



Onderzoeksopdracht voor het  
Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap  
Departement Leefmilieu en Infrastructuur  
Administratie Milieu-, Natuur-, Land- en Waterbeheer  
AMINAL, afdeling Water



# **Hydrogeologische detailstudie van de ondergrond in Vlaanderen Eindrapport**

28 september 2005



Vrije  
Universiteit  
Brussel

Coördinator - Opdrachthouder:

Vrije Universiteit Brussel

Vakgroep Hydrologie en Waterbouwkunde

ir. Y. Meyus, ir. J. Cools, ir. D. Adyns, Drs. S.Y. Zeleke,

Drs. S.T. Woldeamlak, Drs. O. Batelaan en Prof. Dr. ir. F. De Smedt

## Inhoudstabel

Inhoudstabel .....	2
Lijst met figuren .....	5
Lijst met tabellen .....	5
Bijlagen .....	6
Lijst met symbolen en afkortingen .....	7
1. Concept van het Vlaams Grondwater Model (VGM).....	8
2. De ontwikkeling van het VGM .....	10
3. De hydrogeologische detailstudie van de ondergrond in Vlaanderen: methodologie ..	14
3.1 Uitvoerders.....	14
3.2 Beschrijving van de deelgebieden.....	15
3.3 Projectdoelstellingen.....	16
4. Deeltaak 1: Verzameling, selectie, controle en interpretatie van de beschikbare basisgegevens (boorgegevens) .....	18
4.1 Doel van de deeltaak .....	18
4.2 Selectie en verwerking van beschikbare digitale boorgegevens .....	18
4.3 Inventaris van analoge puntgegevens: boringen en grondparameters.....	20
4.4 Structuur van de herwerkte ANRE-gegevensbank .....	21
4.5 GIS-gegevensbank: formaat en gebruikte basisgegevens (deeltaken 2, 4 en 5) .....	22
4.6 Afwijking van de gestelde criteria .....	23
4.7 Kwaliteitscontrole van de boorgegevens in de ANRE-gegevensbank.....	24
4.7.1 Problemen met de lithologische codering in deelgebieden 5 en 6.....	25
4.7.2 Problemen met de stratigrafische interpretatie in deelgebieden 5 en 6.....	26
4.7.3 Beschrijving van de problemen per kaartblad in deelgebieden 5 en 6.....	26
4.7.4 Samenvatting van de problemen in de andere deelgebieden .....	27
4.8 Overzicht van de opgeleverde VGM-gegevensbank.....	28
4.9 Evaluatie van deeltaak 1 .....	30
5. Deeltaak 2: Bepaling van de voorkomingsgrenzen van de HCOV-eenheden .....	31
5.1 Doel van de deeltaak .....	31
5.2 Algemene werkwijze bij de ontwikkeling van de voorkomingsgrenzen .....	31
5.3 Gebruikte bronnen per HCOV-eenheid .....	32
5.4 Werkwijze tot ontwikkeling van de voorkomingsgrenzen per deelgebied .....	38
5.5 Voorkomingsgrenzen verschillend van de 0-isopachen.....	40
5.6 Problemen bij het opstellen van de voorkomingsgrenzen.....	41
5.6.1 Heterogene basisgegevens .....	41
5.6.2 Bestaande naamgeving niet éénduidig om te zetten naar de HCOV-codering ..	41

5.6.3	Niet alle boorpunten vallen binnen de voorkomingsgrens .....	42
5.6.4	Werkwijze bij gebrek aan informatie: geen grens of arbitraire grens?.....	44
5.6.5	Problemen met het bepalen van de voorkomingsgrenzen per HCOV-eenheid .	45
5.7	Werkwijze om voorkomingsgrenzen per deelgebied aaneen te sluiten .....	54
5.7.1	Doelstelling.....	54
5.7.2	GIS-bewerkingen.....	54
5.7.3	Bespreking per HCOV-eenheid.....	57
5.7.4	Correcties uitgevoerd aan de voorkomingsgrenzen.....	63
5.8	Evaluatie deeltaak 2: Voorkomingsgrenzen van de HCOV-eenheden .....	67
6.	Deeltaak 3: Opstellen van een grondparameterbestand.....	69
6.1	Doelstelling.....	69
6.2	Werkwijze.....	69
6.3	Gebruikte bronnen .....	70
6.4	Inventaris van Grondparameters: Resultaten .....	70
7.	Deeltaak 4: Verticaal afbakenen van de modellagen (basis en dikte) .....	71
7.1	Doelstelling.....	71
7.2	Algemene werkwijze voor verticale afbakening van de modellagen.....	71
7.2.1	Integreren van gegevens in één GIS-dataset.....	71
7.2.2	Van isolijnen op kaart naar een grid van de basis en dikte.....	73
7.2.3	Isopachenkaart (dikte): afgeleid van de isohypsenkaart (basis) of andersom? ..	73
7.2.4	Verdeelschema voor de subeenheden van de Quartaire Aquifersystemen .....	75
7.3	Werkwijze voor de verticale afbakening per deelgebied .....	77
7.3.1	Methode gebruikt voor deelgebied 5 .....	77
7.3.2	Methode gebruikt voor deelgebieden 1, 6 en 7.....	79
7.3.3	Methode gebruikt voor deelgebieden 2, 3, 4, 8 en 9.....	80
7.4	Basis Quartaire Aquifersystemen (HCOV 0100) verschillend van Top Tertiair .....	83
7.5	Aanpassingen van de modellagen door de uitvoerders vóór aansluiting .....	83
7.5.1	Werkwijze voor aanpassingen tussen deelgebieden 5 en 6 .....	83
7.5.2	Werkwijze voor aanpassingen door uitvoerder Haskoning .....	86
7.6	Werkwijze om modellagen aaneen te sluiten over verschillende deelgebieden .....	87
7.6.1	Doelstelling.....	87
7.6.2	Aaneensluiting gebaseerd op de grids van de basis van de HCOV-eenheden... ..	87
7.6.3	Voorafgaandelijke verwerking van de GIS-gegevens (pre-processing) .....	87
7.6.4	Samenvoegen tot één grid met MOSAIC .....	88
7.6.5	Herinterpoleren als finale oplossing .....	89
7.6.6	Opvullen van ontbrekende gegevens .....	90
7.6.7	Bepalen van de dikte van de HCOV-eenheden.....	90

7.7	Resultaten: basis en dikte per HCOV-eenheid in GIS .....	92
7.8	Evaluatie deeltaak 4: verticale afbakening van de modellagen.....	98
7.8.1	Verlies aan informatie minimaliseren.....	98
7.8.2	Karteren met onzekere of onbestaande gegevens .....	98
7.8.3	Heropbouw van de lagen .....	99
8.	Deeltaak 5: Opstellen van een topografiebestand.....	100
8.1	Doelstelling.....	100
8.2	Werkwijze .....	100
8.2.1	Werkwijze alle deelgebieden, uitgezonderd deelgebied 5 .....	101
8.2.2	Werkwijze voor deelgebied 5 .....	103
9.	Referenties .....	104
9.1	Referenties van de eindrapporten van de verschillende deelgebieden .....	104
9.2	Referenties gebruikt bij het bepalen van de voorkomingsgrenzen .....	105
9.3	Aanvullende referenties: interne rapporten en publicaties over het project.....	107

## Lijst met figuren

Figuur 1	Overzicht van de VGM-Omgeving.....	11
Figuur 2	Overzichtskaart: deelgebieden en uitvoerders .....	15
Figuur 3	Relationele structuur van de VGM-gegevensbank (zie ook bijlage 3.2) .....	22
Figuur 4	Diepteverdeling van de boringen in de gegevensbank voor alle deelgebieden.....	29
Figuur 5	Schets van het voorkomen van de HCOV 0230, HCOV 0240 en HCOV 0250 .....	47

## Lijst met tabellen

Tabel 1	Richtwaarden voor het aantal boringen per deelgebied.....	19
Tabel 2	Aantal boringen, met bronvermelding in de nieuwe gegevensbank per deelgebied; analoge boringen uit Vlaanderen en Wallonië zijn allen afkomstig van de BGD, alle boringen uit Nederland komen van TNO, de boringen uit Frankrijk van BRGM.....	28
Tabel 3	Gebruikte afkortingen voor beschikbare geologische kaarten .....	32
Tabel 4	Gebruikte afkortingen voor geologische literatuur.....	33
Tabel 5	Gebruikte bronnen per HCOV-eenheid en per deelgebied.....	34
Tabel 6	Gebruikte conventies bij het opstellen van de quartaire voorkomingsgrenzen .....	45
Tabel 7	Aaneensluiting van de voorkomingsgrenzen tussen verschillende deelgebieden .....	58
Tabel 8	Aantal opgeleverde grondparameters per deelgebied.....	70
Tabel 9	Beschrijving van de GIS-kaarten per HCOV-eenheid. De cijfercodes zijn in vorige paragraaf uitgelegd. ....	94
Tabel 10	Diepst gekarteerde HCOV-eenheid per deelgebied. De basis van de bovenliggende laag is de onderste eenheid .....	99

## **Bijlagen**

Bijlage 1: Adresgegevens

Bijlage 2: Beschrijving van de negen deelgebieden

Bijlage 3: Hydrogeologische Codering Ondergrond Vlaanderen (HCOV)

Bijlage 3.1: Tabel HCOV

Bijlage 3.2: Correlatie tussen de Franse lithostratigrafie en de HCOV-code

Bijlage 3.3: Correlatie tussen de Nederlandse lithostratigrafie en de HCOV-code

Bijlage 4: Structuur van de VGM-gegevensbank

Bijlage 4.1: Omschrijving van de tabellen uit de VGM-gegevensbank

Bijlage 4.2: Velden en codelijsten bij de hydrogeologische gegevensbank

Bijlage 4.3: Voorbeelden van afwijkingen van de gestelde criteria bij deeltaak 1

Bijlage 5: Overzicht opgeleverde GIS-gegevens

Bijlage 5.1: Voorkomen per HCOV-eenheid en per deelgebied

Bijlage 6: Beschikbare geologische kaarten

Bijlage 6.1: Overzicht Tertiairkaarten – Vlaams Gewest

Bijlage 6.2: Overzicht Quartairkaarten – Vlaams Gewest

Bijlage 6.3: Overzicht Geologische kaarten – Wallonië

Bijlage 6.4: Overzicht Geologische kaarten – Nederland

Bijlage 6.5: Overzicht Geologische kaarten – Frankrijk

**Lijst met symbolen en afkortingen**

ANRE	Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie
BDB	Bodemkundige Dienst van België
BGD	Belgische Geologische Dienst
BRGM	Bureau de Recherches Géologiques et Minières
DGRNE	Directorat-Général des Ressources Naturels et de l'Environnement
DOV	Databank Ondergrond Vlaanderen
HCOV	Hydrogeologische Codering van de Ondergrond van Vlaanderen
IWVA	Intercommunale Watermaatschappij van Veurne-Ambacht
PIDPA	Provinciale en Intercommunale Drinkwatermaatschappij der Provincie Antwerpen
RGD	Rijks Geologische Dienst
SCK-CEN	Studie Centrum voor Kernenergie
SQL	Standard Query Language
TNO-NITG	Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen TNO
VGM	Vlaams Grondwatermodel
VHA	Vlaamse Hydrografische Atlas
VITO	Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek
VMW	Vlaamse Maatschappij voor Watervoorziening

## 1. Concept van het Vlaams Grondwater Model (VGM)

Het huidige Vlaams grondwaterbeleid steunt voornamelijk op administratieve en legislatieve instrumenten. Beslissingen worden hierbij genomen op basis van veronderstellingen, met potentiële gevaren voor mens en milieu als gevolg. Vandaar dat technisch-wetenschappelijke instrumenten noodzakelijk zijn voor een geïntegreerd Vlaams grondwaterbeleid (Meyus et al., 2000b).

De bestaande grondwatermodellen zijn lokaal, ontwikkeld voor verschillende doeleinden (bijv. drinkwaterproductie, milieu- en natuurbeheer) en niet altijd publiek beschikbaar. Vaak hebben ze tegenstrijdige resultaten. Bovendien zijn de bestaande modellen niet gebiedsdekkend. Het vergelijken en koppelen van deze grondwatermodellen is bijgevolg zeer moeilijk. Hiermee is het onmogelijk een globaal overzicht te verkrijgen over de Vlaamse ondergrond. Er is nood aan een gebiedsdekkend grondwatermodel in Vlaanderen. Het VGM zal hiervoor een deterministische oplossing bieden.

Het VGM zal meer zijn dan een grondwatermodel. Het wordt een werkomgeving waarbinnen alle hydrogeologische gegevensverwerking en modelstudies worden gecoördineerd, gekoppeld en aangevuld. Het VGM zal leiden tot een beter inzicht in de regionale grondwatersystemen in Vlaanderen. Ook worden volgende toepassingen mogelijk: het berekenen van grondwaterstroming, -voeding, -kwel, -berging, -onttrekkingszones en -intrekgebieden. Vervolgens kan de impact van externe invloeden en beheersbeslissingen bepaald worden op regionale en lokale schaal. Hierbij worden causale relaties ontwikkeld en toekomstige scenario's gesimuleerd. Vervolgens kan het VGM gebruikt worden als basismodel voor andere grondwatersimulaties, bijvoorbeeld ontwikkeld door externen, voor andere doeleinden of op een kleinere schaal.

De resultaten van het VGM laten immers extractie van de nodige randvoorwaarden toe. Verder kan het VGM gebruikt worden om de accuraatheid van andere modellen te testen. De resultaten van het model kunnen vervolgens gekoppeld worden aan nevenmodellen, zoals economische modellen en modellen voor oppervlaktewater, de vegetatie, de drinkwatervoorziening, de rioleringen, de landbouw en het landgebruik. Het algemene doel van het VGM is het mogelijk maken van een geïntegreerd grondwaterbeleid (Meyus et al., 2000b).



Grote stappen zijn reeds gezet op het gebied van gegevensverwerking. De optimalisatie van de verzameling van hydrogeologische gegevens en het algemeen beschikbaar stellen ervan is volop aan de gang. Hiervan zijn de Databank Ondergrond Vlaanderen (DOV), GIS-Vlaanderen en de Vlaamse Hydrografische Atlas (VHA) prachtige initiatieven die nog volop in uitbouw zijn.

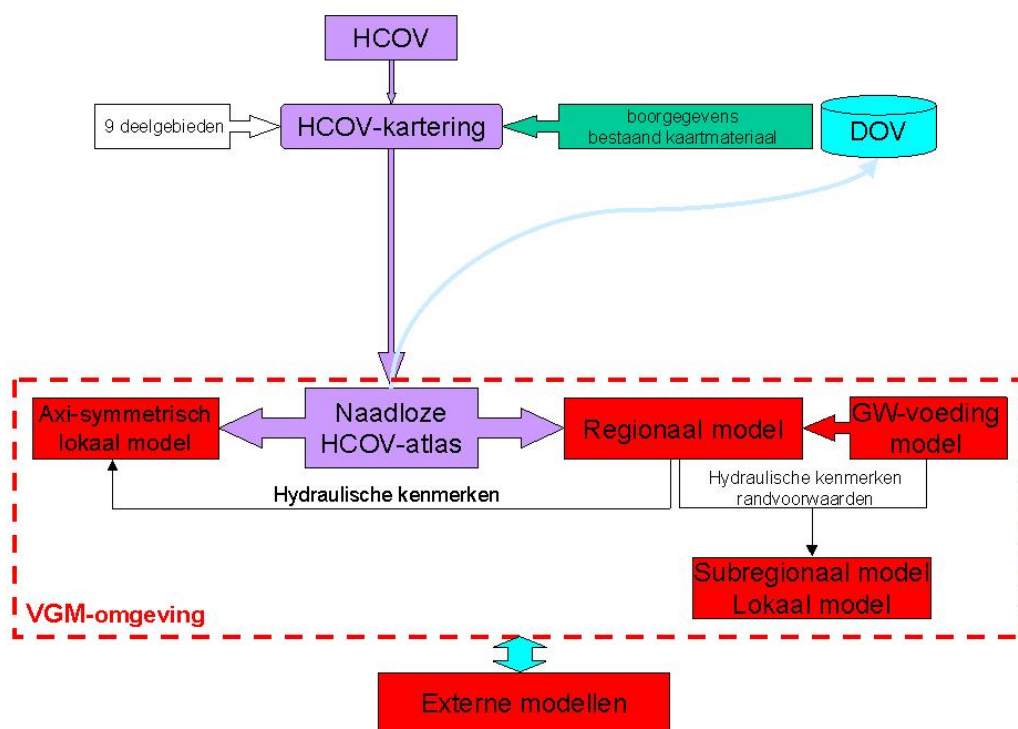
## **2. De ontwikkeling van het VGM**

Het algemeen doel van het VGM is een zo compleet mogelijk inzicht te verschaffen betreffende het grondwatersysteem van de Vlaamse ondergrond. Het VGM zal een globale werkomgeving creëren waarbinnen alle mogelijke hydrogeologische gegevensverwerking en modelstudies kunnen worden gekoppeld en geoptimaliseerd. Op deze wijze wordt een geïntegreerd instrument ter ondersteuning van het grondwaterbeleid ontwikkeld. Een algemeen overzicht van de VGM-omgeving zoals deze nu in ontwikkeling is wordt gegeven in Figuur 1. Hieronder zal een korte historiek van de verschillende stappen in de ontwikkeling van het VGM gegeven worden. Stappen 1, 2, 4 en 5 zijn reeds afgerond en de andere stappen zijn in ontwikkeling. Stap 3 betreft het huidige project.

### **STAP 1: ontwikkeling van het concept van het VGM**

In deze fase is een basisarchitectuur van het VGM ontstaan (Meyus et al., 2000b). Het VGM is een omgeving waarin gebiedsdekkende verwerkte basisgegevens, zoals hydrogeologische opbouw, grondwatervoeding, hydraulische parameters, e.d. zich bevinden. Naast deze basisgegevens zal het VGM ook een aantal regionale modellen bevatten waarin de grondwaterstroming gebiedsdekkend berekend wordt. Daarnaast behoren een aantal afgeleide subregionale en lokale modellen tot de VGM omgeving.

De ontwikkeling van een set van gebiedsdekkende gebruiksklare basisgegevens is de belangrijkste peiler om op flexibele en doeltreffende wijze tot grondwatermodellering op verschillende schalen te kunnen overgaan.



**Figuur 1** Overzicht van de VGM-Omgeving<sup>1</sup>

## **STAP 2: ontwikkeling van de Hydrogeologische Codering van de Ondergrond van Vlaanderen (HCOV)**

Eén van de eerste stappen in de echte ontwikkeling van het VGM was het opstellen van de HCOV. Een gebiedsdekkende hydrostratigrafische indeling van de Vlaamse ondergrond werd in samenspraak met alle betrokken instellingen opgesteld (Meyus et al., 2000a; Meyus et al., 2000c).

