

Project VLA04-3.1

**INTEGRATIE VAN DE GRAVIMETRISCHE DATA
IN DE REEDS UITGEVOERDE
GEOFYSISCHE STUDIE BETREFFENDE HET AEROMAGNETISME IN HET
BRABANT MASSIEF**

VOOR DE

**AFDELING NATUURLIJKE RIJKDOMMEN EN ENERGIE
NORTH PLAZA B - KONING ALBERT II-LAAN 7
1210 BRUSSEL**

DECEMBER 2004

INHOUDSTAFEL :

1. INLEIDING
2. ACHTERGROND INFORMATIE
3. ALGEMEEN OVERZICHT VAN AANPAK EN DOELSTELLINGEN
 - 3.1 Gebied
 - 3.2 Aanpak
 - 3.3 Overzicht en doelstelling
4. BESCHRIJVING VAN HET UITGEVOERDE WERK
 - 4.1 Voorbereiding
 - 4.2 Verwerking van de gegevens
 - 4.3 Opvolging en Rapportering
5. PRODUCTEN VAN DE STUDIE
6. KORTE BESCHOUWINGEN BIJ HET RAPPORT
 - 6.1 De gravimetrische kaarten van heel Vlaanderen
 - 6.2 Regionale interpretatie van de gravimetrie in het zuidwesten
 - 6.3 Modellerings in 2 ½ D dimensie
 - 6.4 Modellerings in 3D dimensie
 - 6.5 Prospectivity analyse
7. AANBEVELINGEN

BIJLAGEN :

- BIJLAGE 1 : JP Williamson, BC Chacksfield, TC Pharaoh and FM McEvoy. (2004) Reinterpretation of gravity anomalies over the Brabant Massif in southern Flanders (Belgium). British Geological Survey, *Commissioned Report*, CR/04/215. 44pp. + 13 maps + 1 CD ROM.

1. INLEIDING

In opdracht van de Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie (ANRE), Departement Economie, Werkgelegenheid, Binnenlandse Aangelegenheden en Landbouw van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap werd een interpretatie van de gravimetrische gegevens die betrekking hebben tot zuidelijk Vlaanderen uitgevoerd en geïntegreerd in de reeds uitgevoerde geofysische studie betreffende het aëromagnetisme in het Brabant Massief.

De interpretatie en integratie van de gravimetrische gegevens kadert in de context van de inspanningen die door het Vlaams Gewest geleverd worden in het zoeken naar metallische mineralisaties in de regio.

De interpretatie van de gravimetrische gegevens werd, onder toezicht en verantwoordelijkheid van GF Consult bvba (GF Consult), uitgevoerd door de Britse Geologische Dienst (BGS) in samenwerking met GF Consult en de Belgische Geologische Dienst (BGD).

De studie, met projectcode VLA04-3.1, werd uitgevoerd tussen juni en december 2004 in volledige overeenstemming met de referentietermen van de opdracht zoals die gedefinieerd werden in het voorstel van februari 2004 en zoals die bevat zijn in de overeenkomst van 15 april 2004 met het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap.

In lijn met de referentietermen van de opdracht worden de werkwijze en de resultaten van de studie hierna bondig samengevat in een Nederlandstalig (beschrijvend) gedeelte dat voor gedetailleerde aspecten naar de Engelstalige bijlage (het BGS rapport) refereert. Het rapport is aangevuld en geïllustreerd met de nodige kaarten, figuren en tabellen (zie "producten").

2. ACHTERGROND INFORMATIE

Sinds enkele jaren voert de ANRE gedetailleerde onderzoeken uit naar het voorkomen van metaalhoudende mineralen in het Massief van Brabant. Het is de bedoeling daarbij na te gaan of deze mineralen lokaal in economisch ontginbare hoeveelheden en concentraties voorkomen. De aandacht van het onderzoek wordt toegespitst op zuidelijk Vlaanderen waar het massief lokaal dagzoomt en/of op geringe diepte voorkomt. Het voorkomen van metallische mineralen (koper, zink, lood, goud) werd er ondertussen aangetoond door boringen.

In het kader van dit onderzoek werden in 2003 in opdracht van de ANRE de aëromagnetische gegevens over het gebied geherinterpreteerd in een metalogenetische context. Deze studie liet toe een aantal lineamenten en structuren duidelijk op kaart te zetten, de kennis van de diepe ondergrond verder te verfijnen, vermeende dieptes voor bepaalde magnetische anomalieën in te schatten en een overzichtelijke "prospectivity" kaart op te stellen (zeg, een samenvatting van alle voorhanden zijnde kenmerken die een aantal doelgebieden voor verder onderzoek uitlijnt).

