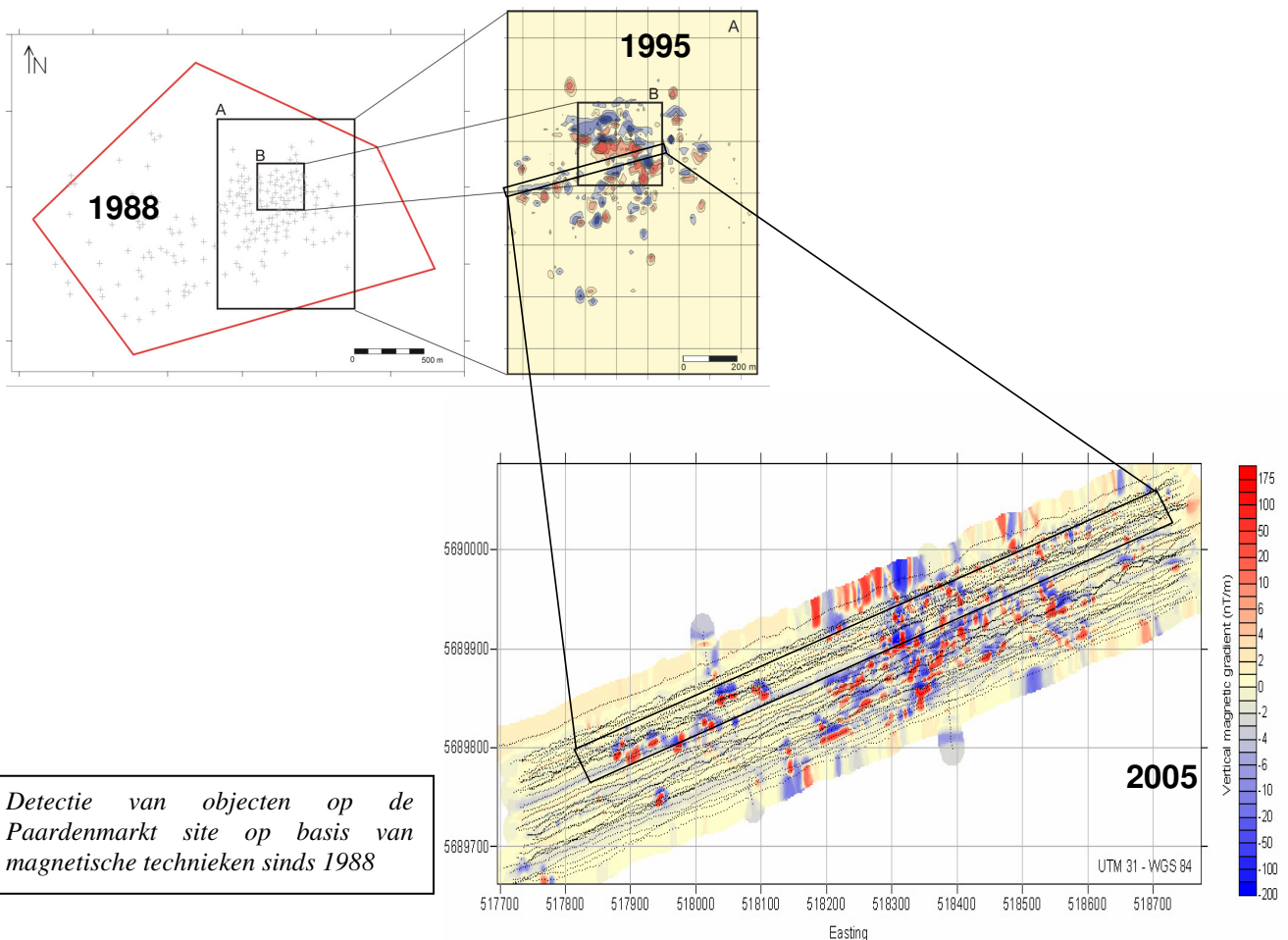


FOD Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu

Directoraat-Generaal Leefmilieu

Opdracht INSPA-22701: Uitvoeren van gevorderde Magneto/Gradiometrische metingen op testzones op de Paardenmarkt

Eindverslag



Inhoudsopgave

Samenvatting

- 1. Inleiding**
- 2. Principe van de methode**
- 3. Resolutie & detectiegrens van magnetische technieken**
- 4. Meettechniek**
 - 4.1. Positionering van de peilvlet**
 - 4.2. Magnetometers**
 - 4.3. Slepen op gecontroleerde diepte**
 - 4.4. Hoogte boven bodem**
 - 4.5. Onderwaterpositionering**
- 5. Meetcampagne oktober 2005**
- 6. Resultaten**
 - 6.1. Profielen**
 - 6.2. Kaarten**
- 7. Interpretatie**
 - 7.1. Individuele anomalieën**
 - 7.2. Kaarten**
 - 7.3. Analytisch signaal**
 - 7.4. Systematische interpretatie**
- 8. Conclusies**

15 figuren in de tekst
3 documenten in annex



Certified Safety VCA*

Rue Frumhy 34
B 4671 Blegny – Belgium

tél : +32 (0)4 387 85 00 fax : +32 (0)4 387 85 09

G-tec

Geophysical Exploration – Engineering Geology

Web : www.gtec.be


E-mail : info@gtec.be



Certified ISO9001:2000

Interleuvenlaan 62 – Zone 2
B 3001 Heverlee – België

tel : +32 (0) 475 27 58 06

	FOD Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu Directoraat-Generaal Leefmilieu Opdracht INSPA-22701 Uitvoeren van gevorderde Magneto/gradiometrische metingen op testzones op de Paardenmarkt EINDRAPPORT	05_038
		Date : 12/12/05
		Page 3 of 19

Samenvatting

In oktober 2005 werden magnetometrische/gradiometrische metingen uitgevoerd op een teststrook van de Paardenmarkt (1 km x 100 m), een stortsite van oorlogsmateriaal. De positie van de teststrook werd gekozen op basis van een vorige magnetische campagne, uitgevoerd in 1995. De doelstelling was om de huidige mogelijkheden en beperkingen van de techniek in situ te bepalen, o.a. om te zien in welke mate de resolutie en de detectiegrens verbeterd kunnen worden door het slepen van de meetapparatuur dicht bij de zeebodem. In 1995 werd de apparatuur aan het oppervlak geslept.

De metingen zijn goed verlopen en de resulterende kaarten tonen een duidelijke verbetering (factor 5 tot 10) in nauwkeurigheid, resolutie en detectiegrens.


De technische conclusies van de testmetingen zijn als volgt :

- Het slepen van de magnetometers 1 – 2 m boven de zeebodem resulteert in een veel betere resolutie dan wanneer gemeten wordt vanaf het oppervlak.
- Horizontale posities worden met een nauwkeurigheid van ca 1 m bepaald.
- De positie van objecten en/of accumulatie van objecten is duidelijk te zien op de magnetische kaarten.
- De vorm van de anomalieën geeft een indicatie over de geometrie van de objecten of accumulaties. Er bestaat een duidelijk onderscheid tussen individuele anomalieën, lange anomalieën en clusters.
- Door de veel betere resolutie kan de diepte beter geëvalueerd worden. Dit leidt ook tot een betere raming van de massa's.
- De betere kwaliteit van de gegevens laat toe om geavanceerde interpretatietechnieken te gebruiken zoals bijvoorbeeld analytic signal, Euler deconvolution, ...