## **STAP 3: hydrogeologische detailstudie van de ondergrond van Vlaanderen (huidig project)**

Voor elk van de HCOV-eenheden bepaald in STAP 2 worden kaarten opgesteld met het voorkomen, de diepte van de basis en de dikte van deze lagen. Het resultaat vormt een driedimensionale atlas van de hydrostratigrafische onderverdeling van de ondergrond in Vlaanderen.

<sup>1</sup> Figuur en tekst overgenomen uit projectbestek (nr. WAT/L 2003 S 0013 X)

**STAP 4: ontwikkeling van een lokaal axi-symmetrisch grondwatermodel (ontwikkeld door Universiteit Gent)**

Op de kartering uit STAP 3 is de ontwikkeling van het lokaal axi-symmetrisch grondwatermodel geënt. De geologische opbouw wordt automatisch uit de kartering afgeleid. Dit type model laat toe om de invloed van één enkele en een combinatie van grondwaterwinningen in te schatten en zal gebruikt worden bij de adviesverlening bij de vergunningaanvraag voor het winnen van grondwater (Lebbe en Vandenbohede, 2004).

**STAP 5: ontwikkeling van een Vlaams Grondwatervoedingsmodel (ontwikkeld door de Vrije Universiteit Brussel)**

In deze stap wordt de grondwatervoeding gemodelleerd met de WetSpass code, ontwikkeld aan de Vakgroep Hydrologie en Waterbouwkunde van de VUB (Batelaan en De Smedt, 2001). Hierbij wordt rekening gehouden met de topografie, de bodem, het landgebruik, de neerslag en de temperatuur. De gemiddelde jaarlijkse grondwatervoeding wordt met dit model met een rastergrootte van 50 bij 50 meter berekend (Meyus et al., 2004).

**STAP 6: ontwikkeling van regionale modellen (in uitvoering)**

In deze stap worden een aantal regionale modellen opgesteld die moeten toelaten de impact van beleidsbeslissingen te voorspellen en te ondersteunen. In Vlaanderen worden zes verschillende grondwatersystemen onderscheiden. Elk systeem zal op regionale basis gemodelleerd worden.

Voor de Sokkel is reeds een regionaal model ontwikkeld (Walraevens en Van Camp, 2003), de andere modellen zijn in ontwikkeling. Het Centraal Vlaams Model wordt ontwikkeld binnen AMINAL, afdeling Water, terwijl het Centraal Kempisch Model, het Maasmodel en het Brulandkrijtmodel worden uitbesteed. Het complexe Kust- en Poldersysteem zal in een latere fase ontwikkeld worden.

**STAP 7: ontwikkeling van subregionale en lokale grondwatermodellen**

Ten behoeve van de visievorming rond landinrichtingsprojecten, waterwingebieden, grondwaterafhankelijke natuurgebieden, gewestplanwijzigingen e.d. kan het noodzakelijk zijn grondwatermodellen op een gedetailleerder niveau te ontwikkelen dan de regionale modellen. Deze subregionale modellen kunnen ontwikkeld worden op basis van de resultaten van de regionale modellen.

**STAP 8: ontwikkeling van tijdsafhankelijke modellen**

De modellen uit STAP 6 zijn stationaire modellen. Op termijn zal AMINAL, afdeling Water overgaan tot het niet-stationair modelleren van de grondwaterstroming. Dit vergt echter nog vergaande inspanning met betrekking tot gegevensverzameling (vnl. tijdsreeksen van opgepompte debieten).

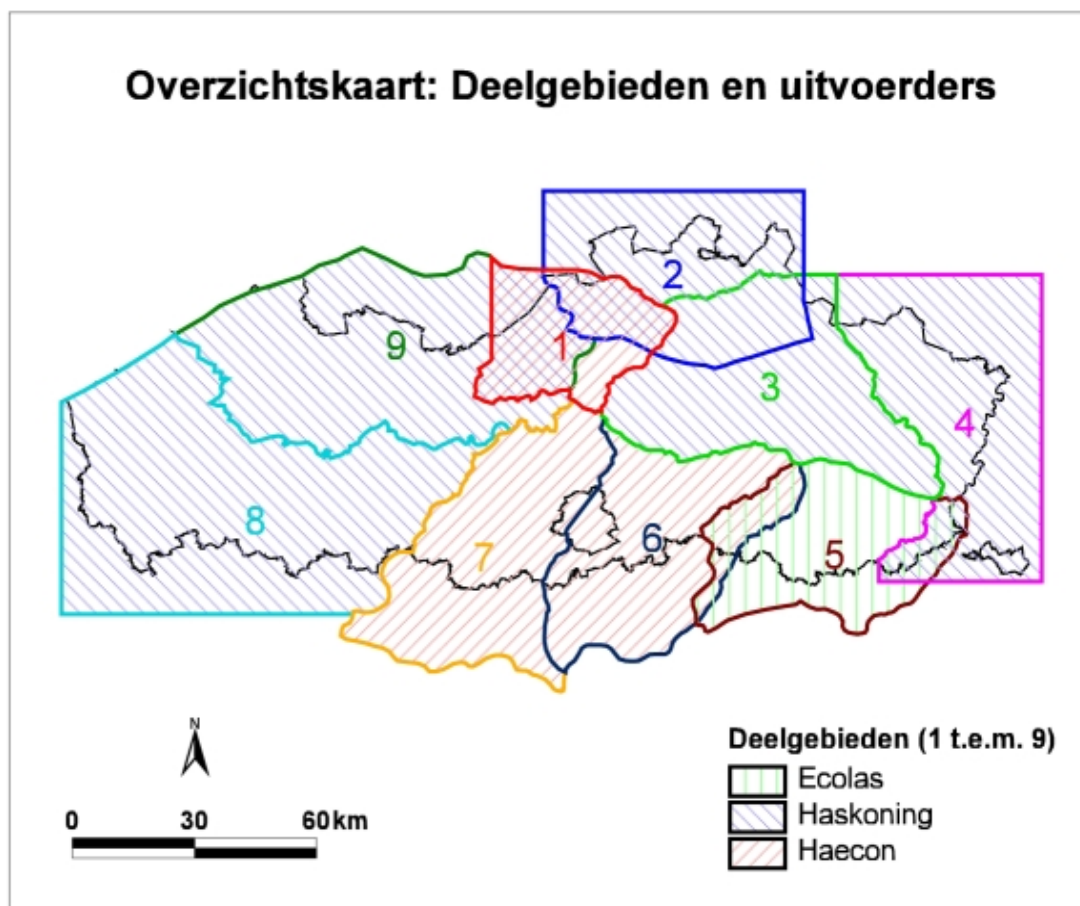
### **3. De hydrogeologische detailstudie van de ondergrond in Vlaanderen: methodologie**

Vooraleer te starten met de opbouw van een numeriek grondwatermodel, is een hydrogeologische schematisatie van Vlaanderen noodzakelijk. In Meyus et al. (2000b) worden de verschillende bestaande coderingen in Vlaanderen om de ondergrond te beschrijven vergeleken. De bestaande coderingen bleken niet uniform, niet gebiedsdekkend voor Vlaanderen en niet steeds gebaseerd op hydrogeologie (wel op stratigrafie). Daarom werd de HCOV-codering opgesteld (Meyus, et al., 2000a; Meyus et al., 2000c), in overleg met alle belanghebbenden (o.a. de overheid, de drinkwatermaatschappijen, de universiteiten en de onderzoekscentra). Vertegenwoordigers van deze instellingen vormden de ‘Werkgroep Aquifercodering’. De HCOV-code is herkenbaar, numeriek, volledig (gebiedsdekkend en chronologisch) en hiërarchisch (drie niveaus).

Bij de opmaak van een groot regionaal grondwatermodel is evenwicht tussen de gewenste nauwkeurigheid, de benodigde rekentijd en geheugencapaciteit nodig. Vlaanderen werd daarom opgesplitst in negen deelgebieden. Hun afbakening gebeurde op basis van rivieren, waterscheidingslijnen of het voorkomen van dominante hydrogeologische lagen. Bijgevolg zijn de deelgebieden groter dan de administratieve grenzen van Vlaanderen. De exacte laagindeling en de exacte begrenzing van het toekomstige VGM is echter afhankelijk van de plaatselijke hydrogeologische toestand en zal beter gekend zijn bij het beëindigen van dit project. De geologische opbouw van de deelgebieden werd beschreven in Meyus et al. (2000b).

#### **3.1 Uitvoerders**

Het volledige studiegebied is ingedeeld in negen deelgebieden. Na openbare aanbesteding zijn deze toegewezen zoals in Figuur 2 wordt aangegeven. Verder is de Vakgroep Hydrologie en Waterbouwkunde van de VUB, eveneens na openbare aanbesteding, aangeduid als projectcoördinator (contactpersonen ir. J. Cools en ir. Y. Meyus). Contactpersoon bij AMINAL, afdeling Water (de opdrachtgever) is de heer J. Lermytte. De negen deelgebieden werden toegekend aan drie uitvoerders (Figuur 2). Deelgebieden 2, 3, 4, 8 en 9 werden toegewezen aan Haskoning. Deelgebieden 1, 6 en 7 werden uitgevoerd door Haecon en deelgebied 5 door Ecolas. Op hun beurt contacteerden Ecolas en Haecon onderaannemers. Hierbij werd GSC verkozen voor deeltaken 2, 3, 4 en 5 van deelgebied 5 (in opdracht van Ecolas) en deeltaak 1 en 3 van deelgebied 6 (in opdracht van Haecon). De Vakgroep Geologie en Bodemkunde (Universiteit Gent) was onderaannemer voor Haecon voor de deelgebieden 1 en 7. Alle adresgegevens van de verschillende contactpersonen worden vermeld in bijlage 1.



**Figuur 2** Overzichtskaart: deelgebieden en uitvoerders

### 3.2 Beschrijving van de deelgebieden

De deelgebieden zijn voor het grootste deel afgebakend op basis van hydrogeologische grenzen zoals rivieren, waterscheidingslijnen, dagzoomgrenzen of de kust. Vermits water niet stopt met stromen aan de bestuurlijke grenzen, is het studiegebied groter dan Vlaanderen. Het studiegebied omvat het Brussels Hoofdstedelijk Gewest en delen van Wallonië, Nederland en Frankrijk. De deelgebieden zijn uitgebreider beschreven in bijlage 2. In Frankrijk en Nederland zijn, naast de hydrogeologische grenzen, ook gekozen voor arbitraire lijnen. Waar meerdere mogelijke hydrogeologische afbakeningen per deelgebied mogelijk waren is er voor gekozen om de deelgebieden te laten overlappen (Meyus, et al., 2000b).

### 3.3 *Projectdoelstellingen*

Per deelgebied worden volgende vijf deeltaken<sup>2</sup> uitgevoerd:

1. Verzameling, selectie, controle en interpretatie van de beschikbare basisgegevens;
2. Bepaling van de voorkomingsgrenzen van de HCOV-eenheden;
3. Opstellen van een grondparameterbestand;
4. Vertikaal afbakenen van de modellagen;
5. Opstellen van een topografiebestand.

Deeltaak 1 omvat het ontwikkelen van de hydrogeologische gegevensbank voor Vlaanderen die zal opgenomen worden in de DOV<sup>3</sup>. Dit gebeurt door het samenvoegen en corrigeren van de bestaande gegevensbanken, maar ook door deze aan te vullen met nieuwe geologische en hydrogeologische gegevens of door nieuwe analoge boringen te digitaliseren.

Deeltaak 2 omvat het opmaken van een gebiedsdekkende kaartenbestand van de voorkomingsgrenzen van alle HCOV-eenheden. Deze grenzen geven aan waar elke hydrogeologische eenheid voorkomt, ongeacht of deze dagzoomt of op grote diepte voorkomt.

In deeltaak 3 wordt een inventaris gemaakt van de beschikbare hydrogeologische parameters in Vlaanderen, o.a. de hydraulische geleidbaarheid en bergingscoëfficiënt.

Deeltaak 4 betreft het ontwikkelen van een set van contourkaarten waarop de basis en de dikte van de voornaamste hydrogeologische eenheden worden weergegeven.

In deeltaak 5 tenslotte wordt een gebiedsdekkend topografiebestand opgemaakt. De gegevens van deeltaken 4 en 5 worden ook in digitale vorm opgeleverd, meer bepaald ArcInfo contourbestanden en rastergegevens-files.

Het is de taak van de VGM-coördinator (Vakgroep Hydrologie en Waterbouwkunde, VUB) om de studies van de negen deelgebieden zodanig te coördineren dat de resultaten ervan naadloos aan elkaar sluiten. Het eindresultaat is een GIS-gegevensbank voor heel Vlaanderen waarin alle deelresultaten zijn aaneengesloten. Daarom werden op de openingsvergadering de structuur, de nauwkeurigheid en de te gebruiken analoge en digitale formaten eenduidig vastgelegd. In dit project zijn enkel bestaande gegevens zoals literatuur, boringen en sonderingen gedigitaliseerd en/of aangevuld. Dit project voorziet niet in veldwerk.

---

<sup>2</sup> Een gedetailleerde beschrijving van de taken is terug te vinden in het projectbestek (nr. WAT/L 2000 S 0019 X)

<sup>3</sup> De Databank Ondergrond Vlaanderen is beschikbaar op <http://DOV.vlaanderen.be>



De resultaten van dit project vormen de basisgegevensbank voor de verdere ontwikkeling van het VGM, maar ook een referentiewerk voor toekomstige projecten: kleiner, met meer detail of met andere doelstellingen. Mogelijk ontstaan nieuwe inzichten in de Vlaamse hydrogeologie waardoor herberekening en herinterpretatie noodzakelijk worden.

Het project heeft daarom als doel dat naast de gegevens zelf (bijv. analoge en digitale boorbeschrijvingen, literatuur) ook informatie over deze gegevens, genoemd 'metadata', beschikbaar wordt. Voorbeelden van metadata zijn de berekeningsmethode, de beheerder van de gegevens, de bronvermelding (titel document, code document, waar te vinden) en betrouwbaarheid van de gegevens.

## **4. Deeltaak 1: Verzameling, selectie, controle en interpretatie van de beschikbare basisgegevens (boorgegevens)**

### **4.1 Doel van de deeltaak<sup>4</sup>**

Het eerste deel van de hydrogeologische detailstudie betreft het verzamelen, selecteren, controleren en het interpreteren van de beschikbare geologische gegevens. Het is niet de bedoeling dat terreinwerk wordt verricht. Een digitaal bestand met de verwerkte gegevens moet gemaakt worden.

Voor het verzamelen van de geologische gegevens moeten de uitvoerders verschillende gegevensbronnen raadplegen. Enerzijds bestaan er de digitale en analoge gegevensbronnen die door de opdrachtgever beschikbaar worden gesteld, anderzijds moeten de uitvoerders zelf digitale en analoge gegevens zien te verzamelen uit andere archieven.

De digitale gegevensbronnen die door de opdrachtgever ter beschikking worden gesteld zijn geëxtraheerd uit de ANRE-gegevensbank en uit de grondwatergegevensbank DAWACCESS van AMINAL, afdeling Water.

De gebruikte gegevens moeten op hun kwaliteit gecontroleerd worden en verbeterd worden indien fouten worden ontdekt. De fouten moeten in een logboek duidelijk omschreven worden.

Al de verzamelde en geïnterpreteerde gegevens dienen gedigitaliseerd te worden in de gegevensstructuren die door de opdrachtgever opgelegd worden.

Voor een uitgebreider beschrijving van de doelstellingen van deeltaak 1 verwijzen we hier naar het hoofdstuk 2 van het projectbestek (nr. WAT/L 2000 S 0019 X).

### **4.2 Selectie en verwerking van beschikbare digitale boorgegevens**

Beschikbaar zijn de gegevensbanken in beheer van de Vlaamse administratie, Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie (ANRE) en AMINAL, afdeling Water (DAWACCESS). De ANRE-gegevensbank vormt de basis voor de invoer in DOV<sup>5</sup>, de 'on-line' beschikbare gegevensbank van de Vlaamse overheid.

---

<sup>4</sup> Tekst gedeeltelijk overgenomen uit projectbestek (nr. WAT/L 2000 S 0019 X)

<sup>5</sup> De Databank Ondergrond Vlaanderen is beschikbaar op <http://DOV.vlaanderen.be>

Bij de selectie van de boringen zijn in de projectbeschrijving volgende richtwaarden vooropgesteld:

1. Een minimale diepte van 40 meter;
2. Een dichtheid van één boring per 2 km<sup>2</sup>.

In de havengebieden en waterwingebieden wordt een grotere dichtheid (één boring per km<sup>2</sup>) geëist. Het intensievere watergebruik en de hogere kwaliteitseisen vragen in deze zones immers om meer detail. De richtwaarden voor het aantal boringen per deelgebied wordt weergegeven in Tabel 1.

**Tabel 1 Richtwaarden voor het aantal boringen per deelgebied**

Perceel	1	2	3	4	5	6	7	8	9	Totaal
Digitale boringen	500	750	1100	600	600	500	600	1600	1200	7450
Analoge boringen	175	450	150	600	350	500	450	500	500	3675
Totaal	675	1200	1250	1200	950	1000	1050	2100	1700	11125

Naast de ontwikkeling van een hydrogeologische gegevensbank voor Vlaanderen stelde het project eveneens tot doel om de fouten in de ANRE-gegevensbank op te sporen, aan te geven in een logboek en indien mogelijk te corrigeren. Het aantal fouten bleek echter groter dan verwacht. Daarom is besloten door de opdrachtgever om elke digitale boorbeschrijving te vergelijken met de oorspronkelijke, analoge boorbeschrijvingen uit de archieven van de Belgische Geologische Dienst (BGD).

In de uiteindelijke gegevensbank dient per boorbeschrijving de HCOV-codering, lithostratigrafie en lithologie ingevoerd te worden. Gezien het feit dat in de boorbeschrijvingen uit de ANRE-gegevensbank reeds de lithologische en stratigrafische gegevens beschikbaar waren, werden enkel de HCOV-codes toegevoegd. De boorgegevens uit DAWACCESS werden aangevuld met de lithostratigrafie.

### ***4.3 Inventaris van analoge puntgegevens: boringen en grondparameters***

De geografische spreiding van boringen in de initiële gegevensbank is niet uniform. Gemeten grondparameters zijn vaak niet publiek beschikbaar. Oorzaken voor deze leemtes in de gegevensbank zijn:

1. Boringen in Vlaanderen komen geconcentreerd voor in verstedelijkte en valleigebieden;
2. Boringen zijn niet publiek beschikbaar, bijv. uitgevoerd met privé-gelden of beheerd door lokale instanties;
3. De VLAREM-wetgeving stelt enkel meldingsplicht voor boringen met een diepte van meer dan 50 meter. Ondiepere boringen zijn talrijker en bevatten ook interessante geologische informatie;
4. Bestaande gegevensbanken bevatten enkel gegevens uit Vlaanderen. Het volledige studiegebied omvat echter ook delen van Frankrijk, Wallonië en Nederland.