Tijdens de studie in 2003 werden gravimetrische gegevens uit het betrokken gebied (enkel) gebruikt voor het opmaken van een 2½ D profiel, en daaruit bleek dat een gedetailleerde analyse van de gravimetrische data een grote toegevoegde waarde kan leveren aan de aëromagnetische interpretatie :

- De gravimetrische en aëromagnetische datasets zijn in menig opzicht immers complementair en laten vooral gezamenlijk toe om een totaalbeeld van de structurele context van de regio te vormen.
- Daarnaast laat een analyse van de gravimetrische opnames een verfijning van de prospectiviteitskaart toe, wat aanbevolen lijkt vooraleer verder onderzoek en (grond)werken te verrichten op geselecteerde gebieden.
- Een studie van de gravimetrische gegevens kan eveneens meer informatie verschaffen omtrent de vermeende granitoïde lichamen uit het gebied, nml. omtrent hun contouren en dieptes.

Op basis van die bevindingen werd dan ook aanbevolen om een gedetailleerde analyse van de gravimetrische gegevens te laten uitvoeren.

Er zijn momenteel 33.852 gravimetrische metingen (stations) aan land in België (en 35.190 op het continentaal plat), resulterend uit verschillende opnames met verschillende precisie, maar waarvan de meest recente (latere jaren 1990 en tot in 2002) een nauwkeurigheid hebben beter dan 25 μGal . De dichtheid van de opnames varieert in België van 1 punt/ 5 km^2 tot 2.5 punten/ km^2 (e.g. in het Brussels gewest, zie <http://www.astro.oma.be/D1/GRAVIMETRY/main.html>¹). Digitale verwerkingstechnieken werden reeds eerder toegepast op de gravimetrische gegevens om een Bouguer anomaliekaart voor heel België te verkrijgen (o.a. W. De Vos et al., 1993; M. Everaerts, 2000). Een herbehandeling van de oudere data, aangevuld met de meer recente opnames in een metallogenetische context leek echter wenselijk in het onderzoek naar metaalhoudende mineralen. De eerdere interpretaties houden immers geen rekening met de talrijke recente opnames en blijken onvoldoende gericht en gedetailleerd voor een ertsprospectie.

3. ALGEMEEN OVERZICHT VAN AANPAK EN DOELSTELLINGEN

3.1 Gebied

Het bestudeerde gebied bedekt heel Vlaanderen, maar omvat een kleiner “kerngebied” dat in detail werd geanalyseerd en geïnterpreteerd. Het kerngebied komt volledig overeen met het gebied dat eerder aan een herinterpretatie van de aëromagnetische opnames werd onderworpen. Dat gebied bedekt Zuidelijk Vlaanderen, heeft een rechthoekige vorm en omvat het grootste gedeelte van de (zuidelijke) “ondiepe” rand van het Massief van Brabant. Het strekt zich uit over ca. 3.250 km^2 en is begrensd door de volgende raster- en opnamecoördinaten:

- X : 58 tot 146 = 88 km
- Y : 148 tot 185 = 37 km

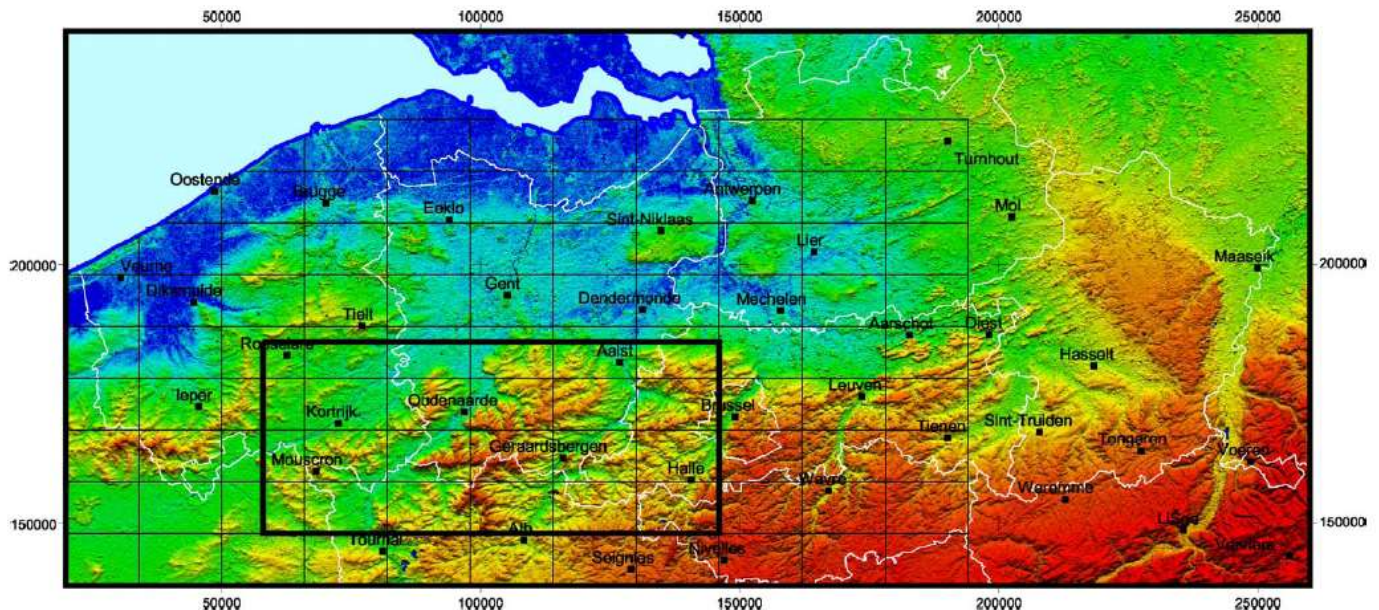
Voor een betere interpretatie van de gravimetrische data, om de continuïteit van de structuren na te trekken buiten het studiegebied en om algemene contextuele informatie te bekomen is het aangewezen om een “uitgebreid project gebied” te beschouwen dat het kerngebied in alle richtingen ruim overschrijdt. In samenspraak met de A.N.R.E. werd een “uitgebreid studiegebied” uiteindelijk vastgelegd dat gans Vlaanderen bedekt. De beschouwde studie biedt immers een goede gelegenheid om de diepe ondergrond van heel Vlaanderen gravimetrisch te interpreteren. Het

