meegenomen en de monsters zijn niet voorbehandeld om aggregaatforming van slibdeeltjes te voorkomen.

### 3.4 Gemiddelde slibgehalte van 3 deelgebieden tot 10, 15 en 20 m beneden zeebodem

Bij de berekening van het gemiddelde slibgehalte is uitgegaan van een windiepte van 10, 15 en 20 m en is het zuidelijke wingebied opgedeeld in 3 deelgebieden (Figuur 9):

- noordelijke helft, met weinig slibrijke lagen;

- zuidelijke helft, met slibrijke getijgeulafzettingen;
- zuidoostelijk gebied met komklei.

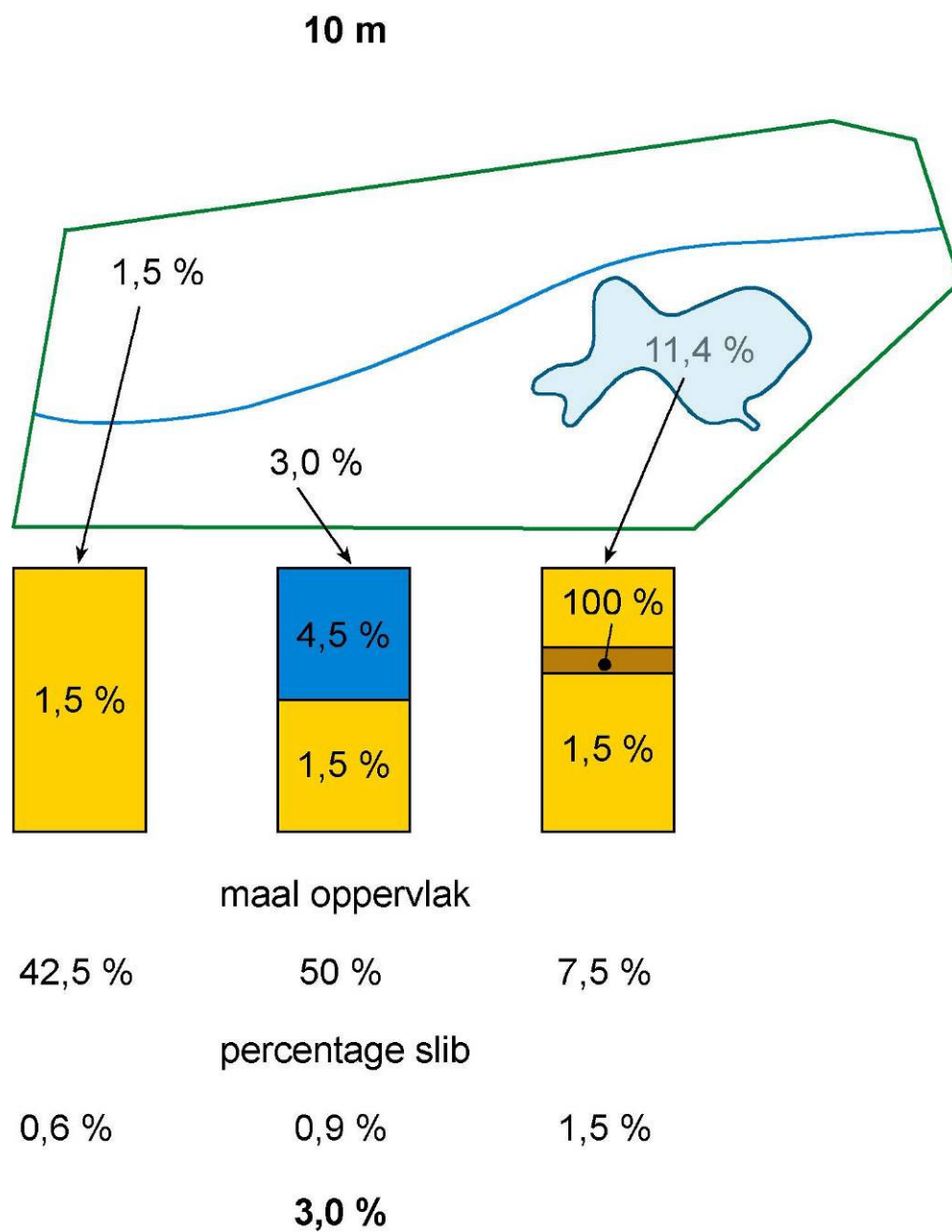
In de noordelijke helft van het wingebied zijn nauwelijks slibrijke lagen aanwezig en is het gemiddelde slibpercentage gesteld op 1,5%. In de zuidelijke helft van het wingebied zijn de slibrijke getijafzettingen gemiddeld minimaal 5 m dik. De rest van de afzettingen bevat 1,5% slib. In het zuidoostelijke gebied met de komklei is naast schoon zand met 1,5% slib ook 1 m komklei met 100% slib aanwezig. Figuur 9 geeft een overzicht van gemiddelde slibgehalten voor deze deelgebieden bij winning tot 10 (a), 15 (b) en 20 m (c).