Voor het verzamelen van de analoge (of nieuw-gedigitaliseerde) boringen en de hydrogeologische parameters was het noodzakelijk om contact op te nemen met de eigenaars en beheerders van deze gegevens zoals drinkwatermaatschappijen, federale, gewestelijke, provinciale en gemeentelijke diensten, universiteiten, boorfirma's en studiebureaus.

De nieuw-gedigitaliseerde boringen werden aangeduid als analoge boringen gezien ze niet beschikbaar waren in het vereiste formaat. De boringen uit Nederland (TNO) bijvoorbeeld zijn digitaal beschikbaar gesteld, maar konden niet in die vorm in de gegevensbank worden geïntegreerd. De TNO-boringen zijn daarom ingedeeld bij de analoge boringen.

Opdat de te consulteren bedrijven of instellingen niet telkens met dezelfde vraag zouden worden geconfronteerd, was het nodig de aanvragen bij de coördinator te centraliseren. De coördinator nam contact op met ANRE, BGD, Vlaamse Maatschappij voor Watervoorziening (VMW), Provinciale en Intercommunale Drinkwatermaatschappij der Provincie Antwerpen (PIDPA), Intercommunale Watermaatschappij van Veurne-Ambacht (IWVA) en Studie Centrum voor Kernenergie (SCK-CEN). Met vertegenwoordigers van deze instellingen werd bovendien de stuurgroep samengesteld (bijlage 1). De coördinator contacteerde verder de verschillende Universiteiten, de Bodemkundige Dienst van België (BDB) en de Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek (VITO). De overige firma's en instellingen zijn rechtstreeks door de uitvoerders gecontacteerd.

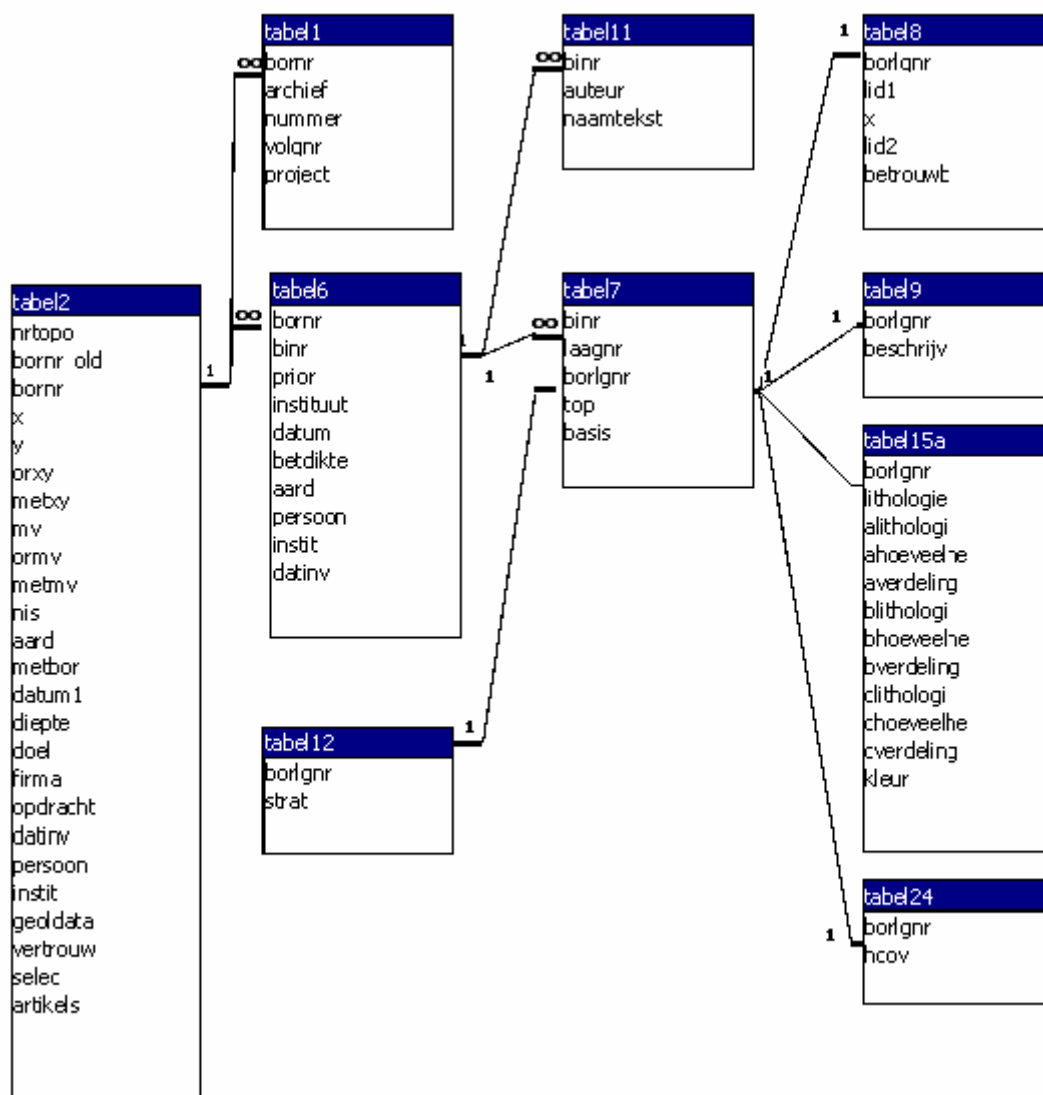
Digitale boorbeschrijvingen zijn beschikbaar gesteld door PIDPA, BGD en IWVA. Analoge boorbeschrijvingen vonden de uitvoerders voornamelijk in Wallonië (BGD), Nederland (Nederlands Instituut voor Toegepaste Geowetenschappen [TNO-NITG], Dino-loket) en Frankrijk (Bureau de Recherches Géologiques et Minières [BRGM]).

#### ***4.4 Structuur van de herwerkte ANRE-gegevensbank***

De gegevensbank ontwikkeld in dit project is opgemaakt in MS Visual Foxpro 6.0 volgens een gegevensbankstructuur die de invoer in DOV vergemakkelijkt. Vermits de ANRE-gegevensbank de basis vormt voor de invoer in DOV is gekozen om de nieuwe gegevensbankstructuur te baseren op die van de ANRE-gegevensbank. De uiteindelijk structuur is een herwerkte, vereenvoudigde versie waarbij het verlies aan informatie verwaarloosbaar is.

De oorspronkelijke ANRE-gegevensbank bevatte 24 gekoppelde tabellen, de herwerkte VGM-gegevensbank slechts 10. Grote aantallen gegevens kunnen best in een relationele gegevensbank bewaard worden, repetitieve gegevens nemen immers veel geheugenruimte in beslag zonder meerwaarde te bieden. De hydrogeologische informatie is daarom opgedeeld in verschillende tabellen die vervolgens aan elkaar gekoppeld worden. Een boring die door de boormeester en een geoloog beschreven werd en vervolgens door drie verschillende geologen geïnterpreteerd, heeft dus geologische informatie in vijf tabellen. Figuur 3 geeft de volledige relationele structuur van de VGM-gegevensbank weer. Bijlage 3.1 geeft technische informatie over de tabellen.

Om standaardisering toe te laten, zijn de gegevens per tabel ingevuld aan de hand van codelijsten (Bijlage 3.2). De lithologie wordt ingevoerd als een hoofdlithologie met maximum drie bijmengingen van een andere component. Voor de lithostratigrafie worden de officiële benamingen gebruikt. Er kunnen per laag twee stratigrafische benamingen worden ingegeven, dit om de diffuse overgang tussen twee lagen mogelijk te maken.



**Figuur 3** Relationale structuur van de VGM-gegevensbank (zie ook bijlage 3.2)

#### 4.5 GIS-gegevensbank: formaat en gebruikte basisgegevens (deeltaken 2, 4 en 5)

De GIS-gegevens zijn aangemaakt zodat ze kunnen uitgewisseld worden in ArcInfo formaat. Hierbij zijn de contourgegevens (voorkomingsgrenzen en isolijnen) arc-coverages. En de puntgegevens (boringen, grondparameters) zijn point-coverages. Voor de rastergegevens (basis en dikte van hydrogeologische eenheden) wordt het raster gevormd door cellen van 100 bij 100 meter. Per deelgebied is het beginpunt van het raster (linker onderhoek), het aantal rijen en kolommen vastgelegd, zodat de rastercellen van de verschillende deelgebieden precies aaneensluiten.

De voorkomingsgrenzen opgeleverd per deelgebied zijn opgemaakt als lijnstukken en niet als polygonen. Bij het aaneensluiten van de deelgebieden is het immers nodig om deze grenzen over de verschillende deelgebieden aan elkaar te koppelen. Het verbinden van lijnstukken is hierbij eenvoudiger dan het koppelen van polygonen.

Bij een lijnstuk kan geen binnen- of buitenkant gedefinieerd worden. Deze krommen hebben echter wel een begin- en eindpunt, waardoor de richting van de kromme kan bepaald worden en het mogelijk wordt om aan te duiden aan welke kant van het lijnstuk de bedoelde HCOV-eenheid voorkomt. Bij conventie ligt het gebied waar de HCOV-eenheid voorkomt steeds rechts van de voorkomingsgrens.

#### ***4.6 Afwijking van de gestelde criteria***

Voor de opmaak van de VGM-gegevensbank werden criteria gesteld qua diepte en dichtheid van de te gebruiken boringen (paragraaf 4.2). Deze criteria bleken echter te streng. Diepe boringen komen vaak in clusters voor, waardoor de geografische spreiding van diepe boringen niet gegarandeerd is. Op de heuvels en in sommige landelijke gebieden zijn amper bruikbare boringen beschikbaar. Het versoepelen van het criterium voor de dichtheid van de boringen, brengt echter weinig meerwaarde. Per cluster kan immers slechts één boring geselecteerd worden.

Het toelaten om ook minder diepe boringen te gebruiken, bracht wel een oplossing. Volgende argumenten werden opgegeven:

1. De bovenste 20 meter van een boring omvat vaak een snel wisselende lithologie (voorbeeld 1 in bijlage 4.3);
2. Ondiepe boringen zijn vaak gestoken of lepelboringen, deze zijn dikwijls nauwkeuriger geïnterpreteerd dan de diepere (spoel)boringen;
3. Waar de bovenste laag zeer dik is, bevat een diepe boring niet meer informatie dan een ondiepe (voorbeelden 2 en 3 in bijlage 4.3).

#### **4.7 Kwaliteitscontrole van de boorgegevens in de ANRE-gegevensbank**

De kwaliteit van de boorbeschrijvingen in de ANRE-gegevensbank is gecontroleerd door terug te grijpen naar de originele analoge boorbeschrijvingen uit de archieven van de BGD. Fouten, tekortkomingen en eventuele verbeteringen worden vermeld in een logboek (zie rapporten van de uitvoerders) dat beschikbaar is bij AMINAL, afdeling Water. De boorgegevens in de ANRE-gegevensbank van de kaartbladen 23 (Mechelen), 24 (Aarschot), 25 (Hasselt), 31 (Brussel), 32 (Leuven) en 33 (Sint-Truiden) van de geologische kaart van België bleken nogal wat fouten te bevatten (zie logboek). Deze kaartbladen zijn gelegen in de deelgebieden 5, 6 en 7. De meest voorkomende problemen zijn:

1. De opeenvolging van de geologische lagen klopt niet;
2. De stratigrafische interpretatie van een laag, al dan niet in relatie met nabije boorgegevens, blijkt niet correct;
3. De laagdiktes zijn foutief opgesteld (beperkt aantal fouten);
4. De accuraatheid van X en Y-coördinaten van de digitale gegevens werd nagezien en verbeterd door controle van de beschikbare Z-coördinaten verkregen in deeltaken 2, 4 en 5. Daar waar in kader van deeltaak 2, 4 of 5 onrealistische waarden aan het licht kwamen, werden de X en Y-coördinaten van de boring opnieuw bepaald. Hiervoor werd telkens vertrokken van de aanduiding van de boring op de kaarten van de BGD.
5. Bij het doornemen van de digitale gegevens werd opgemerkt dat voor sommige boringen in de ANRE-gegevensbank verschillende X en Y-coördinaten waren opgegeven. Deze boring zou m.a.w. op verschillende plaatsen uitgevoerd zijn. In het merendeel van de gevallen is er slechts een lichte afwijking te wijten aan de nauwkeurigheid van de meetmethode en die dus te verwaarlozen is.



In de volgende paragrafen worden delen overgenomen uit de rapporten van de uitvoerders. Meer bepaald zijn enkele markante voorbeelden in dit rapport overgenomen. Om verwarring te vermijden werd de door de uitvoerders gebruikte terminologie behouden. Deze wordt hieronder eerst verduidelijkt:

1. **Formele stratigrafische interpretatie:** de huidige, aanvaarde stratigrafische benamingen (bijv. Formatie van Maldegem) (zie bijlage 4.2);
2. **Informele stratigrafische interpretatie:** de niet-officiële of oude stratigrafische benamingen (bijv. Ieperiaan klei);
3. **Lithologische beschrijving:** de beschrijving van de gesteenten en bodemtypes zoals die teruggevonden zijn in de boring (bijv. kleilens binnen een laag zand);
4. **Lithologische codering:** de indeling van de lithologie met de afkortingen volgens de codelijsten die toegevoegd zijn aan de hydrogeologische gegevensbank (zand = XZ) (zie bijlage 4.2);
5. **HCOV-codering:** de hydrogeologische codering van de ondergrond van Vlaanderen (Meyus *et al.*, 2000a). Elke eenheid krijgt een viercijfercode [bijv. Boom Aquitard wordt (HCOV 0300)] (zie bijlage 3.1).

#### 4.7.1 *Problemen met de lithologische codering in deelgebieden 5 en 6*

Om de lithologie op een gestandaardiseerde manier te coderen is een codelijst ter beschikking gesteld (bijlage 4.2). In de loop van het project zijn door de uitvoerders bijkomende codes opgesteld voor de volgende lithologische termen tufsteen (TS), areniet (AR), kleisteen (KH) en zandleem (ZL). Na de bekendmaking van de nieuwe codes hebben de uitvoerders gesteld dat ze hiermee enkel rekening zullen houden bij nog te bewerken boorgegevens.

Uitvoerder Ecolas-GSC analyseerde de impact van de nieuwe coderingen op de gegevens die vooraf al waren ingevoerd. Er werd enkel invloed vastgesteld op de lithologische codering zandleem (ZL). Vooraleer de code (ZL) werd ingevoerd, beschreef men dit als een menging van zand en leem. Daar deze code op 12 juni 2001 werd ingevoerd, is het eenvoudig op te zoeken welke boringen niet werden aangepast (zie logboek).

Ook de verwerking van de kleurbeschrijving is niet evident. Een term zoals bontgekleurd is niet direct te implementeren binnen de gegevensbank. Bij vermelding van twee kleuren werd de kleur van de belangrijkste lithologie binnenin die welbepaalde laag gekozen.

#### 4.7.2 *Problemen met de stratigrafische interpretatie in deelgebieden 5 en 6*

De omzetting van de originele boorbeschrijving naar de formele stratigrafische interpretatie zijn voor het kaartblad 32 (Leuven) veelal onbetrouwbaar. De dieptes van de lagen toegekend aan de formele stratigrafische eenheden verschillen:

1. Verschil tussen de einddiepte van de formele stratigrafie en de totale diepte van de boring (meer dan 20% van de boringen);
2. Verschil tussen de dieptes van de originele boorbeschrijving van de BGD en de dieptes die terug te vinden zijn in de formele stratigrafie gegeven in het standaardrapport van de ANRE-gegevensbank (blijkbaar zijn diktes soms verward met dieptes);
3. Inconsequenties tussen de diepte van opeenvolgende eenheden.

Eén van de oorzaken voor deze fouten zijn het gevolg van een foutieve omzetting van de originele boorbeschrijvingen naar de ANRE-gegevensbank.

#### 4.7.3 *Beschrijving van de problemen per kaartblad in deelgebieden 5 en 6*

Alle lithologische beschrijvingen van de kaartbladen 24 (Aarschot), 25 (Hasselt), 32 (Leuven) en 33 (Sint-Truiden) ontbreken. Enkel de lithologische beschrijvingen van de kaartbladen 23 (Mechelen) en 31 (Brussel) zijn aanwezig. Anderzijds vertonen de lithologische beschrijvingen van het kaartblad 23 (Mechelen) in de standaardrapporten van de ANRE-gegevensbank sterke afwijkingen met deze uit de originele BGD-beschrijvingen. Voor de verdere controle en de lithologische interpretatie is systematisch de originele BGD-beschrijving ter hand genomen.

Per laag is tot op het nauwkeurigst mogelijke niveau een HCOV-codering gedefinieerd. In enkele gevallen, voornamelijk in het Waalse Gewest, werd de codering Onbepaald (HCOV 0000) ingevoerd: de eerste paar meter zijn niet gekarteerd (o.a. bij verder uitdiepen van een kuil) waardoor een preciezere codering onmogelijk is.

Interpretatiefouten zijn mogelijk bij het onderscheiden van het Kleiig deel van Lincent (HCOV 1014) en het Versteend deel van Lincent (HCOV 1015) of het Slecht doorlatend deel van de Mergels van Gelinden (HCOV 1023) en het Doorlatend deel van de Mergels van Gelinden (HCOV 1031). Algemeen wordt verondersteld dat de HCOV-codering de stratigrafische sequentie volgt: een lage HCOV-code komt voor in de bovenste lagen, terwijl een hoge zich in de onderste lagen situeert. In deelgebied 5 bleek dit niet volledig te kloppen.

#### 4.7.4 *Samenvatting van de problemen in de andere deelgebieden*

Vaak voorkomende problemen in deelgebieden 1 en 7 waren:

1. De verschillende interpretaties van een boorbeschrijving leidt tot de toekenning van verschillende HCOV-codes aan wat in werkelijkheid éénzelfde hydrogeologische eenheid vormt. Analoog leiden twee boringen die uitgevoerd zijn op dezelfde locatie maar met twee verschillende technieken (bijv. een ondiepe gestoken boring en een diepere spoelboring), elk tot hun eigen boorbeschrijving en eigen interpretatie. Alhoewel de boorbeschrijvingen elkaar kunnen aanvullen, leiden de verschillende interpretaties soms tot tegenstrijdigheden;
2. Toekennen van HCOV-code Onbepaald (HCOV 0000) waar geen gegevens voorhanden zijn (een deel van de boorbeschrijving ontbrak) of waar geen eenduidig onderscheid gemaakt kan worden tussen opeenvolgende HCOV-eenheden;
3. Het ontbreken van lagen in de digitale boorbeschrijving;
4. Foutieve omzetting van de originele boorbeschrijving naar de ANRE-gegevensbank.