¹ : de website van de Sterrenwacht is niet up-to-date.

behandelen van Kempen én Massief van Brabant in één adem laat immers toe om de signatuur van de overgang tussen deze gebieden te bekijken.

Het uiteindelijk gekozen grote “buffer” gebied heeft een rechthoekige vorm, strekt zich uit over ca. 25.680km² en is begrensd door de volgende raster- en opnamecoördinaten :

- X : 20 tot 260 = ongeveer 240 km
- Y : 138 tot 245 = ongeveer 107 km



Figuur 1 : situering van het kerngebied (kleinere rechthoek) en het “uitgebreid gebied” (grote rechthoek) voor een interpretatie van de gravimetrische data.

Nota : (a) de dunne zwarte lijnen tonen de uitbreiding van de individuele geologische kaarten aan.

(b) De achtergrond bestaat uit een topografisch beeld van de regio, opgesteld a.d.h.v. Shuttle Radar Topography Mission data (resolutie 90m).

De dichtheid van de opnames in 80 % van het beschouwde gebied is 1 gravimetrisch meetpunt per km² (soms zelfs iets meer, vb. Brussels geweest), in de overige 20 % bedraagt de dichtheid 1 punt per 5 km².

Het was geenszins de bedoeling van de studie om in het uitgebreide gebied een volledige geofysische interpretatie uit te voeren, maar wel om belangrijke regionale anomalieën, trends en lineamenten te identificeren, waarvan sommige een belangrijke impact kunnen hebben op het kerngebied.

3.2 Aanpak

Algemeen wordt erkend dat expertise voor, naar ertsprospectie gerichte, interpretatie van gravimetrische data niet onmiddellijk voorhanden is in België, maar wel in een aantal bedrijven/instituten in de ons omliggende landen. Daarom werd de interpretatie van de gravimetrische gegevens en hun integratie in de aëromagnetische datasets,

onder toezicht en verantwoordelijkheid van GF Consult bvba, uitgevoerd door de Britse Geologische Dienst, weliswaar in samenwerking met GF Consult en de Belgische Geologische Dienst.

In deze structuur was GF Consult verantwoordelijk voor de coördinatie tussen de verschillende interveniënten, voor de uitvoering, opvolging, supervisie en rapportering van het hele project alsook voor de eindproducten die aan de ANRE moesten overhandigd worden. Het project werd rechtstreeks door Guy Franceschi, zaakvoerder van GF Consult, uitgevoerd en opgevolgd.

De herinterpretatie werd uitgevoerd door de BGS in zijn interpretatiecentrum in Keyworth, Nottingham, Groot-Brittannië, met de medewerking van dr. W. De Vos, van de Belgische Geologische Dienst, en G. Franceschi. De BGS werd als meest geschikte onderaannemer voor de uitvoering aangeduid².