De documenten 1 en 2 in bijlage tonen de magnetische kaarten. De verbetering tov de kaarten uit 1995 zijn evident, vooral wat betreft de resolutie. Document 3 toont de positie van alle gedetecteerde objecten (of accumulaties) in de teststrook, met een raming van de massa's en diepten. Qua resultaten luiden de conclusies als volgt :

- In de teststrook (ong. 1 km x 100 m) worden één “centrale cluster” en ong. 350 voorwerpen of accumulatiezones gedetecteerd.
- Op basis van de huidige interpretatie bevinden de meeste objecten zich 2 tot 6 m onder de zeebodem.
- Voor de meeste voorwerpen (of accumulaties) ligt de geraamde massa onder de 200 kg.
- Deze conclusies houden maar in beperkte mate rekening met de centrale cluster waar een specifieke interpretatietechniek nodig is.
- Magnetometrie is een potentiaalmethodetechniek en er bestaat een grote onzekerheid over de magnetische eigenschappen van de voorwerpen. De raming van de massa is dus onnauwkeurig.

Uit deze resultaten blijkt dat het mogelijk is om directe verkenningen door boringen of sonderingen in de nabijheid van gestorte voorwerpen te plannen.

	FOD Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu Directoraat-Generaal Leefmilieu	05_038
	Opdracht INSPA-22701 Uitvoeren van gevorderde Magneto/gradiometrische metingen op testzones op de Paardenmarkt	Date : 12/12/05
	EINDRAPPORT	Page 4 of 19

1. Inleiding

In het kader van de verkenning van oorlogsmateriaal, gestort in de jaren '20 op de Paardenmarkt, heeft het directoraat-generaal Leefmilieu een opdracht aan G-Tec gegund om de huidige mogelijkheden van magnetische en gradiometrische technieken op basis van testmetingen vast te stellen. Deze testmetingen werden tussen 17 en 21 oktober 2005 uitgevoerd.

In het verleden werden al meerdere detectiecampagnes uitgevoerd om de positie van het gestorte materiaal beter in kaart te brengen. Magnetische technieken werden ingezet in 1988 (normale magnetometrie) en in 1995 (magnetometrie en gradiometrie). Deze hebben de posities van de stortzones duidelijk aangetoond, maar de resolutie bleef echter beperkt omdat de magnetische sensoren zich bij het wateroppervlak bevonden.

Recente technologische ontwikkelingen resulteren in

- gevoeliger magnetische meetapparatuur ;
- mogelijkheden om de sensoren op gecontroleerde diepte onder water te slepen ;
- betere positionering boven water (RTK DGPS)
- betere positionering onder water (USBL)

Men verwacht dat door het gebruik van deze recente technieken, en door de methodologie optimaal aan deze site aan te passen, de positionering van de objecten, de detecteerbaarheid en de resolutie op duidelijke manier verbetert, t.o.v. de vorige meetcampagnes.


2. Principe van de methode

Magnetisch veld van de aarde

Het magnetisch veld van de aarde kan worden vergeleken met dat van een magneet. Op elke plaats is het veld een vector, gekenmerkt door :

- intensiteit, gemeten in nT (nanotesla)
- inclinatie (hoek met de horizontale)
- declinatie (hoek met het geografisch noorden)

In België is de intensiteit ongeveer 48.000 nT en de inclinatie 60°. De declinatie is verwaarloosbaar. Het veld blijft niet onveranderlijk : kortstondige afwijkingen bestaan uit dagelijkse schommelingen van enkele tientallen nT; magnetische stormen veroorzaken variaties van enkele honderden nT die precieze meetcampagnes onmogelijk maken.

	FOD Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu Directoraat-Generaal Leefmilieu Opdracht INSPA-22701 Uitvoeren van gevorderde Magneto/gradiometrische metingen op testzones op de Paardenmarkt EINDRAPPORT	05_038
		Date : 12/12/05
		Page 5 of 19

Magnetische eigenschappen van stoffen

Men moet een onderscheid maken tussen remanente en geïnduceerde magnetisatie.

Het magnetisch veld van de aarde veroorzaakt in alle stoffen een geïnduceerde magnetisatie :

$$I_i = k \cdot F$$

met : I_i : geïnduceerde magnetisatie
 k : magnetische susceptibiliteit
 F : magnetisch veld van de aarde

Gewoonlijk worden cgs-eenheden gebruikt ($k_{SI} = 4\pi \text{ kcgs}$)

Voor de meeste stoffen is k zeer klein (10^{-6}) waardoor de geïnduceerde magnetisatie dus verwaarloosbaar is. Magnetiet, ijzer en sommige ijzerlegeringen worden daarentegen gekenmerkt door een zeer hoge susceptibiliteit. Voor gewoon ijzer heeft men : $k = 1$ à 10 cgs .

Remanente magnetisatie is moeilijk kwantitatief te meten en ook te interpreteren. Als de anomalieën veroorzaakt worden door een groot aantal voorwerpen, speelt remanente magnetisatie bijna geen rol omdat de verschillende voorwerpen verschillend georiënteerd zijn, wat een vermindering van de invloed van de remanente magnetisatie veroorzaakt.

Interpretatie van magnetische anomalieën

De aanwezigheid van stoffen met een hoge magnetische susceptibiliteit, zoals ijzerschroot, veroorzaakt een geïnduceerde magnetisatie die bij het aardmagnetisch veld wordt toegevoegd. Welke magnetische anomalie precies gemeten wordt, hangt van verschillende factoren af: van het voorwerp zelf, van zijn ligging, de locale inclinatie van het aardmagnetisch veld en van de oriëntatie van het meetprofiel.

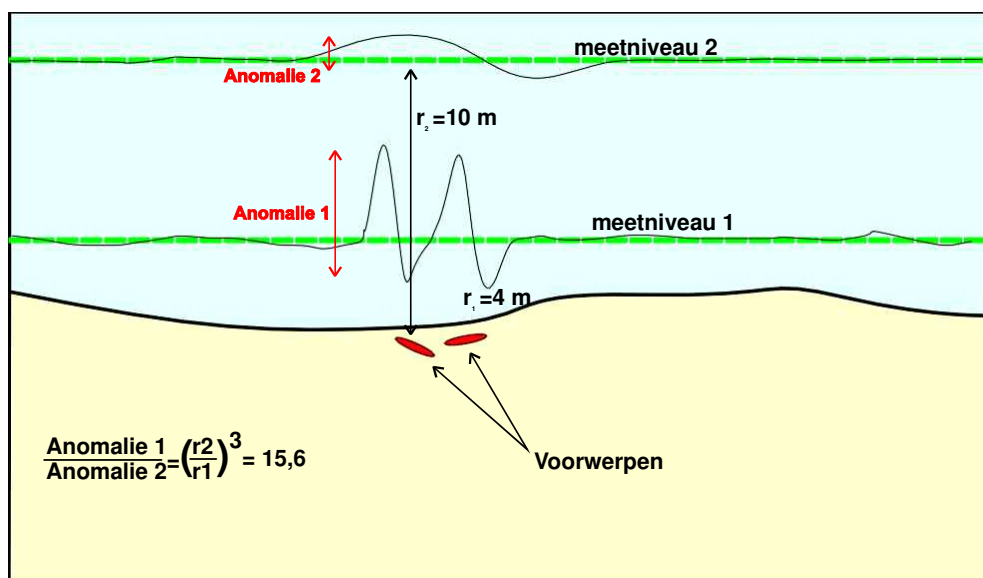
Gradiometrie

Gradiometrie is gebaseerd op het meten van de verticale gradiënt (nT/m) van het aardmagnetisch veld (nT), wat in praktijk neerkomt op het meten van het magnetisch veld met twee sensoren op een verschillende maar welbepaalde hoogte. Het voordeel van de verticale gradiënt ligt in het feit dat de gradiënt minder gevoelig is voor lateraal gelegen (en dus storende) objecten, wat het onderkennen van een anomalie in een omgeving gekenmerkt door storende factoren zoals voorbijvarende schepen mogelijk maakt. Men krijgt een maximale respons wanneer de sensoren zich vlak boven de voorwerpen bevinden. Dit resulteert in een hogere horizontale resolutie.