Haskoning kon veel sub- en basiseenheden moeilijk van elkaar onderscheiden op basis van de boorbeschrijvingen. In dat geval werd de HCOV-code van respectievelijk de sub- of hoofdeenheid toegekend. De Quartaire Aquifersystemen (HCOV 0100), de Boom Aquitard (HCOV 0300), het Ieperiaan Aquitardsysteem (HCOV 0900) en de Sokkel (HCOV 1300) konden moeilijk opgedeeld worden in hun sub- en/of basiseenheden. Ook de basiseenheden van de Deklagen (HCOV 0150), de Pleistocene Afzettingen (HCOV 0160), de Maas- en Rijnafzettingen (HCOV 0170), het Klei-zand complex van de Kempen (HCOV 0220) en de Krijt Aquifer (HCOV 1110) konden niet verder opgedeeld worden. Vaak kon Haskoning het verschil tussen het Zand van Wemmel (HCOV 0611), het Zand van Lede (HCOV 0612) en het Zand van Brussel (HCOV 0620) niet maken. In dit geval is de hoofdeenheid Ledo-Paniseliaan-Brusseliaan Aquifersysteem (HCOV 0600) toegekend.

In de boorbeschrijvingen uit Frankrijk wordt het Quartair als één pakket beschouwd of is de lithologie slechts zeer summier beschreven. De opdeling van het Quartair in holocene en pleistocene formaties was hierdoor uitgesloten.

#### 4.8 Overzicht van de opgeleverde VGM-gegevensbank

Na de initiële selectie uit de digitaal beschikbare gegevens (ANRE en DAWACCESS) bleek dat slechts 4700 boringen dieper dan 40 meter waren, ongeveer 60% van de vooropgestelde richtwaarde (7450 zie Tabel 1). Na een tweede selectie, waarin ook waardevolle ondiepe boringen zijn opgenomen, vermeerderde het aantal bruikbare boringen tot 6671 (Tabel 2). Dit aantal is nog steeds ontoereikend voor een gebiedsdekkende gegevensbank. Algemeen gesteld zijn er onvoldoende boringen beschikbaar op topografische hoogtes en in sommige landelijke gebieden.

**Tabel 2 Aantal boringen, met bronvermelding in de nieuwe gegevensbank per deelgebied; analoge boringen uit Vlaanderen en Wallonië zijn allen afkomstig van de BGD, alle boringen uit Nederland komen van TNO, de boringen uit Frankrijk van BRGM**

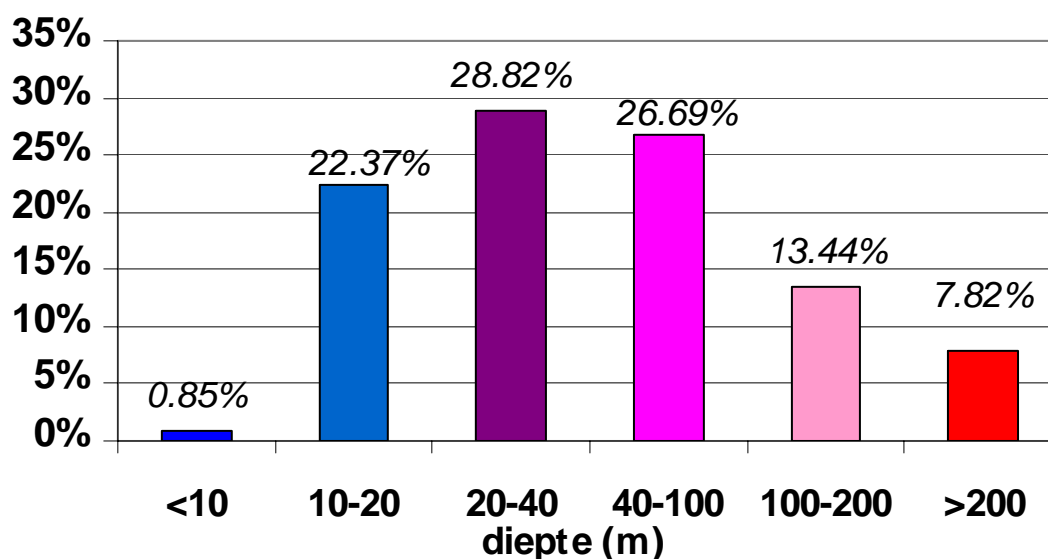
Deel- gebied	DIGITAAL			ANALOOG					Alg. Totaal
	ANRE	Dawaccess	Totaal	Vlaanderen	Wallonië	NL	Frank.	Totaal	
1	490	12	502	0	-	179	-	179	<b>681</b>
2	687	28	715	46	-	194	-	240	<b>955</b>
3	1027	78	1105	61	-	-	-	61	<b>1166</b>
4	355	45	400	11	16	422	-	449	<b>849</b>
5	471	23	494	0	212	11	-	223	<b>717</b>
6	533	0	533	8	306	-	-	314	<b>847</b>
7	621	3	624	3	450	-	-	453	<b>1077</b>
8	1082	41	1123	35	69	-	167	271	<b>1394</b>
9	1146	29	1175	94	-	192	-	286	<b>1461</b>
<b>Totaal</b>	<b>6412</b>	<b>259</b>	<b>6671</b>	<b>258</b>	<b>1053</b>	<b>998</b>	<b>167</b>	<b>2476</b>	<b>9147</b>

De nieuwe gegevensbank bevat voor 72% digitale boringen afkomstig uit de bestaande gegevensbanken, 96% uit de ANRE-gegevensbank en slechts 4% uit DAWACCESS.

De nieuw-gedigitaliseerde boringen werden aangeduid als analoge boringen gezien ze niet beschikbaar waren in het vereiste formaat. De boringen uit Nederland (TNO) bijvoorbeeld zijn digitaal beschikbaar gesteld, maar konden niet in die vorm in de gegevensbank worden geïntegreerd. De TNO-boringen zijn daarom ingedeeld bij de analoge boringen.

In totaal zijn 2476 boringen gedigitaliseerd (28% van het totaal, zie Tabel 2). De analoge BGD-boringen zijn ofwel Vlaamse gegevens die nog niet waren ingevoerd in de ANRE-gegevensbank (3% of 258 boringen), ofwel boringen uit Wallonië (12% of 1053 boringen). 11% of 998 boringen is afkomstig uit Nederland van TNO en 2% of 167 boringen uit Frankrijk van BRGM.

Gezien sommige deelgebieden overlappen bestaat een reële kans dat éénzelfde boring door verschillende uitvoerders wordt gekozen. Na het samenvoegen van de boringen in een GIS bleek dat voor het volledige studiegebied slechts 182 boringen of 2%, dubbel geselecteerd werden. Deze boringen zijn dus geïnterpreteerd door verschillende personen, beide interpretaties werden weerhouden en opgenomen in de databank. Het effectief samenvoegen van de gegevensbank is een taak voor ANRE. Het effectieve totale aantal verschillende boringen (8961) is bijgevolg lager dan de som van de boringen in de verschillende deelgebieden.



**Figuur 4 Diepteverdeling van de boringen in de gegevensbank voor alle deelgebieden**

Uit Figuur 4 blijkt dat de helft van de boringen ondieper is dan 40 meter. De geografische spreiding van de boringen is weergegeven in de Figuur 1 van de A3-atlas. Boringen dieper dan 200 meter komen vooral voor in het noordoosten van België. De aanwezigheid van de Antwerpse haven, de vestigingen van PIDPA en het SCK-CEN kan meer onderzoek in dit gebied verklaren. Een grote dichtheid aan boringen vindt men bovendien langs de snelwegen en in de stedelijke gebieden. Uit het patroon van de boringen zijn aldus de snelweg E40 van Brussel naar Oostende, de E17 van Antwerpen naar Gent en de E313 van Antwerpen naar Hasselt duidelijk te onderscheiden. In de Westhoek, de Zwalmstreek en in grote delen van de provincie Limburg daarentegen zijn veel minder boorgegevens beschikbaar.

#### **4.9 Evaluatie van deeltaak 1**

De digitaal beschikbare boorgegevens werden verbeterd en aangevuld met ontbrekende coderingen en interpretaties, ook werden voldoende analoge boringen gedigitaliseerd en geïnterpreteerd. Als projectcoördinator zijn wij echter van mening dat het opsporen van nieuwe analoge Vlaamse boringen grondiger kon. Deze werden enkel verkregen via de BGD, geen enkele nieuwe boring werd gevonden bij de privé boorfirma's en aannemers. Slechts 258 of ongeveer 10% van de nieuw verwerkte analoge boringen zijn afkomstig uit Vlaanderen. De nieuwe boringen uit Nederland, Wallonië en Frankrijk vertegenwoordigen samen 25% van het totale aantal boringen en 90% van het aantal analoge boringen. Ook deze nieuwe analoge boringen werden volledig stratigrafisch en hydrogeologisch geïnterpreteerd.

De geselecteerde digitale boringen werden stuk per stuk vergeleken met de originele BGD-beschrijving. De meeste fouten in de ANRE-gegevensbank werden gerapporteerd in de deelgebieden 5 en 6. In de overige deelgebieden werden aanzienlijk minder fouten gemeld (zie logboek). Het is echter onduidelijk of er enkel in deze deelgebieden systematisch fouten voorkwamen, mogelijk toonde de uitvoerder van deze deelgebieden meer ijver en expertise om de gegevensbank op onregelmatigheden te controleren.

Onduidelijkheden in de geologische gegevens, moeilijkheden bij de stratigrafische interpretatie of hercodering naar de HCOV-code werden onderzocht en zonodig aangepast. Anderzijds zijn de boorgegevens verder gebruikt om de GIS-kaarten lokaal te verbeteren. De opgestelde kaarten in deeltaak 2 vertoonden immers vaak tegenstrijdigheden met de geologische gegevens uit deeltaak 1.

De opgestelde VGM-gegevensbank vormt een nuttig instrument voor het toekomstig grondwaterbeheer. Op basis van ervaringen en uit vergelijkend onderzoek uitgevoerd door ANRE en AMINAL, afdeling Water blijkt dat de opgeleverde gegevens betrouwbaar zijn, een kritische analyse vooraf blijft echter steeds noodzakelijk alvorens ze verder in modelstudies te gebruiken.

## **5. Deeltaak 2: Bepaling van de voorkomingsgrenzen van de HCOV-eenheden**

### **5.1 Doel van de deeltaak<sup>6</sup>**

Deze deeltaak omvat het opmaken van een gebiedsdekkend kaartenbestand van de voorkomingsgrenzen van alle HCOV-eenheden. Voorkomingsgrenzen geven het gebied aan waarbinnen een hydrogeologische eenheid voorkomt, ongeacht of de HCOV-eenheid dagzoomt of op grote diepte voorkomt.

Voor de bepaling van deze voorkomingsgrenzen diende enkel gebruik gemaakt te worden van de bestaande geologische en hydrogeologische literatuur en van de resultaten van deeltaak 1 zoals beschreven in hoofdstuk 4.

### **5.2 Algemene werkwijze bij de ontwikkeling van de voorkomingsgrenzen**

Per deelgebied is opgezocht in welke mate elke HCOV-eenheid voorkomt. Er is nagegaan of een HCOV-eenheid al dan niet gebiedsdekkend W(el), slechts gedeeltelijk D(eels) of helemaal niet N(iet) voorkomt. De code O(nbepaald) mocht enkel worden toegekend indien het niet gekend was of HCOV-eenheid al dan niet voorkwam. Deze W/D/N/O-tabel wordt weergegeven in bijlage 5.1. Vervolgens zijn, enkel van de deelsvoorkomende HCOV-eenheden (D), per deelgebied de voorkomingsgrenzen in GIS-formaat opgesteld. De voorkomingsgrenzen van de gebiedsdekkende (W) of de niet aanwezige (N) HCOV-eenheden liggen immers niet binnen het beschouwde deelgebied.

Voorkomingsgrenzen bakenen een gebied af. Opdat de voorkomingsgrenzen per deelgebied aaneengesloten kunnen worden, zijn de voorkomingsgrenzen door de uitvoerders opgeleverd als lijnstukken (arcs) en niet als polygonen (polygons). Het bedoelde gebied bij een gesloten lus is de binnenkant (inside). Lijnstukken hebben enkel een begin- en eindpunt. Hierdoor ligt echter wel de richting van de kromme vast. Er werd afgesproken dat het gebied waar de HCOV-eenheid voorkomt steeds rechts van de voorkomingsgrens ligt. De richting van de lijnstukken worden in een GIS bewaard en kunnen gevisualiseerd worden.

---

<sup>6</sup> Tekst gedeeltelijk overgenomen uit projectbestek (nr. WAT/L 2000 S 0019 X)

Na oplevering van de voorkomingsgrenzen per deelgebied door de verschillende uitvoerders, werden deze aaneengesloten door de coördinator. In ArcView zijn de verschillende deelgebieden naast elkaar gelegd. In de niet overlappende deelgebieden was het vaak voldoende om de lijnstukken uit elk deelgebied aaneen te sluiten. In de overlapgebieden bestonden twee versies van eenzelfde voorkomingsgrens (één per deelgebied). Om de voorkomingsgrens aan de rand van de overlap te doen aansluiten en om in het overlapgebied zelf tot één voorkomingsgrens te komen, zijn keuzes gemaakt, die verder worden verduidelijkt.

De voorkomingsgrenzen zijn ontwikkeld op basis van de beschikbare basisgegevens. Meest gebruikt zijn de geologische kaarten. Een overzicht van de beschikbare geologische kaarten wordt gegeven in bijlage 6. De geologische kaart van België – Vlaams Gewest (schaal 1/50.000) bestaat digitaal en is gebiedsdekkend. In Wallonië bestaan enkele kaartbladen van de Carte Géologique de Wallonie (schaal 1/25.000) digitaal. Voor de overige kaartbladen is de oude geologische kaart van België (schaal 1/40.000) gebruikt. Daarnaast zijn grenzen uit de literatuur en de geologische gegevensbank van deeltaak 1 nuttig gebleken. Voor een aantal HCOV-eenheden bestonden nog geen voorkomingsgrenzen. Met dit project zijn die voor het eerst ontwikkeld.

### 5.3 Gebruikte bronnen per HCOV-eenheid

De gebruikte bronnen worden weergegeven in Tabel 5. De gebruikte codering met afkortingen wordt eerst verklaard in Tabel 3 en Tabel 4. Om een overzicht te bewaren geven deze tabellen enkel een verkorte referentie weer. Meer info is terug te vinden in bijlage 6 en in de referentielijst. Als een bepaalde geologische kaart als bron wordt vermeld, betekent dit dat zowel de kaart zelf, de bijgevoegde profielen of de toelichtingen bij de kaartbladen kunnen gebruikt zijn. Meer gedetailleerde informatie per kaartblad werd niet opgeleverd.

**Tabel 3 Gebruikte afkortingen voor beschikbare geologische kaarten**

Oude geologische kaart (1:40.000)	<b>40</b>
Quartairkaart Vlaams Gewest (schaal 1:50.000)	<b>Q</b>
Tertiairkaart Vlaams Gewest (schaal 1:50.000)	<b>T</b>
Carte Géologique de Wallonie (schaal 1:25.000)	<b>Wall</b>
Geologische kaart van Nederland (schaal 1:50.000)	<b>NL</b>
Carte Géologique de la France (schaal 1:50.000)	<b>FR</b>



**Tabel 4 Gebruikte afkortingen voor geologische literatuur**

---

Batjes, 1958	<b>BA</b>
Buffel, 1997	<b>BU</b>
De Breuck, 1989	<b>DB</b>
De Geyter, 1981	<b>DG</b>
Demyttenaere, 1988	<b>DM</b>
Felder en Bosch, 1984	<b>FB</b>
Felder et al., 1985	<b>FE85</b>
Felder, 1994	<b>FE94</b>
Geets, 1996	<b>GE</b>
Goossens, 1994	<b>GO</b>
Gulinck, 1973	<b>GU</b>
Gullentops et al., 1988	<b>GT</b>
Gullentops en Wouters, 1996	<b>GW</b>
Houthuys, 1990	<b>HH</b>
Legrand, 1968	<b>LG</b>
Marechal en Laga, 1988	<b>ML</b>
Marechal, 1961	<b>MA61</b>
Marechal, 1992	<b>MA92</b>
Ministerie van ..., 1980	<b>MI</b>
Paulissen, 1973	<b>PA</b>
Steurbaut en Nolf, 1986	<b>SN</b>
Steurbaut, 1992	<b>ST</b>
Vandenberghe en Laga, 1996	<b>VL96</b>
Vandenberghe, 1998	<b>V</b>
Wouters en Vandenberghe, 1994	<b>WV</b>

---

**Tabel 5 Gebruikte bronnen per HCOV-eenheid en per deelgebied**

HCOV	Gebruikte geolog. kaart		Gebruikte literatuur per deelgebied									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	
0100		NL		MA92								MA92
0110												
0120		NL, F		MA92	MA92	MA92					MA92	MA92
0130		NL, F										MA92
0131		NL, F									MA92	MA92
0132		NL										MA92
0133	Q	NL	MA92									MA92
0134	Q	NL, F	MA92								MA92	MA92
0135	T	NL, F									MA92	MA92
0140	40	NL, F										
0150	40	NL, F	MA92		MA92	MA92	MA92	MA92	MA92	MA92	MA92	MA92
0151	40	NL	MA92		MA92	MA92	MA92	MA92	MA92		MA92	MA92
0152	40	NL, F	MA92		MA92	MA92	MA92	MA92	MA92		MA92	MA92
0153	40	NL, F			MA92	MA92	MA92	MA92			MA92	
0154											MA92	
0160	40	NL	MA92		MA92	MA92	MA92	MA92			MA92	MA92
0161											MA92	MA92
0162			MA92		MA92				MA92	MA92	MA92	MA92
0163	40	NL, F	MA92		MA92	MA92				MA92	MA92	MA92
0170		NL			MA92	MA92, MI	MA92, PA, GO	MA92				
0171						MA92		MA92				
0172						MA92		MA92				
0173						MA92		MA92				
0200	T	NL			MA92							
0210		NL										
0211												
0212												
0213												
0214												
0215												
0220	Q		MA92									
0221	Q											
0222	Q											
0223	Q											

HCOV	Gebruikte geolog. kaart		Gebruikte literatuur per deelgebied									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	
0230		NL	MA92									
0231	Q, T		MA92									
0232												
0233	T	NL										
0234		NL										
0240												
0241												
0242												
0250	T	NL										
0251		NL										
0252	T	NL										
0253	T	NL										
0254		NL										
0255												
0256	T	NL										
0300	T	NL										
0301												
0302	T											
0303	T											
0304	T											
0400	Q, T	NL			WV							
0410	T											
0420	T											
0430	T	NL			WV		SN, ML, BA, GT	SN, ML, BA, GT				
0431	T											
0432												
0433	T	NL										
0434	T											
0435	T				WV							
0436												
0440	T	NL										
0441	T	NL										
0442	T											

HCOV	Gebruikte geolog. kaart		Gebruikte literatuur per deelgebied										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9		
0450	Q, T	NL											
0451	T	NL											
0452	Q, T	NL											
0453	T	NL											
0500	Q, T				WV, VL96								
0501													
0502	T				VL96								
0503	T				VL96								
0504	T												
0505	Q, T												
0600	Q, T				WV, VL96	HH							V
0610	Q, T				WV, VL96								V
0611	T				WV								
0612	Q, T				VL96								V
0620	Q, T		VL96		VL96	HH	HH	HH					
0630													V
0631													V
0632													V
0640	T				VL96								
0700	T		VL96		VL96								
0701													
0702	T												
0800	T	NL	VL96		VL96								
0900	Q, T				VL96		LG, HH, ST	LG, HH, ST					
0910	T		VL96		VL96								
0920	Q, T	NL			VL96		LG, HH, ST	LG, HH, ST			V		
0921	T							ST					
0922	Q, T	Wall					HH, ST	HH, ST					
0923		Wall											
0924	Q, T	Wall					LG, HH, ST	LG, HH, ST					

HCOV	Gebruikte geolog. kaart		Gebruikte literatuur per deelgebied										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9		
0925													
1000	Q, T							LG	LG				
1010	Q, T	Wall, F						LG	LG				
1011													
1012	Q, T							DM, GU	DM, GU				
1013													
1014													
1015													
1020													
1021													
1022													
1023													
1030	Q, T		VL96					DM	DM				
1031													
1032	Q, T							DM	DM				
1033													
1034	T												
1035													
1100	T				GE			LG	LG	DM	MA61		
1110	T	NL			GE			LG	LG		MA61		
1111	T							FE84, FE94, ML	FE84, FE94, ML				
1112	T							DM	DM				
1113	T							LG	LG				
1120	T	NL	VL96		GE			LG, DM	LG, DM				
1130		NL	VL96		GE			DM	DM	DM			
1140											MA61		
1150											MA61		
1200								LG					
1210													
1220								LG					
1230													

HCOV	Gebruikte geolog. kaart		Gebruikte literatuur per deelgebied								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
1300									LG		
1310	40						LG	LG	LG		
1320	40						LG	LG	LG		
1330	40						LG	LG	LG		
1340											

#### 5.4 Werkwijze tot ontwikkeling van de voorkomingsgrenzen per deelgebied

Het bestek liet de mogelijkheid tot het kiezen van een eigen methodologie per deelgebied. Elke uitvoerder heeft bijgevolg een andere methode gebruikt. Elke methode heeft zo zijn voor- en nadelen. Een detailbeschrijving van de gebruikte methodes kan gevonden worden in de eindrapporten van de verschillende deelgebieden. Hieronder volgt een globaal overzicht van de gedane stappen bij het opstellen van de voorkomingsgrenzen.