De BGS heeft ruime ervaring in de compilatie, analyse en interpretatie van allerlei aardwetenschappelijke gegevens in een metallogenetische context en beschikt over gespecialiseerd personeel en hoogtechnische uitrusting voor de moderne interpretatie van geofysische data, inclusief gravimetrische gegevens. De BGS levert regelmatig diensten aan derden, zowel uit de publieke- (bv. aan de Wereldbank) als uit de privé-sfeer (mijnbouwmaatschappijen). De BGS geologen kennen de grote lijnen van de regionale geologie van het Massief van Brabant en haar geofysische context reeds vrij goed. Uiteindelijk stelde de BGS een pluridisciplinair team ter beschikking van het project dat hoofdzakelijk bestond uit geofysici Mr. J.P. Williamson, BA, MSc. en Mr. B.C. Chacksfield, BSc., structureel geoloog dr. T.C. Pharaoh, BSc, PhD. en mineralisatiedeskundige/geochemicus Juf. F.M. McEvoy, BSc, MSc.³

De medewerking van de Belgische Geologische Dienst en meer bepaald van dr. W. De Vos bleek verder van onschatbare waarde voor een goede gang van zaken. Dr. W. De Vos is reeds meer dan 10 jaar betrokken bij het onderzoek naar metallische mineralisaties in het Massief van Brabant. Naast een uitstekende kennis van de geologische en metallogenetische context van het gebied, heeft hij eveneens ruime ervaring met de geofysische kenmerken van het gebied en heeft hij betrokken gravimetrische opnamen en hun eerste interpretaties van dichtbij gevolgd.

Het project heeft verder op de volledige medewerking van de ANRE kunnen rekenen in de uitvoering van de studie. Deze medewerking omvatte toegang tot alle gegevens over het Massief van Brabant in zijn bezit, inclusief (maar niet beperkt tot) de digitale, topografische en geologische kaarten van oppervlakte- en dieptelagen, rapporten i.v.m. mineralisaties in het massief etc.

3.3 Overzicht en doelstellingen

Het project was rechtstreeks gericht op het zoeken naar indicatoren voor metallische mineralisaties ("metallotecten"). Het heeft daarom gepoogd om :

- alle relevante gravimetrische anomalieën te detecteren en in kaart te brengen;

² : voor details m.b.t. de selectie van de BGS wordt naar het projectvoorstel van februari 2004 verwezen.

³ : Details omtrent de BGS kunnen ingekeken worden op www.bgs.ac.uk.

- zoveel mogelijk structurele informatie uit de regionale opnamen te halen;
- de structurele gegevens, patronen en anomalieën te rangschikken en te interpreteren naar hun belang en relevantie in een context van metallische mineralisaties;
- een model op te stellen en schattingen te maken omtrent de diepte van de bron van de geïdentificeerde elementen;
- de resultaten van het werk te integreren in de resultaten en conclusies van de recente herinterpretatie van de aëromagnetische opnamen en deze eventueel, waar mogelijk en nodig, verfijnen;
- de resultaten van het werk te interpreteren in verband met potentiële mineralisaties.

4. BESCHRIJVING VAN HET UITGEVOERDE WERK

De studie heeft de volgende, logisch op-elkaar-volgende stappen gevolgd :

4.1 Voorbereiding

Deze fase heeft volgende hoofdpunten en omvat :

- het opstellen van de referentietermen voor de studie;
- het onderhandelen en ondertekenen van werkovereenkomsten met de onderaannemers (BGS en BGD);
- de organisatie van de studie;
- de compilatie van alle benodigde materiaal, waaronder :
 - de gravimetrische gegevens over het gebied,
 - topografische en geologische kaarten van oppervlakte en dieptelagen,
 - relevante studies, rapporten en nota's i.v.m. eerdere geofysische studies over het gebied (incl. gravimetrische en aëromagnetische interpretaties) en mineralisaties in het massief etc.
- de vertaling in het engels (ten behoeve van de onderaannemer) van sleutel materiaal, en
- het doorsturen van alle nodige gegevens.

4.2 Verwerking van de gegevens

• Ruwe gegevensverwerking

De gravimetrische data zijn initieel overgedragen aan de BGS onder de vorm van Surfer "grids" (met knooppunten op 1 km tussenafstand), aangevuld met een Excel werkblad van verspreide puntgegevens.

In een eerste verwerkingsfase zijn alle beschikbare gravimetrische gegevens verwerkt d.m.v. het softwarepakket "Geosoft Oasis Montaj" (versie 5.1.8). Hierbij is een gravimetrisch grid gegenereerd met knooppunten op een onderlinge afstand van 500 m. Na het (manueel) verwijderen van enkele fouten uit het grid (o.a. te wijten aan

overlappingsen van verschillende opnamen), is de resulterende, “gezuiverde”, dataset geëxporteerd naar een ASCII file, die in een later stadium gebruikt werd voor het genereren van een gravimetrisch grid met variabele densiteitscorrectie, afhankelijk van de topografische hoogteligging van elk gravimetrisch station (zie verder).