3. Resolutie & detectiegrens van magnetische technieken

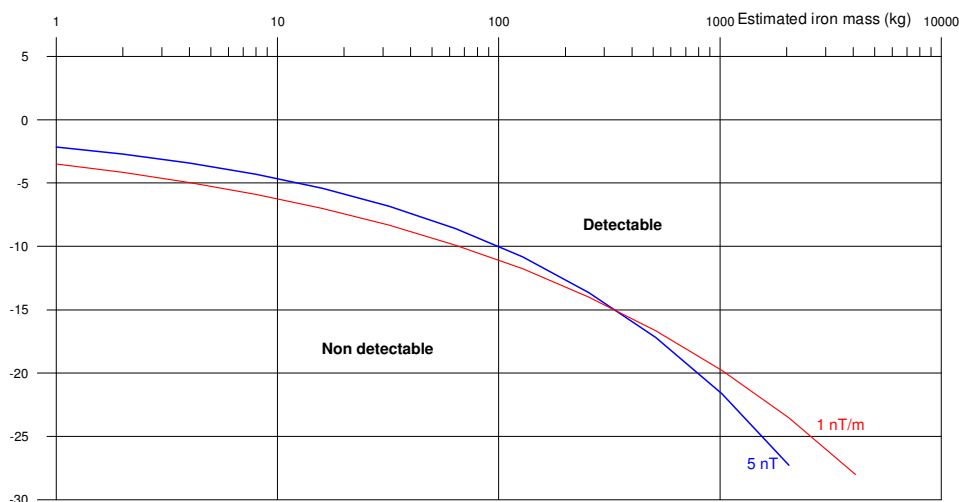
De afstand tussen de magnetische sensoren en de objecten speelt een zeer belangrijke rol qua resolutie en detectiegrens.

Magnetometrie is een potentiaalmethod, zoals bv geo-elektriek, gravimetrie, etc. Alle potentiaal methoden zijn gebaseerd op een Laplace of een Poisson vergelijking. Het gaat dus over een diffusie fenomeen. Hoe groter de afstand tussen meetapparatuur en "target", des te lager de resolutie. De volgende figuur illustreert de magnetische anomalie, boven 2 objecten, met de meetapparatuur op 2 verschillende niveaus. Indien de afstand tussen sensor en object klein is (apparatuur dicht bij de bodem), zijn de 2 anomalieën duidelijk van elkaar te onderscheiden. Op grotere afstand (apparatuur dicht bij het oppervlak) is maar één brede anomalie zichtbaar. De vermindering van de amplitude (A) van de anomalie is ook duidelijk te zien. De amplitude is functie van de afstand tot de derde macht. Een verdubbeling van de afstand resulteert dus in een vermindering van de amplitude met een factor $2^3=8$.



Figuur 1 : Magnetische anomalie boven 2 objecten, afhankelijk van het meetniveau

De volgende grafiek geeft de detectiegrens (ijzermassa, horizontale as) in functie van de afstand (sensor-object, verticale as), onder "normale" omstandigheden. De afstand "sensor-object" is de som van de hoogte van de sensoren boven bodem en de diepte van het object onder de bodem. De rode curve heeft betrekking tot gradiëntmetingen, de blauwe tot gewone veldmetingen. Het dient vermeld te worden dat deze waarden indicatief zijn, en sterk afhangen van de meetomgeving en van de magnetische eigenschappen van de objecten.



Maximum detection depth assuming a field detection limit of 5 nT

Maximum detection depth assuming a gradient detection limit of 1 nT/m

Figuur 2 ; Detectiegrens in functie van de afstand sensor-object

De intensiteit van de magnetische anomalie van individuele objecten (dipolen) varieert met de derde macht van de afstand tussen sensor en object. De anomalie van de verticale gradiënt varieert met de vierde macht. De volgende tabel toont de verbeteringsfactor van de gevoeligheid voor een object gesitueerd onder de zeebodem, in functie van de diepte van de sensoren. De verbetering is berekend t.o.v. metingen aan de oppervlakte, in het geval van een waterdiepte van 6 m.

Diepte van het object onder de zeebodem	Sensoren 2 m boven bodem
1 m	13
3 m	6
5 m	4

De verbetering van de resolutie is vergelijkbaar. Het dient echter vermeld te worden dat deze verbetering ook een nadeel heeft : hoe dichterbij de zeebodem, hoe groter de invloed van niet relevante variaties van de magnetische susceptibiliteit zoals diverse ijzeren objecten op de zeebodem (b.v. vissersspullen, schroot, ...) of lokale concentraties van ferromagnetische delfstoffen (magnetiet, maghemite). Er dient dus een optimale afstand gevonden te worden.

4. Meettechniek

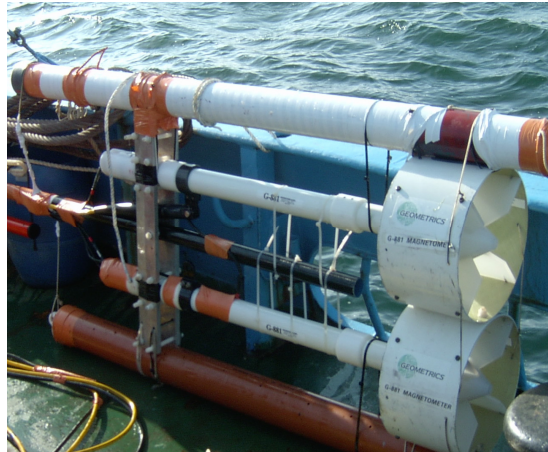
Een aantal beperkte methodologische aanpassingen werden uitgevoerd, om het systeem te optimaliseren naar de meetomstandigheden op de Paardenmarkt. De verschillende componenten van het systeem zijn de volgende.

4.1. Positionering van de peilvlet

De peilvlet wordt gepositioneerd met een Trimble RTK DGPS. Alle coördinaten zijn uitgedrukt in UTM 31, WGS84.

4.2. Magnetometers

Twee Geometrics G 881 Cesium vapour magnetometers werden gebruikt in een verticale gradiënt opstelling, zoals geïllustreerd in figuur 3.

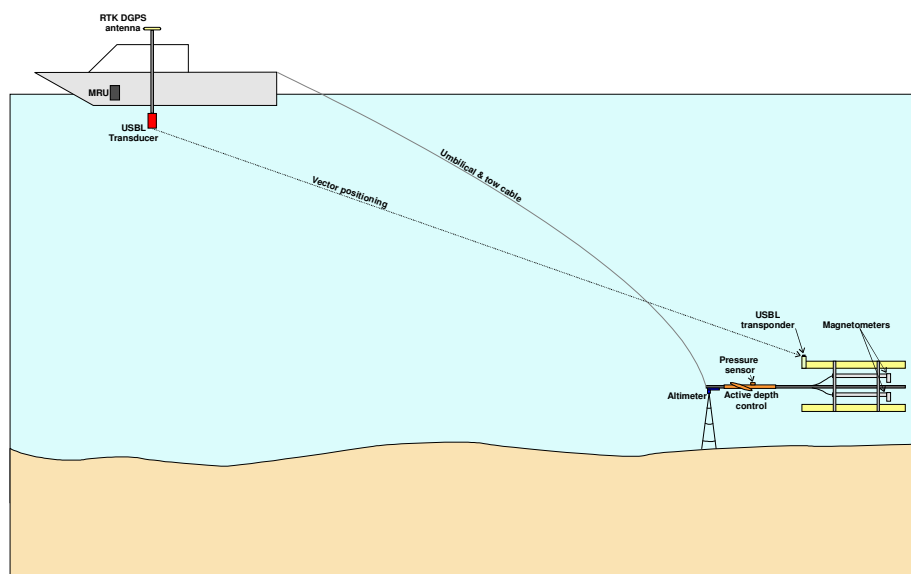


Figuur 3 : Magnetometers

Deze magnetometers worden gekenmerkt door hun nauwkeurigheid, snelheid en de stabiliteit van de metingen.