Voor het Quartair is meestal een andere werkwijze gebruikt als voor het Tertiair en de oudere lagen. Iedere uitvoerder gebruikte wel steeds dezelfde werkwijze voor zijn deelgebieden (5 en 6 door GSC, 1 en 7 door Haecon en 2, 3, 4, 8 en 9 door Haskoning).

De heterogeniteit van de basisgegevens bemoeilijkt het ontwikkelen van één voorkomingsgrens per HCOV-eenheid. Zo zijn bijvoorbeeld de aard, de ouderdom, de topografische en/of de stratigrafische schaal verschillend. De basisgegevens waren soms digitaal beschikbaar, zoals de nieuwe Geologische kaart van België en voor het Quartair de bodemassociatiekaart, maar ook niet digitaal beschikbare kaartgegevens werden verwerkt, zoals de Waalse geologische kaarten, de kaarten van Demyttenaere (1988), Houthuys (1990), Legrand (1968) en Maréchal (1992). Ook werden de resultaten van deeltaak 1 in rekening gebracht om de voorkomingsgrenzen waar nodig te corrigeren. In enkele uitzonderlijke gevallen werd zelf gebruik gemaakt van de resultaten bekomen in deeltaak 4.

Al deze basisgegevens werden in een uniforme vorm omgezet en gecombineerd. Deze basisfiguur werd dan gebruikt om de voorkomingsgrens op te stellen. Alle analoge kaarten en figuren zijn gescand en in GIS-vectorbestanden omgezet.

Vervolgens zijn de vectorbestanden per HCOV-code samengebracht en gecombineerd tot één grens. Dit is de voorlopige voorkomingsgrens. Dan zijn, waar ze beschikbaar zijn, extra lijngegevens (uit geologische profielen) en puntgegevens (uit de gegevensbank van deeltaak 1) toegevoegd. Niet alle boorpunten uit de VGM-gegevensbank vallen echter binnen de voorlopige voorkomingsgrens.

De boringen die buiten de voorkomingsgrens, werden opnieuw nagekeken en waar nodig werd de interpretatie herzien. Wanneer geen fouten in de boringen konden aangetoond worden, zijn bijkomende publicaties, kaarten en referenties geraadpleegd. Indien ook hieruit bleek dat lagen voorkwamen op plaatsen waar dit volgens de geologische kaart niet het geval was, werd een voorkomingsgrens bepaald afwijkend van deze op de geologische kaart.

De voorkomingsgrenzen van de sub- en hoofdeenheden zijn gebruikt om deze van de basiseenheden op te stellen. De voorkomingsgrenzen van de basiseenheden zijn in werkelijkheid vaak identiek aan de voorkomingsgrenzen van hun respectievelijke sub- en/of hoofdeenheden. Deze voorkomingsgrenzen werden dan ook soms gewoon overgenomen.

Voor het bepalen van de voorkomingsgrenzen van de quartaire lagen werd naast de boringen gebruik gemaakt van de oude Quartairkaart. Deze is niet digitaal beschikbaar, maar de lithologie van de bovenste laag is wel gedeeltelijk terug te vinden op de digitale bodemassociatiekaart. De nieuwe Quartairkaarten werden niet gebruikt omdat de onderverdeling in eenheden verschilt van die van de HCOV-code. Wel bleken de toelichtingen van de nieuwe Quartairkaarten nuttige informatie te bevatten voor het bepalen van voorkomingsgrenzen in het Quartair.

Globaal kan volgend stappenplan opgesteld worden. De werkwijze om per HCOV-basiseenheid één grens aan te maken is representatief voor elk deelgebied:

1. Belangrijkste grens is de dagzoomgrens op de nieuwe geologische kaarten;
2. De ondergrond subcropgrenzen, indien aanwezig in de toelichtingen bij de nieuwe geologische kaart;
3. De profielen bij de nieuwe geologische kaart;
4. In Wallonië werd de dagzoomgrens op de oude geologische kaart gebruikt;
5. Diverse basisgegevens per HCOV-eenheid wanneer niet gebiedsdekkend;
6. Vergelijking met de boorgegevens uit deeltaak 1. Waar nodig en mogelijk werd de grens aangepast;
7. Omzetting van de bekomen grens naar ArcView-formaat.

### **5.5 Voorkomingsgrenzen verschillend van de 0-isopachen**

De voorkomingsgrenzen zijn opgesteld met een combinatie van de beschikbare geologische kaarten, literatuurgegevens en boorgegevens. Niet voor alle HCOV-eenheden kon op die wijze een voorkomingsgrens opgesteld worden daar sommige HCOV-eenheden nog niet gekarteerd zijn. Voor deze HCOV-eenheden zijn isopachen, lijnen van gelijke dikte, opgesteld, in deeltaak 4. De 0-isopach, de isolijn waar de dikte van de eenheid 0 meter is, vormt voor deze eenheden de voorkomingsgrens.

In deeltaak 4 zijn echter voor alle voornaamste HCOV-eenheden isopachen en isohypsen opgesteld, ook voor de HCOV-eenheden waar in de literatuur wel al een voorkomingsgrens is beschreven. De 0-isopach zou theoretisch gelijk moeten zijn aan de voorkomingsgrens. Ten gevolge van verschillende interpretatie- en interpolatietechnieken en het op elkaar laten aansluiten van de verschillende modellagen in het digitaal lagenmodel is dit echter niet altijd het geval.

Om verwarring te vermijden is de term ‘voorkomingsgrens’ gebruikt voor de grenzen die opgemaakt zijn in deeltaak 2. De term ‘0-isopach’ duidt op de grenzen die afgeleid zijn uit het digitaal lagenmodel.

De verschillen tussen de voorkomingsgrenzen en de 0-isopachen zijn over het algemeen klein. Echter, waar geulen insnijden, zoals bij Zand van Diest (HCOV 0252) of het Zand van Brussel (HCOV 0620) kunnen de verschillen wel significant zijn. De precieze interferentie met boven- en onderliggende lagen is immers afhankelijk van het digitale lagenmodel. Ook bij diepere lagen treden soms grote verschillen op. Voor deze lagen zijn immers weinig basisgegevens beschikbaar waardoor zowel het bestaande kaartmateriaal als het digitaal lagenmodel vrij onzeker is.

Gezien de HCOV-code hiërarchisch is opgebouwd, moeten de voorkomingsgrenzen per definitie een hiërarchische structuur vertonen. Hiermee wordt bedoeld dat de unie van de basiseenheden gelijk is aan de subeenheid. Op hun beurt bedekken alle subeenheden samen de hoofdeenheid.

Het is bijgevolg onmogelijk dat de voorkomingsgrens van bijvoorbeeld de basiseenheid Zand van Kerkom (HCOV 0432) buiten de voorkomingsgrens van zijn subeenheid Ruisbroek-Berg Aquifer (HCOV 0430) valt. De unie van voorkomingsgrenzen van de vijf subeenheden (HCOV 0410 tot en met HCOV 0450) moeten vervolgens samenvallen met de voorkomingsgrens van de hoofdeenheid Oligoceen Aquifersysteem (HCOV 0400).



Voor de Ruisbroek-Berg Aquifer (HCOV 0430) en het Oligoceen Aquifersysteem (HCOV 0400) is een 0-isopach ontwikkeld, maar voor het Zand van Kerkom (HCOV 0432) is enkel de voorkomingsgrens beschikbaar. Tengevolge onzekerheden en interpolatiefouten treedt inconsistentie op als beide types grenzen samengelegd worden. In samenspraak met AMINAL, afdeling Water is daarom besloten om de voorkomingsgrenzen bekomen uit deeltaak 2 niet te combineren met de resultaten van deeltaak 4. Wat er zal opgenomen worden in DOV zal later in overweging genomen worden. Voor beide deeltaken wordt dus gestreefd naar zoveel mogelijk consistentie binnen tussen de eigen grenzen.

## **5.6 Problemen bij het opstellen van de voorkomingsgrenzen**

### *5.6.1 Heterogene basisgegevens*

De grenzen uit de verschillende basiswerken passen niet naadloos aan elkaar. Verschillen bestaan in het jaartal (opgebouwd met toenmalige naamgeving en inzichten) van de kaart, het doel en de nauwkeurigheid ervan, enzovoort. Om uit de verschillende bronnen één voorkomingsgrens te distilleren zijn de basisgegevens op de best mogelijke manier met elkaar verbonden. Tegenstrijdigheden in de basisgegevens verplichtten tot het nemen van keuzes. Een voorkomingsgrens is bovendien niet éénduidig te bepalen, daar het voorkomen van een HCOV-eenheid in de realiteit immers niet exact is afgebakend. Er is onvoldoende gekend over de ondergrond. Bovendien is de overgang tussen verschillende eenheden vaak niet strikt afgelijnd. Daarnaast is de oude stratigrafische naamgeving niet letterlijk naar de nieuwe naamgeving om te zetten. Om de naamgeving uit Nederland en Frankrijk te kunnen omzetten zijn correlatietabellen opgesteld door uitvoerder Haskoning (bijlagen 3.2 en 3.3). Verder onderzoek is echter noodzakelijk om deze grensoverschrijdende correlatietabellen verder uit te werken.

Ondanks de kwaliteit van de geologische kaarten was het niet mogelijk om voor alle HCOV-eenheden een voorkomingsgrens te ontwikkelen. Extra literatuur en de boorpunten in de hydrogeologische gegevensbank boden vaak een oplossing. Voor sommige HCOV-eenheden echter, kon er geen of slechts een partiële voorkomingsgrens opgesteld worden (bijv. het Paleoceen Aquifersysteem).

### *5.6.2 Bestaande naamgeving niet éénduidig om te zetten naar de HCOV-codering*

De HCOV-codering (bijlage 3 en Meyus et al., 2000a) is een hydrogeologische codering die de Vlaamse ondergrond indeelt op basis van het watervoerend vermogen. Bestaande geologische interpretaties doen deze indeling op basis van de chronostratigrafische eenheden of lithostratigrafische eenheden.

De chronostratigrafische indeling is gebaseerd op de periode waarin sediment is afgezet. Kleiige en zandige lagen die in dezelfde periode zijn afgezet, hebben een verschillend watervoerend vermogen, maar behoren chronostratigrafisch tot dezelfde formatie. Anderzijds kunnen zandlagen die in verschillende periodes zijn afgezet, hetzelfde watervoerend vermogen hebben.

Tussen de bestaande coderingen en de HCOV-codering bestaat echter geen 1-1 relatie. Zo wordt bijvoorbeeld de Formatie van Eigenbilzen bij de HCOV-code opgesplitst in het Zand van Eigenbilzen (HCOV 0256) en Kleiig deel van Eigenbilzen (HCOV 0301). Deze eenheden zijn echter moeilijk van elkaar te onderscheiden. Hiervoor zijn veel, accurate boorgegevens nodig. Boringen zijn immers uitgevoerd met verschillende methodes, verschillende boormeesters onder verschillende omstandigheden. Hierdoor is het, zoals later meer wordt verduidelijkt, onmogelijk om voor beide eenheden een voorkomingsgrens op te stellen.

### 5.6.3 *Niet alle boorpunten vallen binnen de voorkomingsgrens*

Niet zelden is de beschikbare informatie uit geologische kaarten, literatuur en boorpunten tegenstrijdig. De uitdaging was om de verschillende heterogene gegevens met elkaar te combineren zonder echter foutieve gegevens op te nemen. Alle gegevens moesten daarom kritisch bekeken worden. Het kan immers zijn dat de boring fout geïnterpreteerd is of slecht uitgevoerd. Het is evenzeer mogelijk dat de voorkomingsgrens uit de literatuur moet aangepast worden aan nieuwe inzichten.

Het is de doelstelling dat alle boorpunten binnen de voorkomingsgrens zouden vallen. Indien dit niet het geval was, is de interpretatie van de boring herbekeken en zo nodig aangepast. Meer info is terug te vinden in de eindrapporten van de deelgebieden.

Toch vallen heel wat boorpunten, na controle, buiten de voorkomingsgrenzen. Het eindrapport van deelgebied 5 geeft hiervoor volgende redenen:

1. Afhankelijkheid van de schaal en het detail van de gebruikte literatuur;
2. De meeste subcropgrenzen zijn slechts bij benadering gekend;

3. Geïsoleerde of werkelijk puntsgewijs voorkomen van eenheden, zoals:
  - Oligoceen Aquifersysteem (HCOV 0400) in karstholten;
  - Krijt Aquifersysteem (HCOV 1100) in lokale depressies in de top van de Sokkel (HCOV 1300);
  - Zeer plaatselijke, door erosie geïsoleerde uitlopers van het Zand van Brussel (HCOV 0620);
  - Het continentale of lagunaire karakter van sommige sedimenten, zoals de Klei van Henis (HCOV 0441), heeft tot gevolg dat deze eenheid discontinu voorkomt, waardoor in het Westen zeer lokale waarnemingen kunnen voorkomen.
4. De boorbeschrijving is bepalend voor de interpretatie van de waarnemingspunten, en deze boorbeschrijving wordt sterk beïnvloed door de boormethode, zoals:
  - De Alluviale deklagen (HCOV 0140) en de Pleistocene afzettingen (HCOV 0160) zijn enkel bij een gedetailleerde boorbeschrijving van elkaar te onderscheiden;
  - De verschillen tussen de basiseenheden van de Deklagen (HCOV 0150) zijn miniem (leem, zandige leem, zandleem, lemig zand,...) maar wel bepalend voor de interpretatie. Een gevolg hiervan is dat de waarnemingspunten uit de selectieset random-verspreid over het deelgebied voorkomen en niet onmiddellijk een band vertonen met voorkomingsgrenzen van de zogenaamde zand-, zandleem- en leemgordel;
  - De ONX-grinden zijn moeilijk te onderscheiden van het Vuursteeneluvium op basis van de boorbeschrijving. Bovendien komen beide lithologische pakketten dikwijls tesamen voor. De ONX-grinden zijn fluviatiele afzettingen behorende tot een Oermaas die ter hoogte van Aachen in de Rijn uitmondde. Het onderscheid met het Vuursteeneluvium, in boorbeschrijvingen althans, dat in het geheel niet van fluviatiele oorsprong is, doch een restproduct is van de verkarsting (chemische verweringsproces) van de sedimenten van het Krijt, is zeer moeilijk te maken. Bovendien komen beide lithologische pakketten dikwijls tesamen (boven elkaar) voor;
  - Het Landeniaan Aquifersysteem (HCOV 1010) en de Landeniaan en Heersiaan Aquitard (HCOV 1020) behorend tot het Paleoceen Aquifersysteem (HCOV 1000) zijn eigenlijk laterale faciës die als gevolg van verschillende boormethode snel verwisseld kunnen worden.
  - Het Slecht doorlatend deel van de Mergels van Gelinden (HCOV 1023) en het Doorlatend deel van de Mergels van Gelinden (HCOV 1031) zijn eigenlijk dezelfde geologische eenheden. De opdeling is volgens uitvoerder Ecolas-GSC louter een gevolg van het verschil in gebruikte boormethode.

5. Hoogst waarschijnlijk zijn er ook foute interpretaties gebeurd als gevolg van minder kwalitatieve boorbeschrijvingen;
6. Voor sommige complexe eenheden zoals de Alluviale dekklagen (HCOV 0140) en de Pleistocene afzettingen (HCOV 0160) is vooral rekening gehouden met bestaand kaartmateriaal. Dit kaartmateriaal is natuurlijk een vereenvoudigde voorstelling van de werkelijkheid. Plaatselijke of zeer kleine en smalle voorkomens van deze eenheden zijn er bijgevolg niet op weergegeven. Vanwege de complexiteit van de eenheden is het bovendien niet mogelijk, uitgaande van de waarnemingspunten, een meer realistische voorkomingsgrens op te stellen.

#### 5.6.4 *Werkwijze bij gebrek aan informatie: geen grens of arbitraire grens?*

Met de algemene werkwijze zoals hoger per deelgebied is voorgesteld, is het niet mogelijk gebleken om voorkomingsgrenzen op te stellen voor alle deels voorkomende HCOV-eenheden. Voor de HCOV-eenheden waarvoor op kaart of in de literatuur geen gegevens bestaan, is gesteund op de boorgegevens.

Wanneer ook dit geen oplossing gaf, hebben de uitvoerders een verschillende werkwijze toegepast:

1. Indien slechts een beperkt aantal, random verspreide boorgegevens beschikbaar zijn, kiest Ecolas-GSC ervoor om voor die HCOV-eenheid geen voorkomingsgrens op te stellen. Deze grens heeft immers geen enkele hydrogeologische waarde;
2. Haecon heeft geen voorkomingsgrenzen opgesteld als er onvoldoende informatie beschikbaar is of de eenheden te onregelmatig zijn (HCOV 0110) of te beperkt (HCOV 1150);
3. Haskoning kiest ervoor om de voorkomingsgrenzen arbitrair te trekken indien er onvoldoende gegevens beschikbaar zijn. Indien de eenheid te beperkt voorkomt, is geen voorkomingsgrens opgesteld [Jura-Trias-Perm (HCOV 1200)].