- **Grid conversie en transformaties**

Het gravimetrische grid, bekomen door de ruwe gegevensverwerking (cf. supra), is in een volgende verwerkingsfase geconverteerd van het Geosoft grid formaat (*.grd file) naar een BGS standaard grid formaat (*.sg file), om verdere transformaties d.m.v. BGS software mogelijk te maken, zoals de berekening van verticale en horizontale afgeleiden en de “upward continuation”. Het analitische signaal is echter berekend d.m.v. een algoritme in Geosoft.

Verder is elk gravimetrisch grid, voorafgaand aan de export naar Arcview, geïnterpoleerd naar een grid met een celgrootte van 250 m. Dit is noodzakelijk om de pixeldimensies voldoende te reduceren, zodat het resulterende beeld geschikt is om op schaal 1:100.000 bekeken te worden in Arcview.

Om tenslotte vergelijking (en verwerking) van de gravimetrische data met beschikbare magnetische- en topografische data mogelijk te maken, zijn zowel een “reduced to pole” magnetisch grid (uit de 2003 studie) als een topografisch grid (SRTM) van het gehele studiegebied toegevoegd in Arcview.

- **Productie van geofysische beelden**

Gegeoreferentieerde kleurschakeringsbeelden (met bijbehorende kleurenschaal) werden gegenereerd in Geosoft Oasis Montaj versie 5.1.8, als hoge-resolutie JPEG-afbeeldingen met een pixelgrootte van 50 m. Deze beelden zijn gegenereerd voor het gehele studiegebied en zijn geschikt voor bekijken en afdrucken op schaal 1:100.000.

De definitieve kaarten zijn gecreëerd vanuit Arcview op 2 schalen:

- 1:300.000 voor de regionale kaarten van het noordelijke Brabant Massief (die het gehele studiegebied bedekken),
- 1:100.000 voor de kaarten van het kerngebied.

De offshore gravimetrische gegevens zijn gemaskerd op alle regionale gravimetrische afbeeldingen.

- **Variabele densiteitscorrectie**

De Bouguer gravimetrische puntgegevens zijn initieel ter beschikking gesteld van de BGS met densiteitscorrecties van zowel 2100 kg.m^{-3} als 2670 kg.m^{-3} . Deze eerste correctie bleek het meest aangewezen voor het grootste deel van het district, terwijl de laatste correctie-waarde optimaal bleek in het zuidoosten (waar sokkelgesteenten dagzomen). Niettemin blijkt een uniforme toepassing van één van deze twee correcties voor het gehele district artefacten te veroorzaken in de gegenereerde kaarten, wegens de aanname van een foutieve

densiteitswaarde voor een deel van het materiaal dat zich tussen het zeeniveau en het topografisch oppervlak bevindt.

Deze fout kan worden opgevangen door het corrigeren van de data met een zgn. variabele densiteitscorrectie. Hiertoe moet voor elk afzonderlijk gravimetrisch station een representatieve densiteitscorrectie (= een waarde tussen 2100 kg.m^{-3} en 2670 kg.m^{-3}) berekend worden. Dit is mogelijk door het in rekening brengen van de relatieve verhouding aan sokkelmateriaal die zich boven zeeniveau bevindt, ter hoogte van elk meetstation. Deze berekening is voor het gehele district uitgevoerd op basis van de interpolatie van een set (uit boringen) gekende dieptes van de top van de sokkel. Voor details i.v.m. deze berekeningen wordt verwezen naar het BGS rapport.

4.3 Opgvolging en Rapportering

Gedurende het hele verloop van het project werden de activiteiten van de BGS opgevolgd en werd de BGS van de nodige steun voorzien door GF Consult en de BGD. Dit gebeurde zowel via telefonisch contact en e-mail als via één korte zending uitgevoerd door dr. Walter De Vos en Guy Franceschi. Tijdens deze zending werd de BGS voorzien van de nodige bijkomende documentatie en, vooral, van geologische terreinkennis van de ondergrond, vereist om de geofysische gegevens te helpen interpreteren.

Gedurende het hele project werd de ANRE via korte nota's (e-mails) door GF Consult op regelmatige tijdstippen op de hoogte gehouden van de vooruitgang van het werk.

5. PRODUCTEN VAN DE STUDIE

De studie heeft de volgende producten opgeleverd die aan dit rapport zijn toegevoegd :

- Een rapport dat de procedures, interpretatiemethoden en hun resultaten bespreekt. Het rapport omvat 15 figuren.
- Negen kaarten op schaal 1:100.000 :
 1. Bouguer gravimetrische anomaliekaart,
 2. Residuele Bouguer gravimetrische anomaliekaart, na subtractie van het "5 km upward continued" gravimetrisch veld,
 3. Residuele Bouguer gravimetrische anomaliekaart, na subtractie van het "1 km upward continued" gravimetrisch veld,
 4. Horizontale gradiënt van de Bouguer anomaliekaart,
 5. Verticale afgeleide van de Bouguer anomaliekaart,
 6. Tweede verticale afgeleide van de Bouguer anomaliekaart,
 7. Analitisch signaal van de Bouguer anomalie,
 8. Structurele interpretatie kaart,
 9. "Mineral prospectivity" kaart.