4.3. Slepen op gecontroleerde diepte

Figuur 4 illustreert de gebruikte sleepvis.

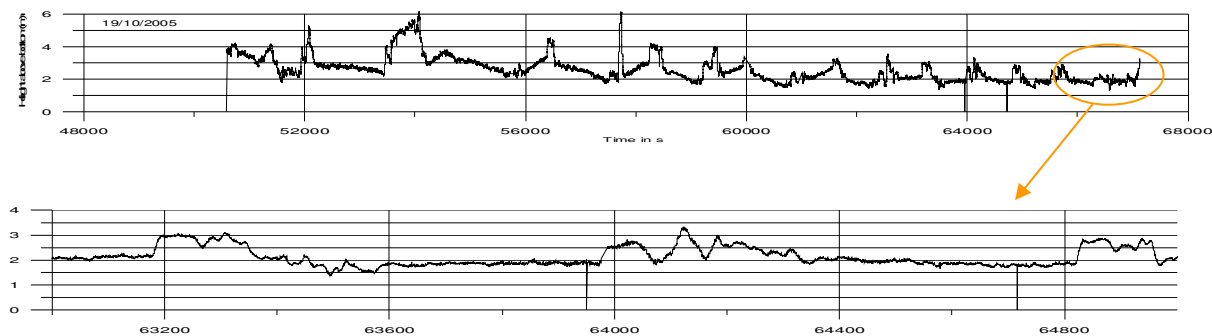


Figuur 4 : sleepvis

De actieve dieptecontrole bestaat uit een elektronisch gestuurde vleugel, een druksensor. Vanaf het oppervlak wordt de gewenste diepte doorgestuurd, en de vleugel wordt automatisch geactiveerd om deze diepte aan te houden.

4.4. Hoogte boven bodem

De hoogte van de sleepvis boven de bodem wordt continu gemeten met behulp van een sonar altimeter. Figuur 5 illustreert de situatie.

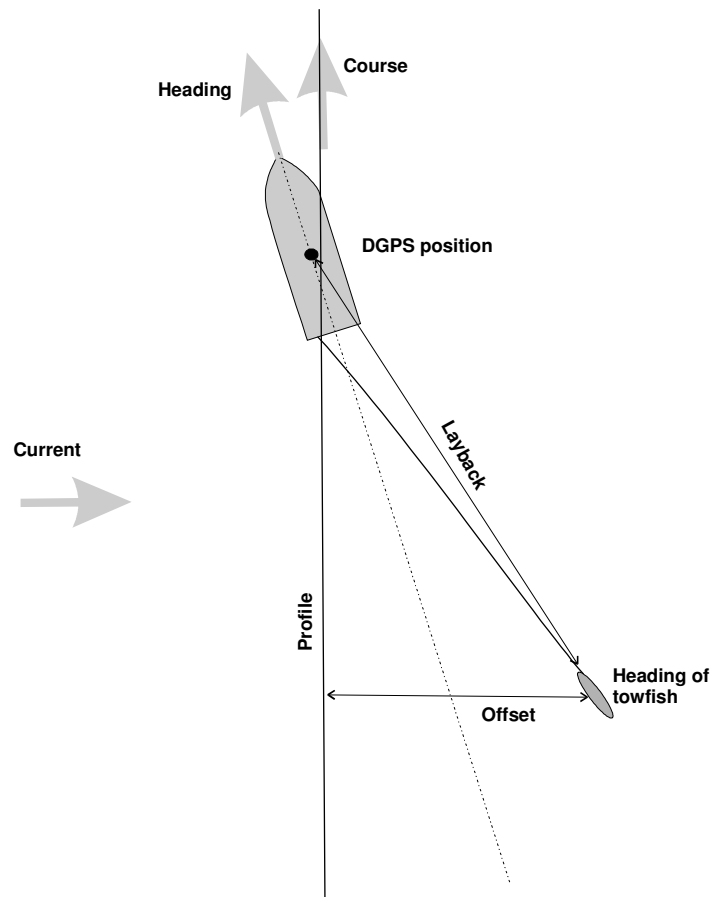


Figuur 5 : hoogte van de sleepvis boven bodem (boven: algemeen, onder: detail)

Op het detailzicht (onderste deel) is duidelijk te zien dat de sleepvis zich tijdens de metingen 2 m boven de bodem bevindt. Aan het einde van elke raai wordt hij tot ong. 3 m boven bodem gebracht om de vermijden dat hij tijdens het draaien tegen de bodem zou botsen.

4.5. Onderwaterpositionering

De onderwaterpositionering vormt een cruciale stap, zoals geïllustreerd in figuur 6.

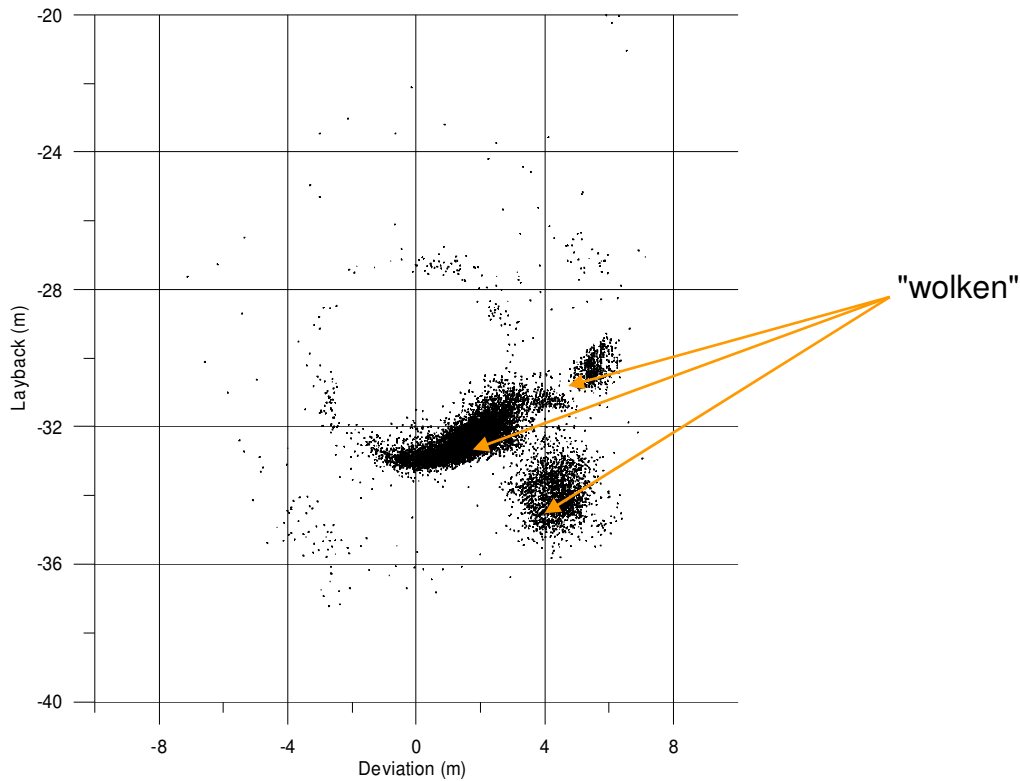


Figuur 6 : laterale afwijking van de sleepvis tov de gevaren raai

Onder invloed van de stroming bestaat er een laterale afwijking (offset) van de sleepvis tov de gevaren raai (profiel). De onderwaterpositionering laat toe om de exacte positie van de sleepvis tov de peilvlet te bepalen (vectorpositionering). Men kan tevens gebruik maken van het kompas dat zich op de sleepvis bevindt om de offset te ramen.