Hierna volgt een sumiere bespreking van de specifieke problemen bij het opstellen van de voorkomingsgrenzen per HCOV-eenheid.

### 5.6.5 Problemen met het bepalen van de voorkomingsgrenzen per HCOV-eenheid

#### 5.6.5.1 Quartaire Aquifersystemen (HCOV 0100)

De HCOV 0100 en zijn hydrogeologische sub- en basiseenheden komen verspreid voor en vormen geen aaneengesloten gebieden. Bovendien zijn zeer lokale quartaire afzettingen niet aangeduid op het bestaand kaartmateriaal. Vanwege de complexiteit van de eenheden is het verder niet mogelijk om uitgaande van de waarnemingspunten, een meer realiteitsgetrouwe voorkomingsgrens op te stellen. Enkele voorbeelden ter verduidelijking:

1. De Ophogingen (HCOV 0110) zijn zeer discontinu en verspreid. Bovendien bestaat er geen geologische basis waarop deze eenheid gekarteerd kan worden. Uitgezonderd in de havenzone van Antwerpen (deelgebied 1) is er geen voorkomingsgrens opgesteld voor deze subeenheid;
2. Hoever de Zandige kreekruggen (HCOV 0134) exact reiken is onbekend en kan slechts gedeeltelijk gereconstrueerd worden. In het oostelijk deel (Waasland-Antwerpen) werd het voorkomen bepaald aan de hand van de toelichtingen bij kaartbladen 1 en 7 van de Quartair geologische kaart;
3. De Alluviale deklagen (HCOV 0140) en de Pleistocene afzettingen (HCOV 0160) zijn enkel in de gedetailleerde boorbeschrijvingen van elkaar te onderscheiden;
4. De verschillen tussen de basiseenheden van de Deklagen (HCOV 0150) zijn miniem (leem, zandige leem, zandleem, lemig zand,...) maar wel bepalend voor de interpretatie.

Gezien de complexiteit van de HCOV 0100 is onderling besloten om de voorkomingsgrenzen van de betrokken hydrogeologische eenheden op te stellen volgens de conventies beschreven in Tabel 6.

**Tabel 6 Gebruikte conventies bij het opstellen van de quartaire voorkomingsgrenzen**

HCOV	Verklaring	Voorkomen
0140	Alluviale deklagen	Afbakening volgens "alluvium" van de oude geologische kaart
0150	Deklagen	Alles wat niet tot HCOV 0140 of HCOV 0130 behoort, indeling zand/zandleem/leem [Maréchal (1992)]
0162	Pleistoceen van de Vlaamse Vallei	Afbakening van de Vlaamse Vallei volgens Maréchal (1992)
0163	Pleistoceen van de riviervalleien	De voorkomingsgrenzen in de richting loodrecht op de rivieren worden bepaald met de oude geologische kaart. De grens van het rivierstuk waarlangs de afzetting voorkomt volgt uit Maréchal (1992) (code 8 - blauw - Holocene alluviale afzettingen en code 16 - turkoois - Pleistocene alluviale afzettingen).

In deelgebied 2 is het onderscheid tussen het Pleistoceen van de riviervalleien (HCOV 0163) en de Zandige top van Lillo (HCOV 0233) enerzijds, en dat tussen het Klei-zand-complex van de Kempen (HCOV 0220) en de Alluviale deklagen (HCOV 0140) anderzijds, niet altijd duidelijk. Bij de HCOV 0140 werd het voorkomen gekoppeld aan het huidige rivierstelsel. Om het Quartair (HCOV 0100) en het Tertiair (overeenkomstig de HCOV-eenheden vanaf HCOV 0200) te kunnen onderscheiden gebruikten de uitvoerders vooral de korrelgrootte en waar mogelijk de kleur. Grofkorrelig, geel-bruin (in geoxideerde toestand) en grijs (in gereduceerde toestand) materiaal werd aangeduid als behorend tot HCOV 0100, terwijl het fijner grijs en groengrijs materiaal tot de HCOV-eenheden van het Tertiair werd gerekend.

#### 5.6.5.2 *Kempens Aquifersysteem (HCOV 0200)*

De afbakening van de Afzettingen ten noorden van de Feldbiss-breukzone (HCOV 0210) kan beschouwd worden als de zone van voorkomen van al zijn basiseenheden, namelijk de Zandige eenheid boven de Brunssum I-klei (HCOV 0211), de Brunssum I-klei (HCOV 0212), het Zand van Pey (HCOV 0213), de Brunssum II-klei (HCOV 0214) en het Zand van Waubach (HCOV 0215). Daarom werden voor het bepalen van de voorkomingsgrens van deze basiseenheden dezelfde referenties gebruikt als voor de subeenheid.

Het Klei-zand-complex van de Kempen (HCOV 0220) kon op basis van de boringen niet verder opgedeeld worden. In de Belgische boringen kon een duidelijk onderscheid gemaakt worden tussen kleiige en zandige afzettingen binnen de HCOV 0220. De moeilijkheid bestond er echter in dat niet steeds kon onderscheiden worden of het over de Klei van Turnhout (HCOV 0221) dan wel over de Klei van Rijkevorsel (HCOV 0223) gaat. Naar het noorden toe wordt het kleiig deel van de HCOV 0220 zandiger waardoor het onmogelijk is om de verschillende basiseenheden te benoemen. Uit de lithologische beschrijvingen blijkt geen verschil tussen de verschillende zanden. Om deze reden is ook het onderscheid tussen het Zand van Beerse (HCOV 0222) en de Zanden van Brasschaat en/of Merksplas (HCOV 0231) moeilijk te maken.

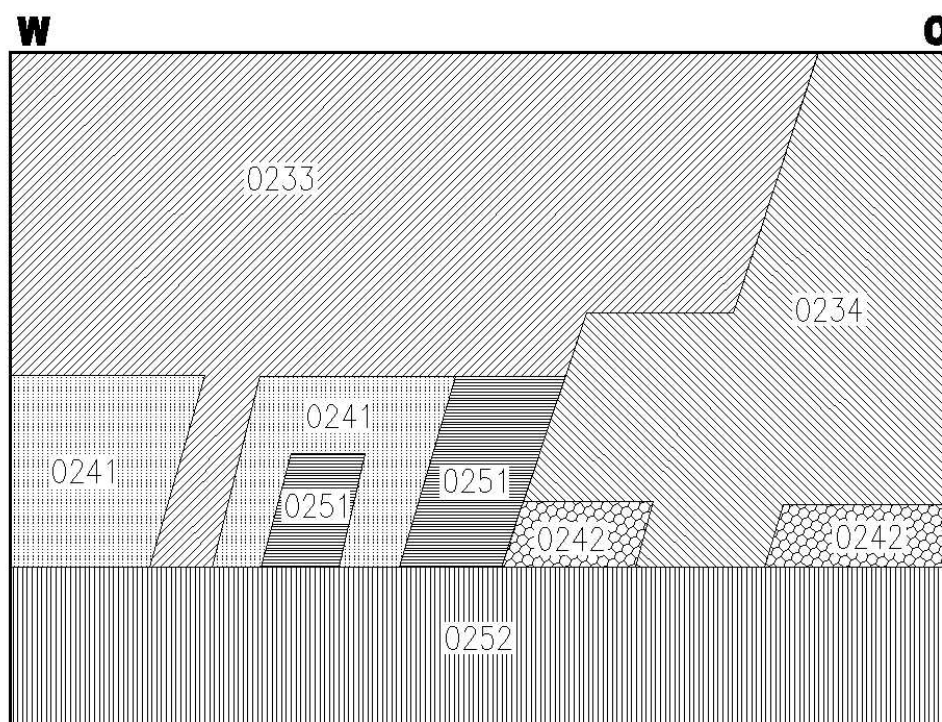
De voorkomingsgrenzen van de basiseenheden van de HCOV 0220, nl. de Klei van Turnhout (HCOV 0221), het Zand van Beerse (HCOV 0222) en de Klei van Rijkevorsel (HCOV 0223) zijn wel opgesteld, maar zijn eerder onzeker.

De Pleistoceen en Pliocene Aquifer (HCOV 0230) en de Pliocene kleiige laag (HCOV 0240) komen enkel voor in het noorden van het studiegebied (deelgebieden 1, 2, 3, 4 en 9). Hun sub- en basiseenheden zijn echter moeilijk te onderscheiden. Verder zijn de Formaties uit het Pliocene, dit zijn de Formaties van Kasterlee, Kattendijk en Lillo, niet volgens een 1-1 relatie om te zetten naar een HCOV-eenheid.

De overgang tussen de Formatie van Kasterlee en Kattendijk is arbitrair afgebakend daar waar de Formatie van Kasterlee wegduikt onder de Formatie van Lillo (as Lier-Beerse). De Formatie van Kasterlee kan naargelang de lithologische beschrijving ingedeeld worden in de HCOV-eenheden Zand van Poederlee en/of zandige top van Kasterlee (HCOV 0234) en Kleiige overgang tussen de zanden van Kasterlee en Diest (HCOV 0242).

De Formatie van Kattendijk is te vertalen naar de HCOV-eenheden Kleilig deel van Lillo en/of van de overgang Lillo-Kattendijk (HCOV 0241) en Zand van Kattendijk en/of onderste zandlaag van Lillo (HCOV 0251). De Formatie van Lillo komt overeen met drie HCOV-eenheden, namelijk de Zandige top van Lillo (HCOV 0233), het Kleilig deel van Lillo en/of van de overgang Lillo-Kattendijk (HCOV 0241) en het Zand van Kattendijk en/of onderste zandlaag van Lillo (HCOV 0251).

Vermits deze HCOV-eenheden moeilijk te onderscheiden zijn op basis van de lithologische beschrijvingen, is de afbakening eerder arbitrair gebeurd (zie Figuur 5). In het westen komt het Zand van Kattendijk en/of onderste zandlaag van Lillo (HCOV 0251) voor, terwijl in het oosten hoofdzakelijk de Zandige top van Lillo (HCOV 0233) en het Zand van Poederlee en /of zandige top van Kasterlee (HCOV 0234) voorkomen. Daar waar de HCOV 0234 voorkomt wordt de HCOV 0251 niet gevonden, evenmin als het Kleilig deel van Lillo en/of van de overgang Lillo-Kattendijk (HCOV 0241).



**Figuur 5** Schets van het voorkomen van de HCOV 0230, HCOV 0240 en HCOV 0250

De Pliocene kleiige laag (HCOV 0240) is niet terug te vinden in de literatuur, maar is in dit project opgesteld als de unie van het voorkomen van zijn basiseenheden, het Kleiig deel van Lillo en/of van de overgang van Lillo-Kattendkijk (HCOV 0241) en de Kleiige overgang tussen de Zanden van Kasterlee en Diest (HCOV 0242). Vermits beide basiseenheden zelf zeer moeilijk van elkaar te onderscheiden zijn, zijn geen voorkomingsgrenzen van deze basiseenheden opgesteld.

De Formatie van Diest is meestal beschreven door het Zand van Diest (HCOV 0252), in enkele gevallen echter, ook door de Kleiige overgang tussen de zanden van Kasterlee en Diest (HCOV 0242).

In de literatuur werd geen opsplitsing gevonden tussen het Zand van Eigenbilzen (HCOV 0256) en het Kleiig deel van Eigenbilzen (HCOV 0301). Voor de sedimenten behorende tot de Formatie van Eigenbilzen is voor deelgebieden 5 en 6 gekozen om deze volledig in te delen bij de HCOV 0256. In de deelgebieden 3 en 4 waar deze HCOV-eenheden ook voorkomen, kon de uitvoerder geen basiseenheden van de Boom Aquitard (HCOV 0300) onderscheiden. De voorkomingsgrens van HCOV 0256 is er dan bijgevolg gelijk gesteld aan deze van de Formatie van Eigenbilzen. Voor HCOV 0301 is geen voorkomingsgrens opgesteld.

*5.6.5.3 Het onregelmatig basisvlak van het Zand van Diest (HCOV 0252) en het Zand van Brussel (HCOV 0620) bepaalt voorkomingsgrens onderliggende HCOV-eenheden*  
Voor de HCOV-eenheden onmiddellijk onder het Zand van Diest (HCOV 0252) en het Zand van Brussel (HCOV 0620) wordt de voorkomingsgrens bepaald door de respectievelijke snijlijnen met het onregelmatig basisvlak van (HCOV 0252) en (HCOV 0620). Deze snijlijnen zijn opgesteld door uitvoerder GSC voor deelgebieden 5 en 6 aan de hand van bestaande isohypsenkaarten van de Formatie van Diest bij de nieuwe geologische kaart van het Vlaams Gewest, kaartblad 25 (Hasselt), en van de Formatie van Brussel (Houthuys, 1990). De werkwijze voor deze eenheden in de overige deelgebieden wordt onvoldoende beschreven. Rekening houdend met de positie van de isohypsen en de positie van de punten met vermelding van welke eenheid er werd waargenomen, kan dan benaderend een subcropgrens getekend worden. De bestaande isohypsenkaarten bedekken niet het volledige voorkomen van deze eenheden. In deeltaak 4 is de snijlijn van het basisvlak van het Zand van Diest (HCOV 0252) en het Zand van Brussel (HCOV 0620) met de onderliggende eenheden bepaald in een GIS via 3-D modellering.



De subcropgrenzen van het Zand van Bolderberg (HCOV 0253) en het Zand van Eigenbilzen (HCOV 0256) zijn bepaald door afsnijding met het Zand van Diest (HCOV 0252). De subcropgrenzen van het Ieperiaan Aquitardsysteem (HCOV 0900), de Afzettingen van Kortrijk (HCOV 0920), de Klei van Saint-Maur (HCOV 0924), het Paleoceen Aquifersysteem (HCOV 1000), het Landeniaan Aquifersysteem (HCOV 1010), de Landeniaan en Heersiaan Aquitard (HCOV 1020) en het Heersiaan en Opglabbeek Aquifersysteem (HCOV 1030) zijn bepaald met de afsnijding door het Zand van Brussel (HCOV 0620).

#### 5.6.5.4 *Boom Aquitard (HCOV 0300)*

De Boom Aquitard (HCOV 0300) ondergaat belangrijke laterale faciësveranderingen van het westen naar het oosten. Zo gaat het lid van Belsele-Waas in het westen geleidelijk over in het lid van Berg in het oosten. Bovendien zijn deze veranderingen gecamoufleerd door het insnijden van het Zand van Diest (HCOV 0252). De basiseenheden van HCOV 0300 zijn enkel in deelgebied 1 gekarteerd waardoor de verbreiding van deze lagen buiten dit deelgebied niet goed gekend is. Deze werden aangepast in overleg met de opdrachtgever aan de hand van de geologische kaart.

#### 5.6.5.5 *Oligoceen Aquifersysteem (HCOV 0400)*

De voorkomingsgrens van het Oligoceen Aquifersysteem is de unie van de voorkomingsgrenzen van zijn subeenheden: Zand van Kerniel (HCOV 0410), Klei van Kleine-Spouwen (HCOV 0420), Ruisbroek-Berg Aquifer (HCOV 0430), Tongeren Aquitard (HCOV 0440) en Onder-Oligoceen Aquifersysteem (HCOV 0450). De moeilijkheid is om de voorkomingsgrenzen van de sub- of basiseenheden op te stellen.

Onvoldoende gegevens waren beschikbaar om een voorkomingsgrens op te stellen voor het Zand van Kerniel (HCOV 0410) en de Klei van Kleine-Spouwen (HCOV 0420). De gegevens betreffende deze subeenheden op de Tertiairkaart zijn niet gebiedsdekkend (niet op deelgebied 5 en 6). De voorkomingsgrenzen van deze subeenheden zijn verbeterd aan de hand van de resultaten van deeltaak 4.

Ook de basiseenheden van de Ruisbroek-Berg Aquifer (HCOV 0430) zijn onvoldoende gekend. De westelijke en zuidelijke grenzen van het Zand van Berg (HCOV 0431) zijn aangegeven op de Tertiair kaart. Er is echter geen informatie beschikbaar over het verdwijnen van deze basiseenheid in het noordwesten. Met de isohypsenkaart van de basis van de Formatie van Diest bij het kaartblad 25 (Hasselt) van de Tertiairkaart, is bepaald waar deze basiseenheid wordt gesneden door de Diestiaangeul.

Het Zand van Wintham (HCOV 0436) komt enkel voor in deelgebied 6. In de literatuur wordt echter geen voorkomingsgrens weergegeven. Het eindrapport van deelgebied 5 stelt dat het Zand van Wintham (HCOV 0436) een zeer dun kleilig siltpakket is dat Steurbaut (1992) beschrijft als: “recorded from the Rupel River area, where it is 1 to 2,50 meter thick; difficult to identify in others parts of the basin, because of lateral changes in lithology; might be missing in certain areas”. Buffel (1997) kon slechts in één boring het Zand van Wintham (HCOV 0436) herkennen. Gebaseerd op de, tot nu toe slechts enkele boringen, waarin de eenheid vandaag herkend is, kan men onmogelijk een voorkomingsgrens tekenen.

Informatie over de exacte begrenzing van de Klei van Watervliet (HCOV 0442) is niet beschikbaar voor deelgebieden 2 en 3. Er zijn geen boringen in deze deelgebieden die deze eenheid bevatten, zodat de begrenzing van deze eenheid eerder schematisch werd weergegeven.

In deelgebied 3 is voor de basiseenheden van het Onder-Oligoceen Aquifersysteem (HCOV 0450) onvoldoende informatie beschikbaar om de gedetailleerde voorkomingsgrenzen op te stellen. Er is geen informatie beschikbaar over het uitwigen van de HCOV 0451 en de HCOV 0452 in het noordwesten. Gegevens omtrent de exacte begrenzing in Zeeuws-Vlaanderen werden niet teruggevonden. Een benaderende grens is bepaald op basis van de boorgegevens uit het TNO-archief.

#### 5.6.5.6 *Paniseliaan Aquitard (HCOV 0700) en Ieperiaan Aquifer (HCOV 0800)*

De oostelijke voorkomingsgrenzen van de Paniseliaan Aquitard en de Ieperiaan Aquifer werden omwille van het ontbreken van boringen, literatuurgegevens en kaarten niet exact opgesteld. Op basis van ruwe voorkomingsgrenzen (Vandenberghen en Laga, 1996) en geologische profielen bij de Tertiairkaart is bijvoorbeeld voor deelgebied 7 getracht schematisch de begrenzing van de Paniseliaan Aquitard aan te geven. Terwijl Haskoning enkel de grens waar deze eenheden uitwigen schematisch kon voorstellen gebaseerd op de bestaande helling en strekking van de eenheden.