- Vier kaarten op schaal 1:300.000 :
 1. Structurele interpretatie kaart,
 2. Residuele Bouguer gravimetrische anomaliekaart, na subtractie van het “5 km upward continued” gravimetrisch veld,
 3. Kaart van Magnetische anomalieën gereduceerd aan de pool (“reduced to pole”) met contouren van residuele Bouguer gravimetrische anomalieën (na subtractie van het “5 km upward continued” gravimetrisch veld),
 4. Horizontale gradiënt van de Bouguer anomaliekaart.

Deze producten werden zowel in gedrukt als in numeriek formaat (CD ROM) geproduceerd en worden in vijf exemplaren aan de ANRE overhandigd. Bijgeleverde CD ROM bevat naast bovenvermelde producten eveneens een reeks bijkomende files, met tabellen, kaarten etc. die voor de studie gebruikt en/of gegenereerd werden. Deze kunnen enkel in ArcView gelezen worden.

6. KORTE BESCHOUWINGEN BIJ HET RAPPORT

De resultaten van de studie worden uitvoerig beschreven in het bijgevoegde BGS rapport en worden (voornamelijk) duidelijk geïllustreerd in de talrijke figuren van het rapport, in de dertien bijgevoegde kaarten op schaal 1:100.000 en 1:300.000 en in de bijgeleverde ArcView files. Hierbij volstaat het dan ook om enkel de volgende beschouwingen te maken :

6.1 De gravimetrische kaarten van heel Vlaanderen

- Meest spectaculair is de residuële gravimetrie kaart met subtractie van het “5 km upward continued” gravimetrisch veld. Op dit type van gravimetrische kaarten worden anomalieën zichtbaar, die veroorzaakt worden door gesteenten in de bovenste korst op een diepte van enkele km (1 tot maximum 10 km). Vooral voor het noordoosten van de kaart, meer bepaald het grensgebied tussen het Massief van Brabant en de Kempen, zijn hier nieuwe kenmerken van de ondergrond te zien die nog nooit zo duidelijk in beeld werden gebracht. Dit zal een grondige interpretatie vergen door kenners van de diepe Vlaamse ondergrond.
- De horizontale gravimetrische gradiënt kaart brengt nog ondiepere contrasten in beeld, die meer verband houden met breuken of lithologische begrenzingen. Hetzelfde geldt voor de eerste en tweede verticale afgeleide van de Bouguer anomalie kaarten, met een steeds gedetailleerder karakter. Er zijn ook afgeleide kaarten gemaakt waarop in arcering de magnetische gegevens worden afgebeeld boven de gekleurde gravimetrische data. Dit is onder meer gedaan voor het detail-studiegebied, waar reeds bij het vorige project de magnetische lineaties ingetekend werden.
- Op basis van de originele punt-metingen (waar aanwezig) en hun overeenkomstige beschikbare topografische Z-waarden, is gepoogd om een Bouguer anomalie kaart op te stellen met variërende densiteitscorrectie, namelijk 2100 kg.m^{-3} in het noorden (het grootste deel van de kaart, waar ongeconsolideerde gesteenten boven

het zeeniveau aanwezig zijn) en 2670 kg.m^{-3} in het zuiden (een kleiner deel van de kaart, waar Paleozoïsche gesteenten boven zeeniveau en in ontsluiting aanwezig zijn). Sommige ruwe gegevens, meer bepaald van oudere acquisitie-campagnes in de Kempen en de omgeving van Diksmuide, zijn echter niet herleid tot dezelfde basis ("datum"). Ook de laatste gegevens van Fugro (acquisitie 2002) hebben een lichtjes andere basis. Voor deze gebieden is een gridding file gebruikt die door de Sterrenwacht (M. Everaerts) werd aangeleverd. In een klein deel van het zuidoosten van de kaart, vooral het gedeelte in Wallonië, waar het Paleozoïcum dicht bij de oppervlakte zit, vertoont de Bouguer anomalie kaart met densiteitscorrectie 2100 kg.m^{-3} een zekere vertekening door het reliëf.

Voor de verdere studie is deze Bouguer-kaart met variërende densiteitscorrectie niet gebruikt. Daar deze werkwijze voor dit project niet contractueel vastlag, is ze door BGS eerder als experiment uitgevoerd.