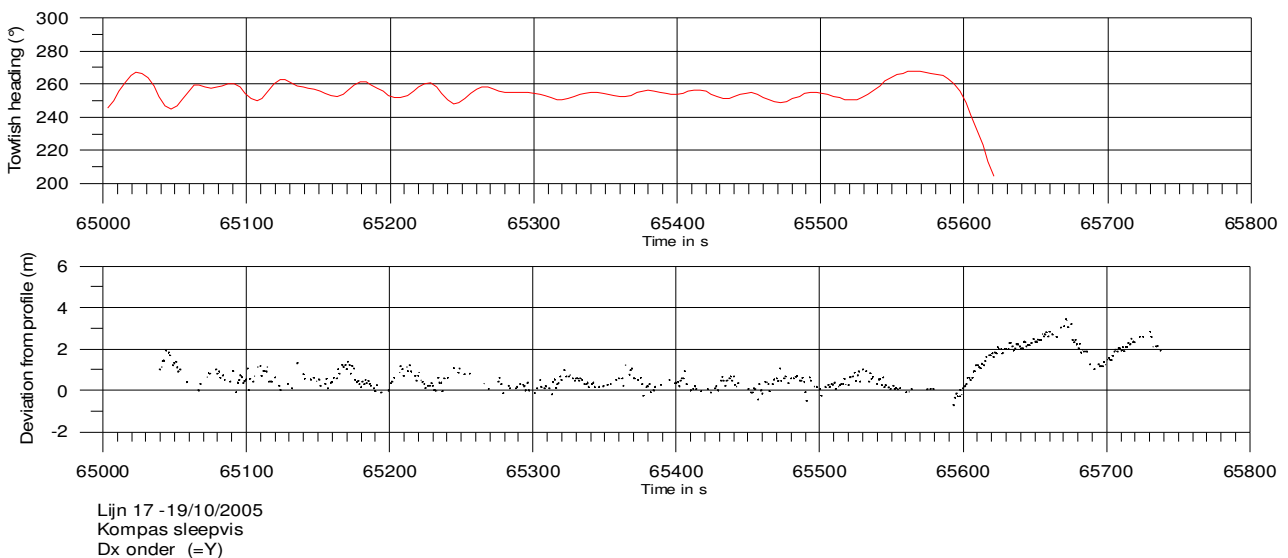
De gebruikte meetapparatuur is een USBL (Ultra Short Base Line) systeem. De volgende figuren illustreren de verschillende stappen van data-acquisitie en verwerking, nodig om de eindpositie van de sleepvis te berekenen.

De ruwe gegevens zijn op figuur 7 weergegeven. De meetpunten zijn voor een deel verzameld in drie "wolken", maar er zijn tevens vele uitbijters zichtbaar. Dit is vrij typisch voor USBL metingen, de uitbijters dienen weggefilterd te worden.



Figuur 7 : USBL metingen, ruwe gegevens

Na het aanbrengen van deze eerste filter is het interessant om te zien hoe de positie van de sleepvis tov de peilvlet in de loop van de tijd varieert.

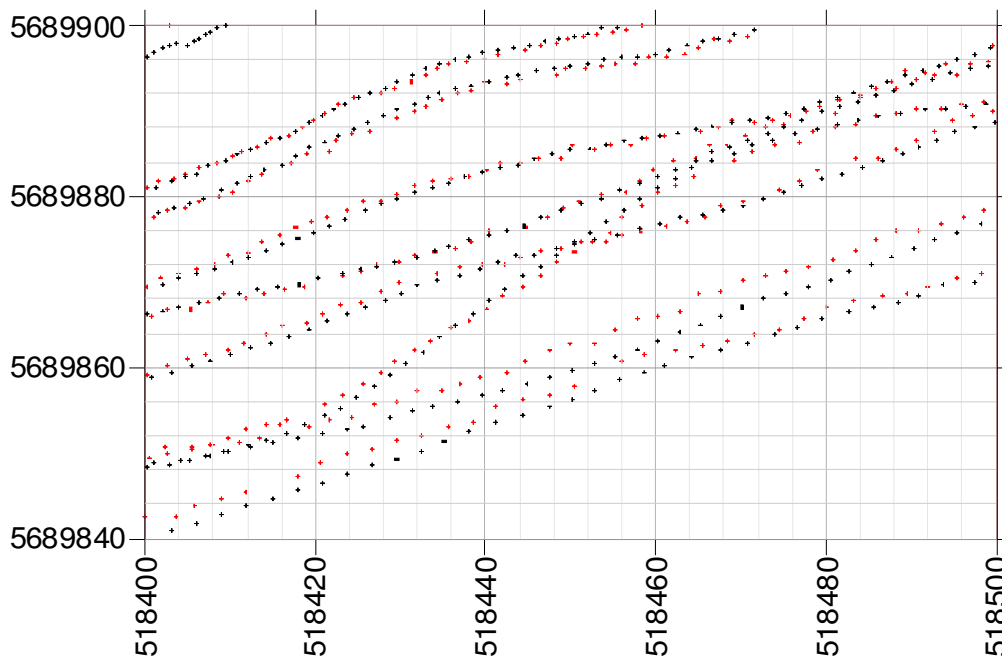


Figuur 8 : Variatie van de heading en van de offset van de sleepvis tijdens één raai

Op de onderste grafiek is de offset (deviation from profile) in functie van de tijd, voor één profiel weergegeven. Coherente variaties zijn duidelijk zichtbaar. Een spreiding van +/- 0,5 m is ook zichtbaar. Deze spreiding geeft in feite de eindnauwkeurigheid van de positionering weer. De raai eindigt op 65600 s, men onderscheidt dan ook duidelijk het draaien van de boot wat tot een veel grotere offset leidt.

De bovenste grafiek toont de variatie van de heading van de sleepvis, opgenomen met een zeer gevoelig kompas op de sleepvis. De correlatie met de offset is duidelijk. De variaties zijn afkomstig van het bijsturen van de peilvlet om op de raai te blijven.

De goede correlatie tussen deze 2 volledig onafhankelijke metingen is een zeer positieve indicatie dat de posities correct zijn.



Figuur 9 : vergelijking tussen de reële positie van de sleepvis (rood) en de verwachte positie op basis van het traject van de peilvlet (coördinaten in UTM 31, WGS 84)

Op figuur 9 vindt men enerzijds de reële posities van de sleepvis terug (rood) en anderzijds de posities die verwacht zijn op basis van het traject van de peilvlet, rekening houdend met de afstand tussen vlet en sleepvis (layback). De afwijking varieert tussen 0 en 4 m.