De zuidelijke voorkomingsgrens is voldoende gedocumenteerd aan de hand van de Tertiairkaart (HCOV 0700 komt overeen met het Lid van Merelbeke of met het Lid van Pittem, terwijl de HCOV 0800 afgeleid werd uit de begrenzing van het Lid van Egem en de Formatie van Tielt).

#### 5.6.5.7 *Ieperiaan Aquitardsysteem (HCOV 0900)*

Het Silt van Kortemark (HCOV 0910) werd omwille van het ontbreken van de nodige boorgegevens en gedetailleerde literatuurgegevens niet overal exact afgebakend.

Ook voor de voorkomingsgrenzen van de basiseenheden van de Afzettingen van Kortrijk (HCOV 0920), namelijk de Klei van Aalbeke (HCOV 0921), de Klei van Moen (HCOV 0922), het Zand van Mons-en-Pévèle (HCOV 0923), de Klei van Saint-Maur (HCOV 0924) en de Klei van Mont-Héribu (HCOV 0925) ontbreekt het lokaal aan geschikte basisgegevens.

Volgens de eindrapporten van deelgebieden 5 en 6 zijn de definities van de Klei van Moen en het Zand van Mons-en-Pévèle problematisch. Volgens de nieuwe lithostratigrafie van het Paleogeen, gevolgd bij de opmaak van de nieuwe geologische kaart, is het Lid van Moen heterogeen van samenstelling en omvat het ook wat vroeger het Zand van Mons-en-Pévèle genoemd werd. De HCOV 0923 zit dus eigenlijk reeds binnen de HCOV 0922.

Dit is nu juist het verschil tussen het Lid van Moen en de hydrogeologische basiseenheden HCOV 0922 en HCOV 0923. Het Lid van Moen wordt volgens de HCOV-codering opgesplitst in de Klei van Moen (HCOV 0922), kleiige faciës ten westen van de Schelde, en het Zand van Mons-en-Pévèle (HCOV 0923), zandige faciës ten oosten van de Schelde.

In deelgebied 7 is het Zand van Mons-en-Pévèle (HCOV 0923) slechts afgebakend in het gebied dat bedekt wordt door de nieuwe geologische kaarten van het Waals Gewest. Buiten dit gebied kan deze basiseenheid nog verspreid voorkomen op enkele heuveltoppen, maar een voorkomingsgrens is in dit gebied moeilijk te bepalen en werd enkel in deelgebied 7 opgesteld.

Voor de Klei van Saint-Maur (HCOV 0924) werden dezelfde voorkomingsgrenzen opgeleverd als voor de subeenheid HCOV 0920.

Het voorkomen van de Klei van Mont-Héribu (HCOV 0925) is eveneens problematisch in die zin dat deze basiseenheid slechts zeer lokaal en zeer discontinu voorkomt en er ook heel dun is. Tijdens de opmaak van de nieuwe geologische kaart is het daarom binnen de Klei van Saint-Maur opgenomen. In geen enkel deelgebied kon voor deze basiseenheid een voorkomingsgrens worden opgesteld.

#### 5.6.5.8 *Paleoceen Aquifersysteem (HCOV 1000)*

Voor de subeenheden Landeniaan Aquifersysteem (HCOV 1010), Landeniaan en Heersiaan Aquitard (HCOV 1020) en Heersiaan en Opglabbeek Aquifersysteem (HCOV 1030) en hun respectievelijke basiseenheden zijn er in de literatuur geen exacte voorkomingsgrenzen voorhanden.

Uit de modellering van de basis en de dikte van de subeenheden (deeltaak 4) blijkt duidelijk dat de subeenheden Landeniaan Aquifersysteem (HCOV 1010) en de Landeniaan en Heersiaan Aquitard (HCOV 1020), maar ook een deel van de bijbehorende basiseenheden, soms laterale faciës van elkaar zijn, waartussen de grens niet gekend is. De overgang tussen de verschillende faciës gebeurt immers meestal zeer geleidelijk. Bovendien is de keuze van beschouwde faciës dikwijls bepaald door de boormethode. Dit wordt duidelijk bij de vergelijking van het Landeniaan Aquifersysteem (HCOV 1010) met de Landeniaan en Heersiaan Aquitard (HCOV 1020). Dit geldt ook voor de basiseenheden Kleilig deel van Lincent (HCOV 1014), Versteend deel van Lincent (HCOV 1015), Siltige afzettingen van Halen (HCOV 1021), Klei van Waterschei (HCOV 1022), Slecht doorlatend deel van de Mergels van Gelinden (HCOV 1023) en Doorlatend deel van de Mergels van Gelinden (HCOV 1031).

Gezien de random-verspreiding van het Landeniaan Aquifersysteem (HCOV 1010) en de Landeniaan en Heersiaan Aquitard (HCOV 1020) en het feit dat de basisvlakken van beide subeenheden hetzelfde vlak vormen, is één en dezelfde voorkomingsgrens opgesteld. Enkel in deelgebied 4 heeft de uitvoerder een verschillende grens voor deze twee subeenheden opgesteld.

Voor het Doorlatend deel van de Mergels van Gelinden (HCOV 1031) is in de literatuur geen voorkomingsgrens teruggevonden. Het Heersiaan en Opglabbeek Aquifersysteem (HCOV 1030) komt dus overeen met het Zand van Orp (HCOV 1032).

Wegens het ontbreken van adequate gegevens betreffende de voorkomingsgrenzen van de basiseenheden behorende tot HCOV 1000, werden deze basiseenheden niet verder gekarteerd.

#### 5.6.5.9 *Krijt Aquifersysteem (HCOV 1100)*

Door gebrek aan informatie zijn de voorkomingsgrenzen van het Krijt Aquifersysteem (HCOV 1100) niet exact opgesteld. In deeltaak 4 werden deze eenheden echter wel beter gekarteerd.

In deelgebied 5 stelde zich het probleem bij welke HCOV-eenheid het Vuursteeneluvium diende ingedeeld te worden. Bij de Quartaire Aquifersystemen (HCOV 0100) of bij de Krijt Aquifer (HCOV 1110). Het Vuursteeneluvium is immers een restproduct van tertiaire en quartaire verkarsting van sedimenten van het Krijt. Stratigrafisch behoren ze eigenlijk meer tot het Quartair dan tot het Krijt. Hydrogeologisch horen ze eerder tot de Krijt Aquifer (HCOV 1110), wat dan ook weerhouden werd.

## 5.7 *Werkwijze om voorkomingsgrenzen per deelgebied aaneen te sluiten*

### 5.7.1 *Doelstelling*

De voorkomingsgrenzen zijn opgesteld per deelgebied door de uitvoerders. Het doel is nu om de voorkomingsgrenzen aan elkaar aan te sluiten zodat voor het hele studiegebied, negen deelgebieden, één voorkomingsgrens in GIS-formaat wordt opgesteld.

### 5.7.2 *GIS-bewerkingen*

De voorkomingsgrenzen zijn aan elkaar gesloten in een aantal stappen. De werkwijze wordt opgesplitst in drie grote blokken:

1. Voorafgaandelijke verwerking van de GIS-gegevens;
2. Het aan elkaar sluiten in GIS (ArcView en Arc/Info) zelf;
3. GIS-technische correcties bij het aaneensluiten.

In totaal betreft het 113 voorkomingsgrenzen samen te stellen met maximaal negen deelgrenzen.

#### 5.7.2.1 *Voorafgaandelijke verwerking van de GIS-gegevens (pre-processing)*

- Inventaris van de voorkomingsgrenzen per deelgebied.
- De voorkomingsgrenzen zijn opgeslagen als 'coverages' in Arc/Info formaat.
- Ontbrekende gegevens opvragen bij de uitvoerders.
- GIS-gegevens centraliseren op het werkstation; per deelgebied één aparte folder.
- GIS-gegevens per bestand hernoemen naar een consistente benaming zodat de verwerking van de gegevens meer geautomatiseerd kan verlopen. De voorkomingsgrenzen per deelgebied noemen 'voork\_x\_hcov' waarbij x het nummer van het deelgebied aangeeft en hcov staat voor de HCOV-code (bv. voork\_8\_0163). Bij aanvang van het project is dit aan de uitvoerders gevraagd, maar dit is onvoldoende nagevolgd. Een oorzaak kan zijn dat de Arc/Info coverages niet zomaar van naam of plaats te veranderen zijn. Eigen aan de opbouw van Arc/Info files, met onder meer per folder een karakteristieke 'Info'-subfolder, is dat dit enkel kan gebeuren binnen een Arc/Info omgeving. Zonder een correcte 'info'-folder kan de coverage immers niet geopend worden.
- Nieuwe inventaris maken en kopiëren van de ontbrekende gegevens die uit de bestaande inputgegevens kunnen gekopieerd worden. Dit zijn de voorkomingsgrenzen die gelijk zijn aan andere voorkomingsgrenzen bijv. HCOV 0200 is gelijk aan HCOV 0250, maar enkel HCOV 0250 is opgeleverd. De naamgeving van de nieuwe gegevens is aangepast.
- Sommige gegevens zijn enkel in 'polygoon'-formaat aanwezig terwijl een 'arc'-formaat gevraagd was. Om ze te kunnen koppelen aan de overige coverages zijn deze omgezet naar 'arcs' in Arc/info.

- De voorkomingsgrenzen die enkel beschikbaar zijn in ArcView (als shapefile) zijn omgezet naar Arc/Info (coverage).
- Ontbrekende gegevens worden nogmaals opgevraagd bij de uitvoerders.
- Uitfilteren dubbel opgeleverde voorkomingsgrenzen voor eenzelfde deelgebied. Dit gebeurde door grens per grens in ArcView visueel te bekijken.
- ‘Update’ van gegevens op het werkstation met de extra opgeleverde gegevens door de uitvoerders. Efficiëntie hierbij was zeer laag, daar de gegevens-indeling op de opgeleverde CD’s weinig gestructureerd is en de aanduiding van de aanmaakdatum niet klopte. Een beschrijving van de opgeleverde files is, ondanks onze herhaalde vraag, onvoldoende gebleken.
- Gegevens herstructureren; De gegevens zijn opgeleverd per deelgebied, maar per HCOV-eenheid moeten de voorkomingsgrenzen uit elk deelgebied aan elkaar gesloten worden. Om de dataverwerking meer te automatiseren, is de datastructuur herwerkt tot een structuur waarin per HCOV-eenheid een folder is aangemaakt met daarin de voorkomingsgrenzen van elk deelgebied waarin die HCOV-eenheid voorkomt.

#### 5.7.2.2 Aan elkaar sluiten van de gegevens in GIS

- Aanmaken van een project in ArcView. Per HCOV-eenheid is een ‘*theme*’ aangemaakt waarin dan de voorkomingsgrenzen voor die HCOV-eenheid zijn geopend. Zo kunnen de verschillende voorkomingsgrenzen visueel gecontroleerd worden.
- Analyseren van de overlap en overgang tussen de verschillende deelgebieden.
- Uitvoeren van het ‘*merge*’ commando, waardoor de voorkomingsgrenzen in de verschillende deelgebieden - elk een aparte coverage – worden samengevoegd in één ‘shapefile’ (ArcView formaat).
- Indien de lijnen mooi op elkaar aansluiten, dan resulteert de ‘*merge*’ in één vloeiende aaneengesloten voorkomingsgrens. Dit is meestal het geval voor de deelgebieden die opgeleverd zijn door eenzelfde uitvoerder<sup>7</sup>.

---

<sup>7</sup> Respectievelijk de deelgebieden 2, 3, 4, 8 en 9 en deelgebieden 1, 6 en 7 door dezelfde uitvoerder zijn opgeleverd.

- Indien niet, dan zijn twee overgangen tussen deelgebieden te onderscheiden:
  1. De abrupte overgang, d.i. waar de deelgebieden, en de voorkomingsgrenzen, aan elkaar grenzen zonder overlap<sup>8</sup>;
  2. De overlap van de verschillende deelgebieden, en de voorkomingsgrenzen.
- Met de ArcView editor, zijn de voorkomingsgrenzen vervolgens aangepast. De betrouwbaarheid per voorkomingsgrens is vooraf nagegaan aan de hand van de argumentatie die de uitvoerders hebben aangereikt.
  1. Bij een abrupte overgang is de meest betrouwbare voorkomingsgrens behouden. De andere is aangepast zodat een vloeiend geheel bekomen is (bespreking in volgende paragraaf);
  2. Bij een overlap, vnl tussen deelgebieden 1-2-9 en 4-5, verschillen de voorkomingsgrenzen in het overlapgebied vaak sterk. Beide deelgebieden argumenteren hun keuze met bestaande kaarten en literatuur. In volgende paragraaf wordt dit verder beschreven. Als algemene werkwijze is de voorkomingsgrens, uit elk deelgebied behouden totdat die kruist met de voorkomingsgrens van het aanliggende deelgebied. Voorbij de kruising, zijn de resterende delen van de voorkomingsgrenzen verwijderd zodat een éénduidige voorkomingsgrens bekomen wordt. Op die manier wordt de informatie per deelgebied maximaal gebruikt.

#### 5.7.2.3 GIS-technische correcties bij het aaneensluiten

- Na het aaneensluiten moeten alle voorkomingsgrenzen gesloten lijnen vormen, zodat de bedoelde gebieden duidelijk afgebakend zijn. Waar mogelijk zijn volgende stappen bijkomend uitgevoerd:
  1. Toevoegen van de buitengrenzen van het hele studiegebied. Dit laat toe de de bedoelde gebieden af te sluiten. Het nadeel is dat deze afbakeningen artificieel zijn;
  2. Eilandjes waarvan verwacht wordt dat het voorkomen zou doorlopen naar het aangrenzende deelgebied, zijn toch afgesloten volgens de gebiedsgrens;
  3. Waar onvoldoende informatie beschikbaar is, zijn geen gesloten voorkomingsgrenzen opgeleverd. De grenzen zijn er niet volledig. Dit heeft immers geen hydrogeologische waarde;
  4. Corrigeren niet-correct gesloten lijnen
- Omzetting van de aaneengesloten voorkomingsgrenzen van ArcView naar Arc/Info formaat.

---

<sup>8</sup> Een abrupte overgang komt voor tussen deelgebieden 1-3, 3-5, 3-6, 6-7, 1-7, 7-8, 9-7 en 8-9. Een overlap bestaat tussen deelgebieden 1-2-9, 2-3, 4-5.



- Omdat de voorkomingsgrenzen krommen (arcs) zijn die enkel een richting hebben, nl. van begin- naar eindpunt en geen binnen- of buitenkant, is per conventie besloten dat het bedoelde gebied rechts van de krommen is gelegen. Omdat de controle op deze conventie geautomatiseerd kan verlopen is een AML (Arc Macro Language) geschreven in Arc/Info.

### 5.7.3 *Bespreking per HCOV-eenheid*

De algemene werkwijze om de voorkomingsgrenzen per deelgebied aaneen te sluiten (paragraaf 5.7.2) is per HCOV-eenheid aangepast. Tabel 7 beschrijft de aaneensluiting aan de overgangen. Hierbij is een onderscheid gemaakt tussen aan elkaar grenzende deelgebieden die door verschillende uitvoerders gekarteerd werden en overlappende deelgebieden die in verschillende percelen gekarteerd werden. Hierbij zijn enkele gebieden samengenomen. De grens tussen deelgebied 3 en 5 is gelijkaardig als deze tussen deelgebied 3 en 6. In Tabel 7 is dit weergegeven als '3-5-6'. Overlap '1-2-9' duidt erop dat de overlap tussen deze drie deelgebieden één geheel vormt. In de lege velden is aaneensluiting niet van toepassing. Indien de lijnen mooi op elkaar aansluiten, dan geeft Tabel 7 'ok' weer. De voorkomingsgrenzen zijn hier niet aangepast. Bij een abrupte overgang tussen gekarteerde lagen aan beide zijden van een deelgebiedsgrens, is de meest betrouwbare voorkomingsgrens behouden. De voorkomingsgrens uit andere deelgebieden is aangepast zodat een vloeiend geheel bekomen is. De meest betrouwbare voorkomingsgrens wordt in de tabel weergegeven met het nummer van het deelgebied. Het nummer '3' bij abrupte overgang (1-3) voor de Duinen (HCOV 0120) duidt er bijvoorbeeld op dat de voorkomingsgrens uit deelgebied 3 de meest betrouwbare is op basis van de rapporten van de uitvoerders. Bijgevolg is de voorkomingsgrens uit deelgebied 1 voor de HCOV-eenheid aangepast om vloeiend aan te sluiten aan de voorkomingsgrens van deelgebied 3. Voor overlappende deelgebieden is Tabel 7 analoog opgesteld. Zo stelt Tabel 7 voor de overlap (1-2-9) voor de Polderafzettingen (HCOV 0130) '2 en 9'. Dit betekent dat voor de Polderafzettingen (HCOV 0130) de voorkomingsgrenzen uit deelgebieden 2 en 9 zijn overgenomen. Deze voorkomingsgrenzen zijn vervolgens aan elkaar aangesloten. Impliciet geeft dit evenzeer weer dat de voorkomingsgrens van deelgebied 1 hier niet gebruikt is. Grote correcties aan de voorkomingsgrenzen zijn hier echter niet gebeurd. Hierbij ging het voornamelijk over de keuze: welk deelgebied behouden we, welke grens passen we aan?

Indien toch correcties uitgevoerd zijn, is dit in Tabel 7 weergegeven met 'correctie'. De beschrijving van deze correcties zijn beschreven in paragraaf 5.7.4.