- De BGS gebruikte voor de topografie een mooi (gratis) terreinmodel van Vlaanderen (beschikbaar voor bijna heel de wereld), afkomstig van de website van de USGS (Geologische Dienst van de USA), namelijk de SRTM (Shuttle Radar Topography Mission). Dit werd met radar door de space shuttle gevlogen, en heeft een resolutie van 90 m (pixel grootte).

6.2 Regionale interpretatie van de gravimetrie in het zuidwesten

In het gebied waar in 2003 de aëromagnetische gegevens bestudeerd werden ($X = 58$ tot 146 km , $Y = 148$ tot 185 km), zijn in het huidige project de gravimetrische lineamenten en diepte-oplossingen bepaald. Het valt op te merken dat geen sterke lineamenten met SW-NE richting gedetecteerd zijn, en dit in tegenstelling met de verwachtingen op basis van gepubliceerde kaarten van de subcrop-geologie van het Massief van Brabant.

Verschillende NW-SE gerichte lineamenten komen overeen met de magnetische lineamenten en kunnen toegeschreven worden aan de structuur van de Tubize-formatie in de kern van het Massief van Brabant.

De gravimetrische studie bevestigt en verfijnt het bestaan van een aantal gravimetrische lage waarden ("gravity lows"); ze laat echter niet toe om ondubbelzinnig de knoop door te hakken i.v.m. hun interpretatie. Hoewel de studie het voorkomen van grote lichte blokken van Precambrische sokkel (al dan niet van mogelijke granitische samenstelling) als oorzaak voor de "gravity lows" niet uitsluit, wijzen een groot aantal elementen uit de studie eerder in de richting van granitische batholieten (zie ook verder). Indien de "gravity lows" in verband staan met granitische intrusies kunnen twee modellen naar voor geschoven worden : ofwel stellen ze een reeks kleinere plutons voor die zich in een bestaande transtensiegordel hebben geplaatst, ofwel stellen ze één oorspronkelijk grote granitische intrusie voor, onderbroken door latere ("post-emplacement") shearzones.

De diepte-oplossingen met de Euler methode geven mooie resultaten. Punt-anomalieën in 3-D zijn met verschillende kleuren afgebeeld naargelang de diepte (waarneembaar tot 5 km). In de categorie 1 tot 2 km komen heel wat anomalieën voor. Dit komt bijzonder mooi tot uiting rondom de vermoede batholieten in West- en Oost-Vlaanderen; een kroon van diepte-oplossingen bevindt zich rond de sterkste anomalie van Oostrozebeke. Dit schijnt de intrusieve vorm te bevestigen.

6.3 Modelling in 2 ½ -D dimensie

Twee nieuwe profielen, respectievelijk N-S en NE-SW gericht, zijn gemodelleerd doorheen de provincies Antwerpen, Brabant en Namen. De resultaten bevestigen de vermoedelijke intrusieve (granietische) natuur van een lichaam met relatief lage dichtheid onder Waver. Dit lichaam zou een breedte hebben van 25 km. Net zoals voor vroegere profielen, schijnt de formatie van Tubize te bestaan uit een meer magnetische kern en een minder magnetische periferie. Naar het Kempisch Bekken toe (d.i. richting de Centrale Graben), neemt de zwaartekracht geleidelijk af (zonder bruuske overgangen).

6.4 Modelling in 3-D dimensie

Een 3 D modellering is van oost naar west uitgevoerd op de volledige "batholiet". In tegenstelling tot de 2 ½ -D modellering wordt hier ook gezocht naar de dikte van het lichte lichaam, dus naar een bodem en een dak, wat realistisch is in het kader van de bovenste aardkorst. Om de resultaten zichtbaar te maken, zijn secties door de batholiet gemaakt. De secties die overeenkomen met gemodelleerde profielen zijn verder uitgewerkt. Het is zeer mooi te zien dat het lichaam in de diepte begrensd is, met een dikte variërend van meer dan 10 km in de omgeving van Oostrozebeke en Brakel, tot slechts enkele km nabij Halle en Waver (verder naar het oosten). Dit is een geometrische bevestiging van het intrusieve karakter van het lichaam, en staat haaks op de hypothese van een licht Precambriërsch blok dat opgeheven is langs breuken.

6.5 Prospectivity analyse

Ten opzichte van de prospectivity analyse van 2003, hecht de nieuwe analyse meer belang aan nieuwe inzichten uit het werk van Stijn Dewaele en Philippe Muchez (KULeuven), namelijk dat metamorfe fluïda verantwoordelijk zijn voor het grootste deel van de mineralisaties in plaats van magmatische fluïda. Magma's zijn hierbij wel een bron van warmte, waardoor fluïdamigratie doorheen de gesteenten aangedreven wordt. De warmte afkomstig van de intrusies is dus belangrijker dan de fluïda die rechtstreeks gerelateerd zijn met de intrusies. Bijgevolg zijn de magmatische gesteenten en de gravimetrische anomalieën weggelaten als criteria voor de prospectivity analyse. De breuken van de subcropkaart van 1993 zijn om andere redenen weggelaten (op onze aanvraag). Anderzijds zijn de nieuw bepaalde gravimetrische lineamenten mede als criterium aangenomen en het belang van het Boven-Paleozoïcum in het zuidwesten is relatief afgezwakt met een lithologisch criterium. Een uitvoerige bespreking van de eigenschappen van mesozonale orogene afzettingen wordt getoetst aan de gepubliceerde gegevens van het Marcq-gebied en van Bierghes (publicaties van Piessens resp. Dewaele).