5. Meetcampagne oktober 2005

De meetcampagne is als volgt verlopen :

10 - 14 okt :	Vorbereiding en testen
17 & 18 okt :	Mobilisatie, installatie aan boord van de Bellini, calibratie USBL in de haven van Blankenberge.
19 & 20 okt :	Metingen
21 okt :	Demobilisatie

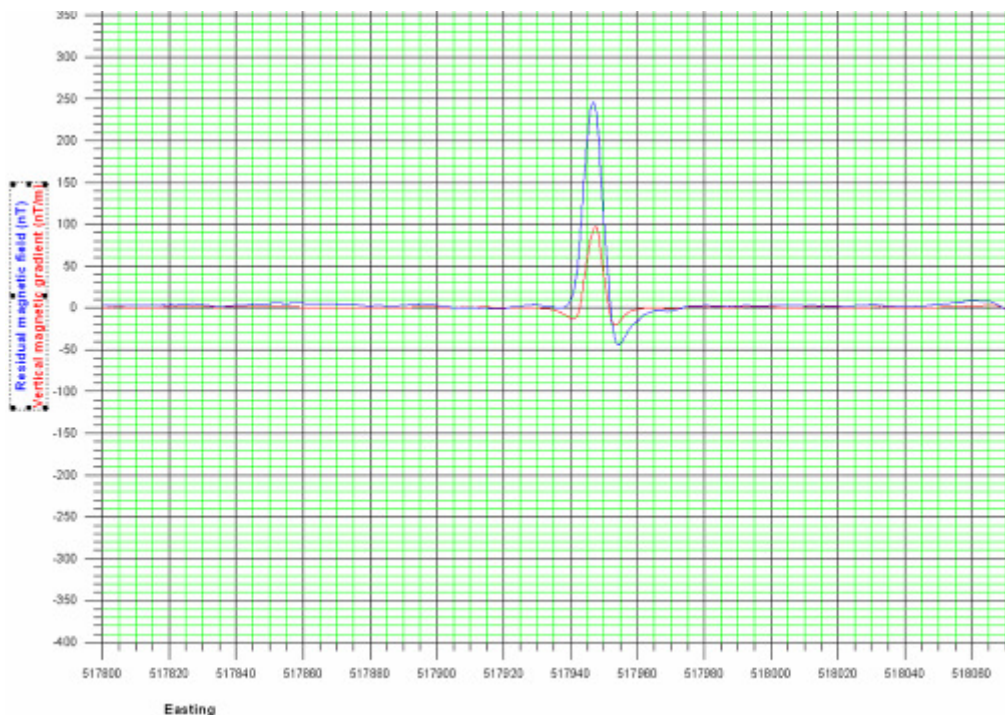
De metingen verliepen naar wens. Op de tweede meetdag, 20 oktober, werden de weersomstandigheden na verloop van tijd ongunstiger.

6. Resultaten

6.1. Profielen

De eerste fase van de dataverwerking bestaat uit volgende stappen :

- data editing ;
- QC en eliminatie van slechte gegevens ;
- fusie van magnetische en positioneringsgegevens ;
- base line correctie voor de gradiënt ;
- aftrekken van de regionale waarde voor het veld ;
- uitdrukken van de profielen, zoals geïllustreerd op figuur 10.



Figuur 10 : voorbeeld van profiel met één magnetische anomalie

6.2. Kaarten

Profielen laten toe om de magnetische anomalieën duidelijk te tonen, maar hebben het nadeel dat het moeilijk is om de verschillende profielen onderling te correleren. Kaarten van het magnetisch veld of de gradiënt geven dus een veel beter zicht over de ruimtelijke verdeling en de eigenschappen van de anomalieën.

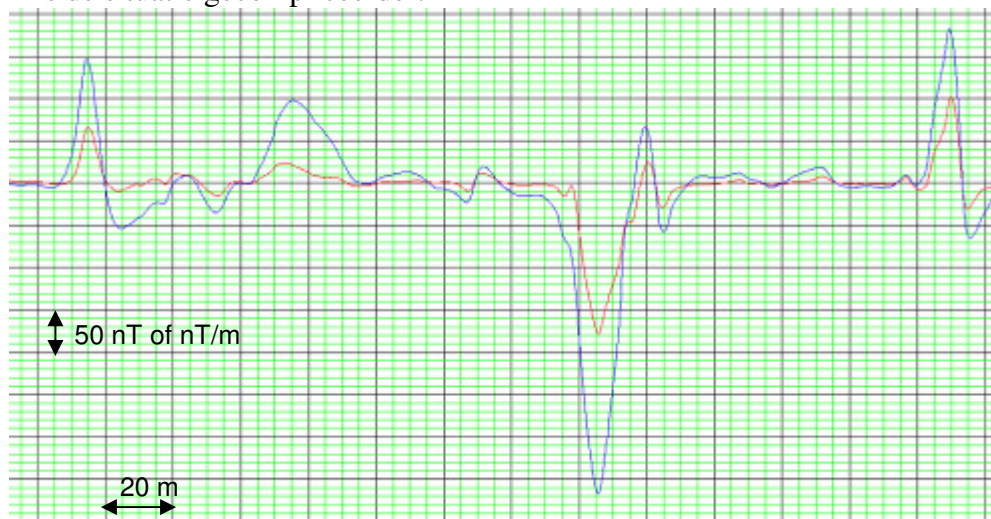
De tweede stap van de verwerking bestaat dus uit het interpoleren van de meetgegevens op een regelmatig rooster (gridding) en het uitdrukken van kaarten (magnetisch veld en verticale magnetische gradiënt). Deze kaarten zijn weergegeven in bijlage (documenten 1 en 2).

7. Interpretatie

7.1. Profielen

Op basis van de individuele profielen is het al mogelijk om verschillende soorten anomalieën te onderscheiden en om een eerste interpretatie door te voeren. Op figuur 10 is bijvoorbeeld één individuele anomalie duidelijk zichtbaar. De maximale afwijkingen bedragen 250 nT (magnetisch veld) en 100 nT/m (vertikale gradiënt). Deze anomalie is te wijten aan een ferromagnetisch voorwerp. De diepte van het object kan geraamd worden op basis van de formule $d = 3 \times 250 / 100 = 7,5$ m. Deze diepte is berekend vanaf de sensoren die zich echter 2 m boven de bodem bevinden. De diepte onder de zeebodem bedraagt dus 5,5 m. De ijzermassa wordt geraamd op ong 1000 kg. Het gaat dus over een groot object.

Op figuur 11 is de situatie gecompliceerder.

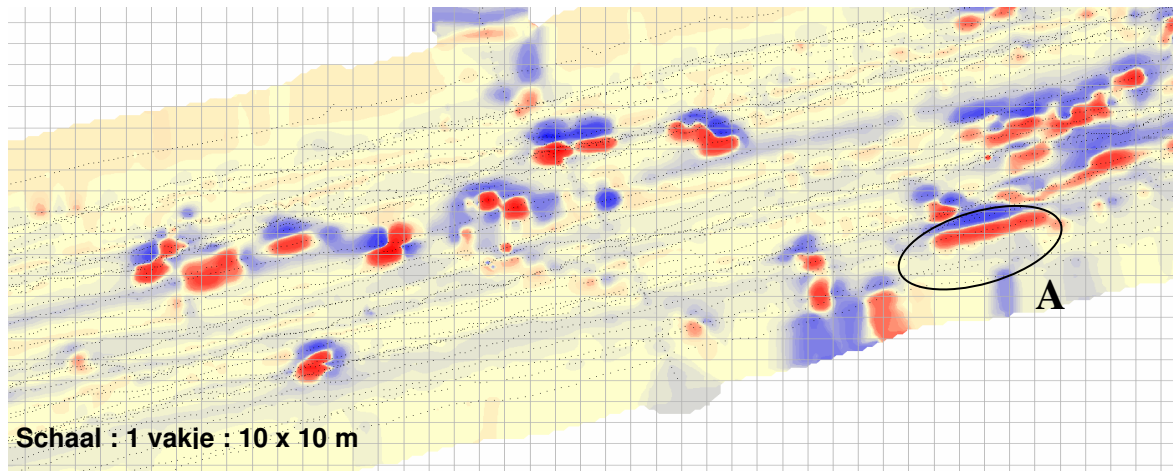


Figuur 11 : voorbeeld van complexe magnetische anomalieën

Men kan duidelijke meerdere anomalieën onderscheiden. Ze worden gevormd onder invloed van meerdere ferromagnetische voorwerpen die dicht bij elkaar liggen. De interpretatie op basis van profielen wordt moeilijker.