### **3.5 Gemiddelde slibgehalte van het totale zuidelijke wingebied tot 10, 15 en 20 m beneden zeebodem**

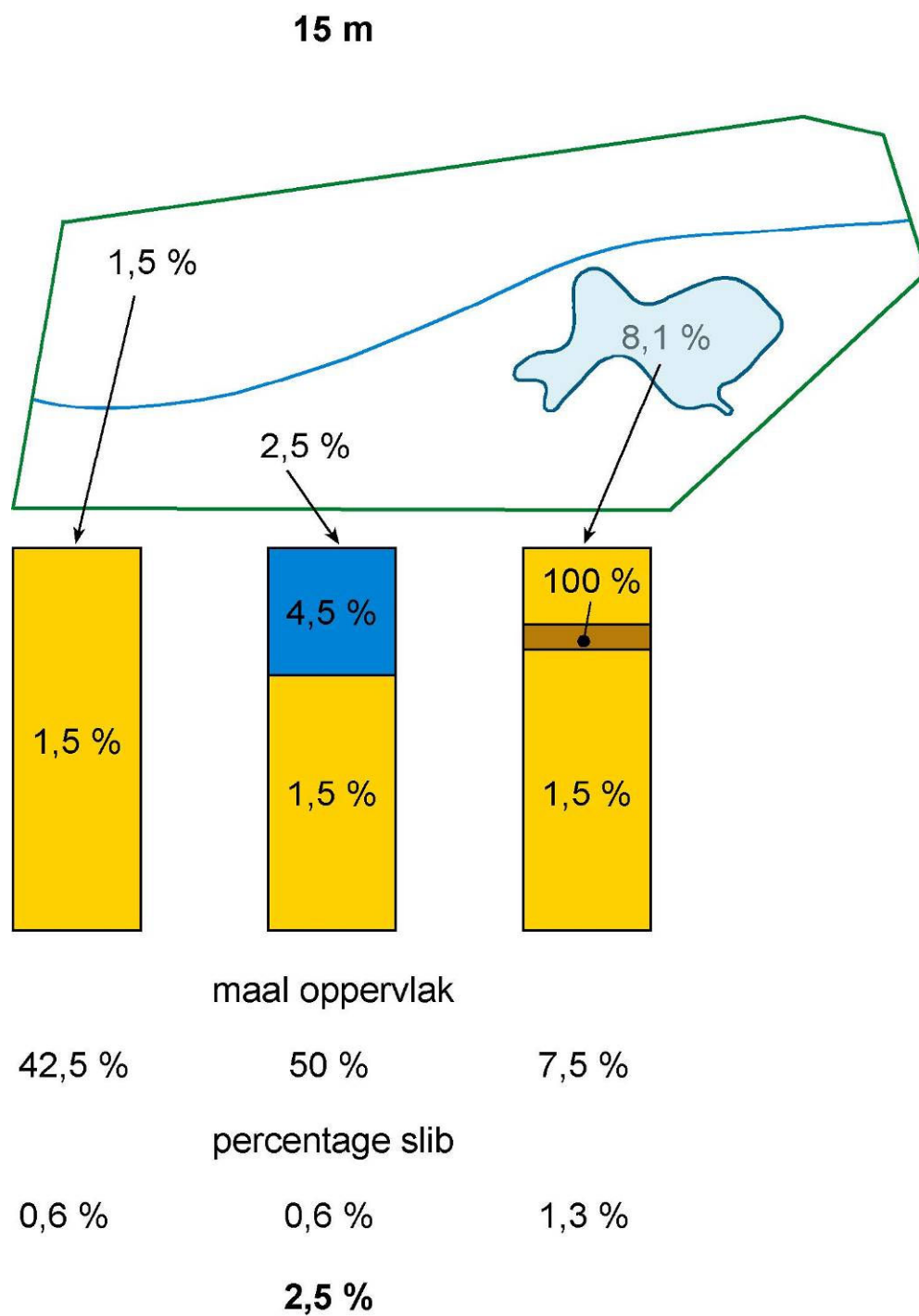
Uitgaande van 50% van het gebied met getijafzettingen, 7,5% met komklei en 42,5% schoon zand tot 10, 15 en 20 m diepte, kan een schatting worden gemaakt van het gemiddelde slibgehalte in het zuidelijke wingebied. Deze schatting heeft een aanzienlijke foutenmarge, met name aan de bovengrens. De berekening is als volgt:

- $42,5\% \times 1,5\%$  voor de noordelijke helft van het wingebied;
- $50\% \times 3,0\%$  (10 m) /  $2,5\%$  (15 m) /  $2,3\%$  (20 m) voor de zuidelijke helft van het wingebied; en
- $7,5\% \times 11,4\%$  (10 m) /  $8,1\%$  (15 m) /  $6,4\%$  (20 m) voor het zuidoostelijke gebied met de komklei

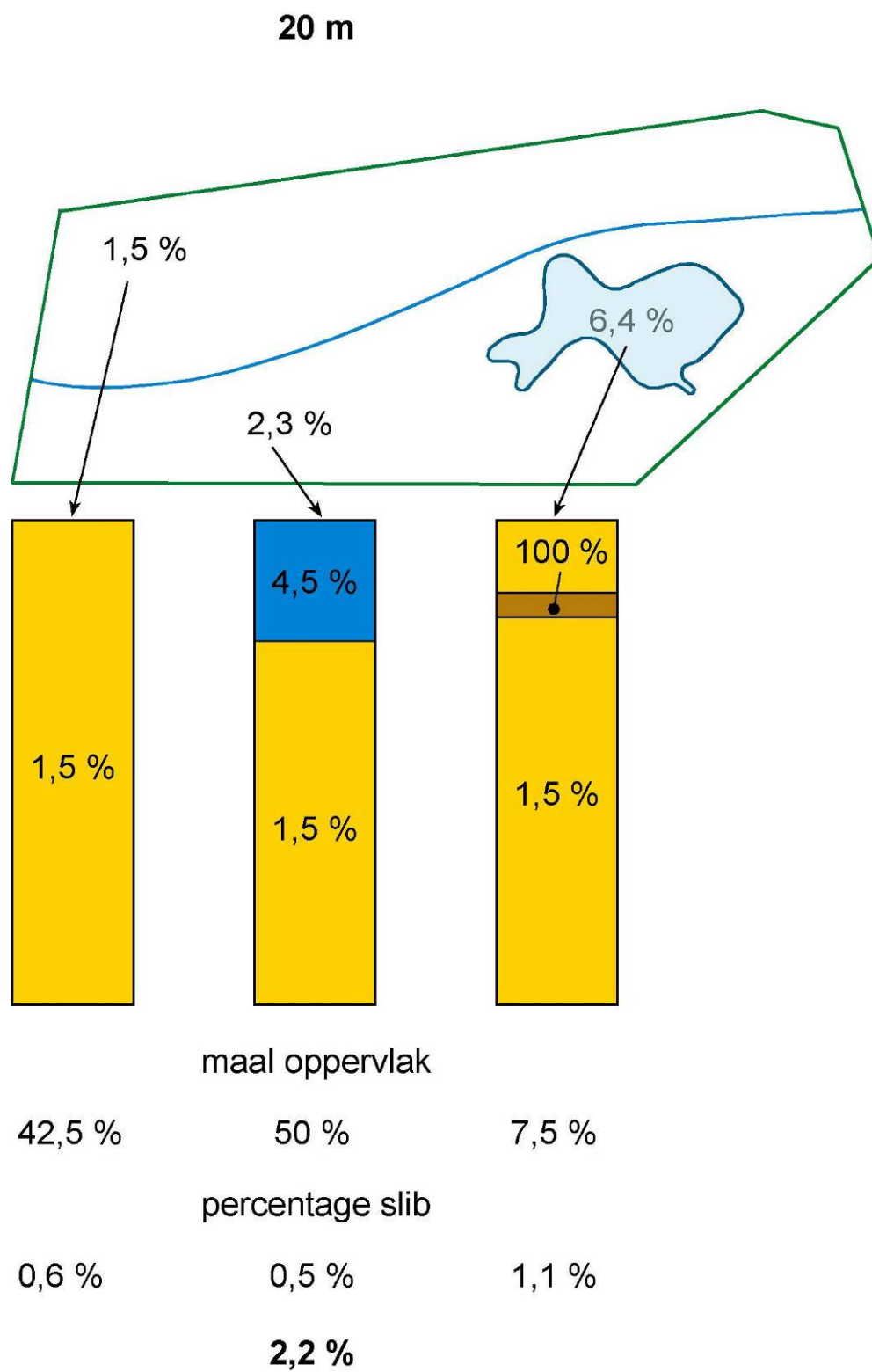
geven samen  $3,0\%$  (10 m) /  $2,5\%$  (15 m) /  $2,2\%$  (20 m) slib.



Figuur 9a: Overzicht siltgehalte voor winning tot 10 m beneden zeebodem.