Merkwaardig genoeg, lijkt de nieuwe prospectivity kaart zeer goed op de prospectivity kaart van 2003. De redenen hiervoor moeten vermoedelijk gezocht worden in het feit dat niet geraakt werd aan de waargenomen mineralisaties en hydrochemische anomalieën en dat de lineamenten toch een bepaald type patroon aangeven.

De meest prospectieve gebieden zijn enerzijds gelegen in het NW, nabij Kortrijk en boven de gravimetrische anomalie van Oostrozebeke (ook al is deze niet als criterium opgenomen in de prospectivity analyse) en anderzijds in het zuidoosten, in het gebied van Geraardsbergen tot aan de Zenne (waarin ook Sint-Pieters-Kapelle gelegen is.)

7. AANBEVELINGEN

Volgende aanbevelingen worden geformuleerd in deze studie:

- Seismisch onderzoek over één van de negatieve Bouguer-anomalieën, om het dak van de graniet in beeld te brengen en mogelijk een goede schatting te kunnen maken van de diepte tot de top van het granietlichaam. Hier kan aan worden toegevoegd (niet door de BGS vermeld) dat een mogelijke lopolietische structuur van de batholiet, zoals in het Lake District in noord-Engeland, in het verlengde van de Anglo-Brabant plooigordel (Evans et al., 1994), op deze wijze kan aangetoond worden.
- Een diepe boring, om de aard te bepalen van het gesteente dat verantwoordelijk is voor de negatieve anomalie. Zoals reeds herhaaldelijk geschreven is, zou de aanwezigheid van een graniet in de ondergrond van Vlaanderen gunstig zijn voor het bestuderen op lange termijn van de mogelijkheden van enerzijds geothermie, en anderzijds berging van nucleair afval in de diepe ondergrond.
- De Prospectiviteitsanalyse voor mineralisaties zou kunnen verbeterd worden door detail-onderzoek van gravimetrie en magnetisme. Hieraan kan worden toegevoegd (niet door de BGS vermeld) dat het al of niet aantonen van een intrusief granietisch lichaam zou helpen om hypothesen rond ertsgenese beter te omlijnen.

8. REFERENTIES

DE VOS, W., CHACKSFIELD, B., D'HOOGHE, L., DUSAR, M., LEE, M., POITEVIN, C., ROYLES, C., VANDENBORGH, T., VAN EYCK, J. & VERNIERS, J. 1993b. Image-based display of Belgian digital aeromagnetic and gravity data. *Professional Paper* **263**, Belgische Geologische Dienst.

DEWAELE, S. 2004. Metallogenesis at the southern margin of the Anglo-Brabant Fold Belt, Belgium. Doctoraatsthesis, Katholieke Universiteit Leuven, 285 pp.

DEWAELE, S. and MUCHEZ, Ph. 2004. Alteration, mineralisation and fluid flow characteristics in the Bierghes sill, Anglo-Brabant Fold Belt, Belgium. *Geologica Belgica* **7** /1-2 : 55-69.

EVANS, D., ROWLEY, W., CHADWICK, R., KIMBELL, G. & MILLWARD, D. 1994. Seismic reflection data and the internal structure of the Lake District batholith, Cumbria, northern England. *Proceedings of the Yorkshire Geological Society* **50** (1), 11-24.

EVERAERTS, M. 2000. Interprétation structurale de la Manche au Rhin: l'apport du filtrage des champs potentiels. Thèse de doctorat, UCL, Louvain-la-Neuve.

PIESSENS, K. 2001. Metallogenese van de gemineraliseerde schuifzone te Sint-Pieters-Kapelle (Brabantmassief, België). Doctoraatsthesis, Katholieke Universiteit Leuven, 140 pp.

PIESSENS, K., MUCHEZ, Ph., DEWAELE, S., BOYCE, A., DE VOS, W., SINTUBIN, M., DEBACKER, T., BURKE, E., VIAENE, W. 2002. Fluid flow, alteration and polysulphide mineralisation associated with a low-angle shear zone in the Lower Palaeozoic of the Anglo-Brabant fold belt, Belgium. *Tectonophysics* **348**, 73-92.