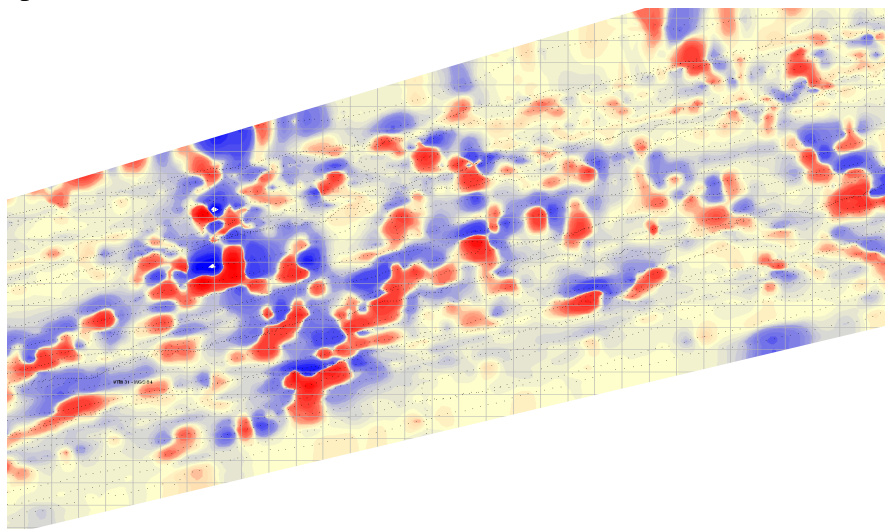
7.2. Kaarten

Het grote voordeel van de kaarten is dat de vorm van de magnetische anomalieën duidelijk zichtbaar is. De vorm geeft een indicatie over het voorwerp dat de anomalie veroorzaakt.



*Figuur 12 : uittreksel van de kaart van de verticale gradiënt
 (zie document 2 in de bijlage voor de volledige kaart)*

Op figuur 12 zijn bijvoorbeeld een aantal positieve anomalieën (rood) duidelijk zichtbaar. De vorm van de verschillende anomalieën varieert aanzienlijk. Er bestaan o.a. lineaire anomalieën zoals A. De lengte bedraagt ong. 40 m. Dit zou kunnen overeenkomen met de lading van een klappak die op deze plek gedumpt werd.



*Figuur 13 : uittreksel van de kaart van de verticale gradiënt
 (zie document 2 in bijlage voor de volledige kaart)*

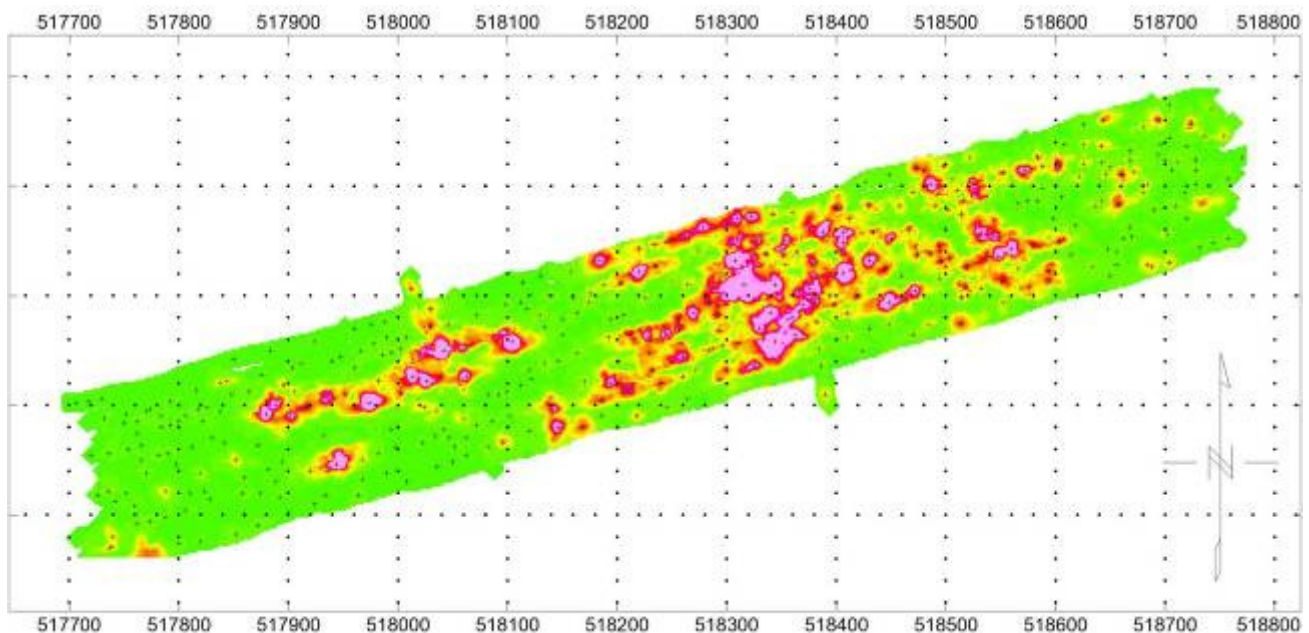
Op figuur 13 is een cluster van talrijke anomalieën zichtbaar. Het gaat hier waarschijnlijk om een accumulatie van objecten.

7.3. Analytisch signaal

Een nadeel van magnetische technieken dat ook op de kaarten en profielen duidelijk tot uiting komt, is het feit dat één magnetische anomalie normaliter uit één positief (rood) en één negatief (blauw) deel bestaat. Dit zorgt mogelijk tot verwarring omdat de exacte positie van het voorwerp hierdoor niet zichtbaar is. Het is echter mogelijk om de metingen op wiskundige manier te transformeren in een "analytisch signaal" dat altijd positief is, met een maximum loodrecht boven het object. Op deze manier wordt de interpretatie en de localisatie van de objecten veel eenvoudiger. Het analytisch signaal is de som van de drie ruimtelijke tweede afgeleiden van het magnetisch veld :

$$|A(x,y)| = \sqrt{\left| \frac{dT}{dx} \right|^2 + \left(\frac{dT}{dy} \right)^2 + \left(\frac{dT}{dz} \right)^2}$$

De kaart van het analytisch signaal (figuur 13) toont dat alle anomalieën nu positief zijn.



Figuur 14 : kaart van het analytisch signaal

7.4. Systematische interpretatie

Aangezien het maximum van de analytische anomalieën zich loodrecht boven de objecten bevindt, is het mogelijk om op basis van figuur 14 een automatische "picking" van alle maxima, dus van alle gedetecteerde objecten uit te voeren. De x,y-coördinaten uit deze "picking" geven de geïnterpreteerde posities van de objecten. In een volgende stap wordt elke anomalie individueel

geïnterpreteerd met behulp van de Euler deconvolutie techniek om de diepte en de massa van elk object te ramen. Het resultaat is een tabel met, voor elk gedetecteerd object, een ID nummer, de x,y positie, de geraamde diepte en de geraamde massa. Hierbij moet benadrukt worden dat deze resultaten gebaseerd zijn op een aantal hypothesen betreffende de magnetische eigenschappen en de geometrie van de voorwerpen. Zij dienen dus als indicatief beschouwd te worden.