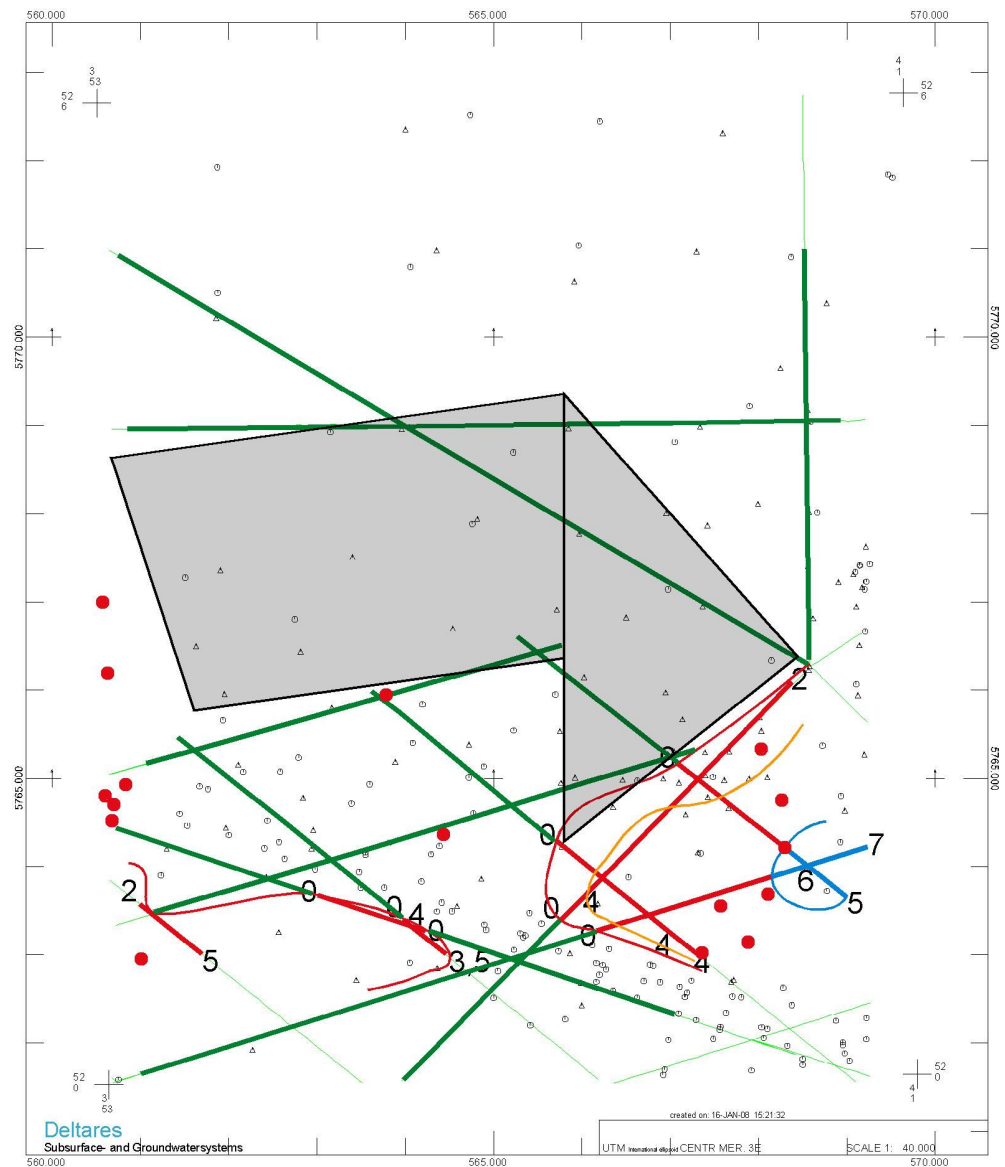
Figuur 9b: Overzicht slibgehalte voor winning tot 15 m beneden zeebodem.



Figuur 9c: Overzicht slibgehalte voor winning tot 20 m beneden zeebodem.

## A Slibvoorkomens in de oostelijke uitbreiding van het noordelijke wingebied

In aanvulling op de analyse van boor- en seismische gegevens van het zuidelijke zandwingebied is ook een analyse uitgevoerd voor de in figuur A1 aangegeven oostelijke uitbreiding van het noordelijke wingebied. In dit gebied zijn geen dikke kleilagen aanwezig. Wel komen de slibrijke getijafzettingen lokaal voor, maar alleen als dunne laag in het uiterste zuiden (Figuur A1). Het slibgehalte van het te winnen zand zal voor windieptes van 10, 15 en 20 m rond de 1,5% liggen.



Figuur A1: Verbreiding (rood is aanwezig, groen is afwezig) en dikte (in m, gemeten aan de hand van seismiek) van slibrijke getijafzettingen in en rondom de oostelijke uitbreiding van het noordelijke zandwingebied (grijze driehoek). Dunne rode, oranje en blauwe lijnen zijn de 0-, 2,5- en 5-m diktecontouren.