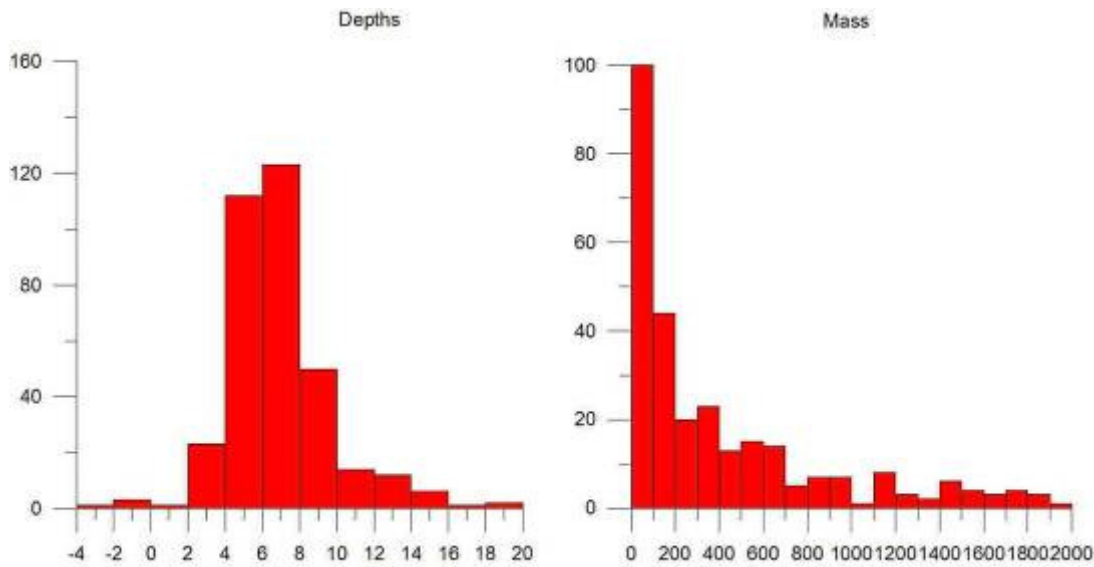
Easting	Northing	Depth (m)	Mass (kg)	ID
518386	5689836	4,8	29	142
517912	5689838	11,8*		143
518134	5689838	5,4	71	144
517940	5689840*	*	*	145
518146	5689840	9,5	342	146
518202	5689840	3,9	25	147
517850	5689842	8,6*		148
517948	5689844	3,0*		149
518260	5689844	7,0	958	150
517986	5689846	4,9	42	151
517994	5689848	5,4	48	152
518164	5689848	7,1	148	153
518230	5689848	8,7	991	154
517884	5689850	9,7*		155
517966	5689850*	*	*	156
518042	5689850	4,6	673	157
518284	5689850	6,5	216	158
518424	5689850	8,0	164	159
518002	5689852	5,7	77	160
518060	5689852	4,6	400	161

Uittreksel uit de tabel met de geïnterpreteerde resultaten (opgelet : de diepten zijn berekend vanaf de sensoren die zich 2 m boven de zeebodem bevinden)


Het feit dat sommige berekeningen tot geen of tot een onrealistisch resultaat leiden, is te wijten aan afwijkingen t.o.v. de bovenvermelde hypothesen. Deze methode heeft ook beperkingen wanneer men geconfronteerd wordt met grotere accumulaties, zoals bijvoorbeeld de centrale cluster.

De positie van deze objecten (of accumulaties) is in document 3 (zie bijlage) weergegeven, samen met de ramingen van massa en diepte.

Op basis van deze automatische interpretatie werd een statistische analyse uitgevoerd. In totaal werden 386 objecten (of accumulaties) gedetecteerd. Figuur 15 toont de resultaten. De meeste objecten bevinden zich 4 tot 8 m onder de sensoren, dus 2 tot 6 m onder de zeebodem. De meeste gewichten zijn kleiner dan 100 kg, maar er worden ook vele grotere objecten (of accumulaties) gevonden.



Figuur 15 : verdeling van de interpretaties.

	FOD Volksgezondheid, Veiligheid van de Voedselketen en Leefmilieu Directoraat-Generaal Leefmilieu	05_038
	Opdracht INSPA-22701 Uitvoeren van gevorderde Magneto/gradiometrische metingen op testzones op de Paardenmarkt	Date : 12/12/05
	EINDRAPPORT	Page 19 of 19

8. Conclusies

Wat de technische aspecten betreft kan men volgende conclusies uit de testmeting trekken:

- Het slepen van de magnetometers 1 – 2 m boven de zeebodem resulteert in een veel betere resolutie dan wanneer gemeten wordt vanaf het oppervlak.
- Horizontale posities worden met een nauwkeurigheid van ca 1 m bepaald.
- De positie van objecten en/of accumulatie van objecten is duidelijk te zien op de magnetische kaarten.
- De vorm van de anomalieën geeft een indicatie over de geometrie van de objecten of accumulaties. Er bestaat een duidelijk onderscheid tussen individuele anomalieën, lange anomalieën en clusters.
- Door de veel betere resolutie kan de diepte beter geëvalueerd worden. Dit leidt ook tot een betere raming van de massa's.
- De betere kwaliteit van de gegevens laat toe om geavanceerde interpretatietechnieken te gebruiken zoals bijvoorbeeld analytic signal, Euler deconvolution, ...

Wat de resultaten en de interpretatie betreft luiden de conclusies als volgt :



- De verbeteringen tov de metingen uitgevoerd in 1995 zijn evident : betere resolutie, betere detectiegrens, betere mogelijkheden qua interpretatie.
- In de teststrook (ong. 1 km x 100 m) worden één "centrale cluster" en ong. 350 voorwerpen of accumulatiezones gedetecteerd.
- Op basis van de huidige interpretatie bevinden de meeste objecten zich 2 tot 6 m onder de zeebodem.
- Voor de meeste voorwerpen (of accumulaties) ligt de geraamde massa onder de 200 kg.
- Deze conclusies houden maar in beperkte mate rekening met de centrale cluster waar een specifieke interpretatietechniek nodig is.
- Magnetometrie is een potentiaalmethodie en er bestaat een grote onzekerheid over de magnetische eigenschappen van de voorwerpen. De raming van de massa is dus onnauwkeurig.

Document 3 in bijlage toont de posities van alle gedetecteerde objecten (of accumulaties) in de teststrook, met een raming van massa's en dieptes.

Uit deze resultaten blijkt dat het mogelijk is om directe verkenningen door boringen of sonderingen in de nabijheid van gestorte voorwerpen te plannen.

Blegny, 12/12/05

Albert Monjoie Yannick Delvenne Kathleen Sterckx Lucien Halleux

 Certified Safety VCA*	G-tec Geophysical Exploration – Engineering Geology Web : www.gtec.be E-mail : info@gtec.be	 Certified ISO9001:2000
Rue Frumhy 34 B 4671 Blegny – Belgium tél : +32 (0)4 387 85 00 fax : +32 (0)4 387 85 09	Interleuvenlaan 62 – Zone 2 B 3001 Heverlee – België tel : +32 (0) 475 27 58 06	