**Tabel 7 Aaneensluiting van de voorkomingsgrenzen tussen verschillende deelgebieden**

HCOV-eenheid	abrupte overgang			overlap		
	1-3	3-5-6	7-8-9	1-2-9	4-5	5-6
<b>0100</b> Quartaire Aquifersystemen						
<b>0110</b> Ophogingen						
<b>0120</b> Duinen	<b>3</b>			<b>2</b>		
<b>0130</b> Polderafzettingen				<b>2 en 9</b>		
<b>0131</b> Kleiige polderafzettingen van de kustvlakte						
<b>0132</b> Kleiige polderafzettingen van het Meetjesland						
<b>0133</b> Kleiige polderafzettingen van Waasland-Antwerpen				<b>2 en 9</b>		
<b>0134</b> Zandige kreekkruggen				<b>2 en 9</b>		
<b>0135</b> Veen-kleiige poelgronden				<b>2 en 9</b>		
<b>0140</b> Alluviale dekklagen	<b>ok</b>	<b>ok</b>	<b>ok</b>	<b>ok</b>	<b>ok</b>	
<b>0150</b> Dekklagen	<b>ok</b>	<b>ok</b>	<b>ok</b>	<b>ok</b>	<b>ok</b>	<b>ok</b>
<b>0151</b> Zandige dekklagen	<b>ok</b>	<b>ok</b>	<b>ok</b>	<b>ok</b>	<b>ok</b>	
<b>0152</b> Zand-lemige dekklagen	<b>ok</b>	<b>ok</b>	<b>ok</b>			<b>ok</b>
<b>0153</b> Lemige dekklagen			<b>ok</b>			<b>ok</b>
<b>0154</b> Kleiige dekklagen						
<b>0160</b> Pleistocene afzettingen	<b>ok</b>	<b>ok</b>	<b>cor. 1</b>	<b>cor. 1</b>	<b>ok</b>	<b>ok</b>
<b>0161</b> Pleistoceen van de kustvlakte						
<b>0162</b> Pleistoceen van de Vlaamse Vallei		<b>ok</b>	<b>cor. 1</b>	<b>cor. 1</b>		
<b>0163</b> Pleistoceen van de riviervalleien	<b>ok</b>	<b>ok</b>	<b>ok</b>	<b>ok</b>	<b>ok</b>	<b>ok</b>
<b>0170</b> Maas- en Rijnafzettingen					<b>4</b>	
<b>0171</b> Afzettingen Hoofdterras					<b>4</b>	
<b>0172</b> Afzettingen Tussenterassen					<b>4</b>	
<b>0173</b> Afzettingen Maasvlakte					<b>4</b>	

HCOV-eenheid	abrupte overgang			overlap		
	1-3	3-5-6	7-8-9	1-2-9	4-5	5-6
<b>0200</b> Kempens Aquifersysteem	<b>ok</b>			<b>1</b>		<b>6</b>
<b>0210</b> Afzettingen ten noorden van Feldbiss-breukzone						
<b>0211</b> Zandige eenheid boven de Brunssum I-klei						
<b>0212</b> Brunssum I-Klei						
<b>0213</b> Zand van Pey						
<b>0214</b> Brunssum II-klei						
<b>0215</b> Zand van Waubach						
<b>0220</b> Klei-zand-complex van de Kempen				<b>2</b>		
<b>0221</b> Klei van Turnhout				<b>2</b>		
<b>0222</b> Zand van Beerse						
<b>0223</b> Klei van Rijkevorsel				<b>2</b>		
<b>0230</b> Pleistoceen en Pliocene Aquifer	<b>ok</b>			<b>1 en 9</b>		
<b>0231</b> Zanden van Brasschaat en/of Merksplas	<b>2</b>			<b>2</b>		
<b>0232</b> Zand van Mol						
<b>0233</b> Zandige top van Lillo	<b>ok</b>			<b>1 en 9</b>		
<b>0234</b> Zand van Poederlee en/of zandige top van Kasterlee						
<b>0240</b> Pliocene kleiige laag	<b>cor. 2</b>			<b>1</b>		
<b>0241</b> Kleiig deel van Lillo en/of van de overgang Lillo-Kattendijk						
<b>0242</b> Kleiige overgang tussen de zanden van Kasterlee en Diest						
<b>0250</b> Mioceen Aquifersysteem	<b>ok</b>	<b>ok</b>		<b>1</b>		<b>6</b>
<b>0251</b> Zand van Kattendijk en/of onderste zandlaag van Lillo	<b>ok</b>			<b>1 en 9</b>		
<b>0252</b> Zand van Diest	<b>ok</b>			<b>cor. 3</b>		<b>6</b>
<b>0253</b> Zand van Bolderberg						<b>6</b>
<b>0254</b> Zanden van Berchem en/of Voort	<b>ok</b>			<b>1</b>		
<b>0255</b> Klei van Veldhoven						
<b>0256</b> Zand van Eigenbilzen		<b>cor. 4</b>				<b>6</b>

HCOV-eenheid	abrupte overgang			overlap		
	1-3	3-5-6	7-8-9	1-2-9	4-5	5-6
<b>0300</b> Boom Aquitard	<b>ok</b>	<b>cor. 5</b>	<b>ok</b>	<b>9</b>	<b>5</b>	<b>ok</b>
<b>0301</b> Kleiig deel van Eigenbilzen						
<b>0302</b> Klei van Putte		<b>cor. 5</b>		<b>1</b>		
<b>0303</b> Klei van Terhagen		<b>cor. 5</b>		<b>1</b>		
<b>0304</b> Klei van Belsele-Waas		<b>cor. 5</b>		<b>1</b>		
<b>0400</b> Oligoceen Aquifersysteem				<b>9</b>	<b>5</b>	<b>ok</b>
<b>0410</b> Zand van Kerniel		<b>cor. 4</b>			<b>5</b>	<b>5</b>
<b>0420</b> Klei van Kleine-Spouwen		<b>cor. 4</b>			<b>5</b>	<b>5</b>
<b>0430</b> Ruisbroek-Berg Aquifer		<b>cor. 4</b>	<b>ok</b>	<b>9</b>	<b>5</b>	<b>ok</b>
<b>0431</b> Zand van Berg		<b>ok</b>			<b>5</b>	<b>ok</b>
<b>0432</b> Zand van Kerkom						<b>6</b>
<b>0433</b> Kleiig zand van Oude Biezen	<b>Onmogelijk samen te stellen, onvoldoende opgeleverd</b>					
<b>0434</b> Zand van Boutersem						<b>ok</b>
<b>0435</b> Zand van Ruisbroek				<b>9</b>		
<b>0436</b> Zand van Wintham						
<b>0440</b> Tongeren Aquitard	<b>3</b>	<b>cor. 4</b>	<b>ok</b>	<b>1</b>	<b>5</b>	<b>ok</b>
<b>0441</b> Klei van Henis		<b>cor. 4</b>			<b>5</b>	<b>ok</b>
<b>0442</b> Klei van Watervliet	<b>3</b>		<b>ok</b>	<b>1</b>		
<b>0450</b> Onder-Oligoceen Aquifersysteem			<b>ok</b>	<b>9</b>	<b>5</b>	<b>ok</b>
<b>0451</b> Zand van Neerrepn					<b>5</b>	<b>ok</b>
<b>0452</b> Zand-Klei van Grimmertingen					<b>5</b>	<b>ok</b>
<b>0453</b> Kleiig zand van Bassevelde			<b>ok</b>	<b>9</b>		
<b>0500</b> Bartoon Aquitardsysteem			<b>ok</b>			
<b>0501</b> Klei van Onderdijke				<b>cor. 6</b>		
<b>0502</b> Zand van Buisputten		<b>ok</b>	<b>ok</b>	<b>cor. 6</b>		
<b>0503</b> Klei van Zomergem		<b>ok</b>	<b>ok</b>	<b>cor. 6</b>		
<b>0504</b> Zand van Onderdale		<b>ok</b>	<b>ok</b>			
<b>0505</b> Kleien van Ursel en/of Asse		<b>ok</b>	<b>ok</b>			

HCOV-eenheid	abrupte overgang			overlap		
	1-3	3-5-6	7-8-9	1-2-9	4-5	5-6
<b>0600</b> Ledo-Paniseliaan-Brusseliaan Aquifersysteem		cor. 4	ok			ok
<b>0610</b> Wemmel-Lede Aquifer		ok	ok			
<b>0611</b> Zand van Wemmel		cor. 5	ok			
<b>0612</b> Zand van Lede		cor. 5	ok			
<b>0620</b> Zand van Brussel		cor. 7				ok
<b>0630</b> Afzettingen van het Boven-Paniseliaan						
<b>0631</b> Zanden van Aalter en/of Oedelem						
<b>0632</b> Zandige klei van Beernem						
<b>0640</b> Zandige afzettingen van het Onder-Paniseliaan	3	cor. 5				
<b>0700</b> Paniseliaan Aquitard		ok	ok			
<b>0701</b> Klei van Pittem						
<b>0702</b> Klei van Merelbeke		ok	ok			
<b>0800</b> Ieperiaan Aquifer (Egem en/of Mont-Panisel)		cor. 5				
<b>0900</b> Ieperiaan Aquitardsysteem		cor. 8	ok			ok
<b>0910</b> Silt van Kortemark						
<b>0920</b> Afzettingen van Kortrijk		cor. 8	ok			ok
<b>0921</b> Klei van Aalbeke	Enkel opgeleverd in deelgebieden 6 en 7					
<b>0922</b> Klei van Moen						6
<b>0923</b> Zand van Mons-en-Pévèle	Enkel opgeleverd in deelgebied 7					
<b>0924</b> Klei van Saint-Maur						6
<b>0925</b> Klei van Mont-Héribu						
<b>1000</b> Paleoceen Aquifersysteem					4	
<b>1010</b> Landeniaan Aquifersysteem		cor. 9				
<b>1011</b> Zand van Knokke	Onmogelijk samen te stellen, onvoldoende opgeleverd					
<b>1012</b> Zandige afzettingen van Loksbergen en/of	Onmogelijk samen te stellen, onvoldoende opgeleverd					
<b>1013</b> Zand van Grandglise en/of Hoegaarden	Onmogelijk samen te stellen, onvoldoende opgeleverd					
<b>1014</b> Kleilig deel van Lincent	Onmogelijk samen te stellen, onvoldoende opgeleverd					
<b>1015</b> Versteend deel van Lincent	Onmogelijk samen te stellen, onvoldoende opgeleverd					

HCOV-eenheid	abrupte overgang			overlap		
	1-3	3-5-6	7-8-9	1-2-9	4-5	5-6
<b>1020</b> Landeniaan en Heersiaan Aquitard	cor. 9					
<b>1021</b> Siltige afzetting van Halen	Onmogelijk samen te stellen, onvoldoende opgeleverd					
<b>1022</b> Klei van Waterschei	Onmogelijk samen te stellen, onvoldoende opgeleverd					
<b>1023</b> Slecht doorlatend deel van de Mergels van Gelinden	Onmogelijk samen te stellen, onvoldoende opgeleverd					
<b>1030</b> Heersiaan en Opglabbeek Aquifersysteem	cor. 10			4	ok	
<b>1031</b> Doorlatend deel van de Mergels van Gelinden	Onmogelijk samen te stellen, onvoldoende opgeleverd					
<b>1032</b> Zand van Orp	Onmogelijk samen te stellen, onvoldoende opgeleverd					
<b>1033</b> Zand van Eisden	Onmogelijk samen te stellen, onvoldoende opgeleverd					
<b>1034</b> Klei van Opoeteren	Onmogelijk samen te stellen, onvoldoende opgeleverd					
<b>1035</b> Zand van Maasmechelen	Onmogelijk samen te stellen, onvoldoende opgeleverd					
<b>1100</b> Krijt Aquifersysteem	cor. 11			ok		
<b>1110</b> Krijt Aquifer	cor. 11			ok		
<b>1111</b> Kalksteen van Houthem				ok	ok	
<b>1112</b> Tufkrijt van Maastricht				ok	ok	
<b>1113</b> Krijt van Gulpen				ok	ok	
<b>1120</b> Afzettingen van Vaals (Smectiet van Herve)	cor. 12			cor. 12		
<b>1130</b> Zand van Aken	ok			ok		
<b>1140</b> Turoonmergels op Massief van Brabant	cor. 13					
<b>1150</b> Wealdiaan						
<b>1200</b> Jura-Trias-Perm				5		
<b>1210</b> Jura						
<b>1220</b> Trias				5		
<b>1230</b> Perm						
<b>1300</b> Sokkel						
<b>1310</b> Boven-Carboon (Steenkoolterrein en -lagen)	cor. 14	cor. 14		cor. 14		
<b>1320</b> Kolenkalk	cor. 14	cor. 14	cor. 14	cor. 14		cor. 14
<b>1330</b> Devoon	cor. 14	cor. 14	cor. 14	cor. 14		cor. 14
<b>1340</b> Cambro-Siluur Massief van Brabant						

#### 5.7.4 Correcties uitgevoerd aan de voorkomingsgrenzen

In **Tabel 7** zijn de voorkomingsgrenzen aangeduid waarbij correcties zijn uitgevoerd. De opgeleverde voorkomingsgrens per deelgebied leverde hier geen realistisch geheel op. De nummering van de correcties, zoals in **Tabel 7** is hier overgenomen.

##### **CORRECTIE 1**

- Pleistocene Afzettingen (HCOV 0160)
- Pleistoceen van de Vlaamse vallei (HCOV 0162)

##### Abrupte overgang 7-8-9:

De voorkomingsgrens uit deelgebied 7 is behouden. In het westen van deelgebied 7 sluit deze grens rechtstreeks aan op het zuidelijke uiteinde van de grens in deelgebied 9. Een rechte lijn is getrokken doorheen deelgebied 8 om deze twee uiteinden te verbinden. Om de aansluiting in het oosten van deelgebied 7 te verzekeren is een deel van de opgeleverde voorkomingsgrens in het westen van deelgebied 6 verwijderd.

##### Overlap 1-2-9:

In het zuiden van deelgebied 1 is de grens uit deelgebied 1 overgenomen. Waar deze lijn eindigt in het westen aan de rand met deelgebied 9, werd ze aangepast zodat de aansluiting in deelgebied 9 werd verzekerd. In het noorden van deelgebied 1 werd de voorkomingsgrens uit deelgebied 1 verder naar het oosten gevolgd tot aan de noordelijke rand van deelgebied 1. In deelgebied 2 is een nieuw lijnstuk bijgetekend, dat de richting van de voorkomingsgrens uit deelgebied 1 verder aanhoudt. De grens uit deelgebied 2 kon niet gebruikt worden.

##### **CORRECTIE 2**

- Pliocene kleiige laag (HCOV 0240)

De voorkomingsgrens uit deelgebied 2 kon niet gebruikt worden. Voor deelgebied 3 zijn twee voorkomingsgrenzen opgeleverd. De meest zuidelijke is gekozen als de meest betrouwbare. De opgeleverde grens uit deelgebied 3 sluit niet aan op deze uit deelgebied 1. Hier werd de oostelijke grens van deelgebied 1 gevolgd. Ook de grens uit deelgebied 9 werd niet weerhouden.

##### **CORRECTIE 3**

- Zand van Diest (HCOV 0252)

In de overlap tussen deelgebied 1 en 2 werd de voorkomingsgrens uit deelgebied 2 weerhouden. De overgang tussen deze grens en de voorkomingsgrens in de rest van deelgebied 1 werd manueel verbeterd.

**CORRECTIE 4**

- Zand van Eigenbilzen (HCOV 0256)
- Zand van Kerniel (HCOV 0410)
- Zand van Kleine-Spouwen (HCOV 0420)
- Ruisbroek-Berg Aquifer (HCOV 0430)
- Tongeren Aquitard (HCOV 0440)
- Klei van Henis (HCOV 0441)
- Ledo-Paniseliaan-Brusseliaan Aquifersysteem (HCOV 0600)
- Ieperiaan Aquifer (HCOV 0800)

De opgeleverde grens uit deeltaak 2 werd niet weerhouden of was niet opgeleverd. De voorkomingsgrenzen werden aangepast gebruikmakend van de resultaten van deeltaak 4. De gebruikte voorkomingsgrens is afgeleid uit de diktekaarten. Soms werd een combinatie van beide deeltaken gebruikt, zoals bij HCOV 0256 en HCOV 0441. Bij HCOV 0420 werd de overgang tussen deelgebied 3 en 5 manueel verbeterd.

**CORRECTIE 5**

- Boom aquitard (HCOV 0300)
- Zand van Wemmel (HCOV 0611)
- Zand van Lede (HCOV 0612)
- Zandige Afzettingen van het Onder-Paniseliaan (HCOV 0640)
- Ieperiaan Aquifer (HCOV 0800)

De voorkomingsgrenzen uit deelgebieden 3, 6 en 7 werden behouden. Een extra lijnstuk is toegevoegd om de uiteinden te verbinden. Bij HCOV 0300 werd gebruikgemaakt van de geologische kaart om de voorkomingsgrens te vervolledigen. Voor HCOV 0612 werd in deelgebied 7 de grens aangepast aan deze van HCOV 0610. De nodige manuele aanpassingen werden gedaan om de connectie met deelgebieden 8 en 9 te verbeteren.

**CORRECTIE 6**

- Klei van Onderdijke (HCOV 0501)
- Zand van Buisputten (HCOV 0502)
- Klei van Zomergem (HCOV 0503)

Er zijn geen voorkomingsgrenzen beschikbaar in deelgebied 1, daarom werd een lijn toegevoegd die de voorkomingsgrens uit deelgebied 2 verbindt met deze uit deelgebied 9. Voor HCOV 0502 werd de grens in deelgebied 7 verbonden met deze uit deelgebieden 2 en 3, de grens uit deelgebied 6 werd daarom niet weerhouden.



**CORRECTIE 7**

- Zand van Brussel (HCOV 0620)

In deelgebied 2 een lijnstuk toegevoegd dat de richting van de voorkomingsgrens uit deelgebied 3 aanhoudt. Ter hoogte van de overgang tussen deelgebieden 3 en 6 werd de grens manueel aangepast om de connectie te verbeteren.

**CORRECTIE 8**

- Ieperiaan Aquitardsysteem (HCOV 0900)
- Afzettingen van Kortrijk (HCOV 0920)

De voorkomingsgrens uit deelgebied 5 is in het noorden aangepast opdat zij zou aansluiten bij deze uit deelgebied 4.

**CORRECTIE 9**

- Landeniaan Aquifersysteem (HCOV 1010)
- Landeniaan en Heersiaan Aquitard (HCOV 1020)

De voorkomingsgrenzen van deelgebieden 3 en 4 zijn aangepast opdat ze zouden aansluiten bij deelgebied 5. Arbitraire grenzen zijn toegevoegd.

**CORRECTIE 10**

- Heersiaan en Oplabbeek Aquifersysteem (HCOV 1030)

De voorkomingsgrens uit deelgebied 3 is niet weerhouden. Vanaf het eindpunt van de voorkomingsgrens uit deelgebied 6, wordt een extra lijn met noordoostelijke richting getrokken als begrenzing. Deze lijn doorkruist deelgebieden 2 en 3.

**CORRECTIE 11**

- Krijt Aquifersysteem (HCOV 1100)
- Krijt Aquifer (HCOV 1110)

Voor het opstellen van de voorkomingsgrens voor deelgebied 7 werden de resultaten van deeltaak 4 gebruikt. De overgang tussen deelgebieden 7 en 8 werd manueel verbeterd.

**CORRECTIE 12**

- Afzettingen van Vaals (HCOV 1120)

De voorkomingsgrenzen voor deelgebied 5 en 6 zijn overgenomen uit deeltaak 4. In deelgebied 3 is de westelijke begrenzing arbitrair opgesteld vanaf het noordelijke uiteinde van de grens in deelgebied 6.

**CORRECTIE 13**

- Turoonmergels op Massief van Brabant (HCOV 1140)

De voorkomingsgrens uit deelgebied 7 wordt behouden. Een extra lijnstuk is toegevoegd om de voorkomingsgrens uit deelgebied 8 aan te passen aan deze uit deelgebied 7.

**CORRECTIE 14**

- Boven- Carboon (steenkoolterrein- en lagen) (HCOV 1310)
- Kolenkalk (HCOV 1320)
- Devoon (HCOV 1330)

De voorkomingsgrenzen uit deelgebieden 1, 5 en 6 zijn beschikbaar. Hieruit is echter wel een trend af te leiden. Hierdoor zijn extra krommen toegevoegd in deelgebieden 2, 3 en 4.

## 5.8 *Evaluatie deeltaak 2: Voorkomingsgrenzen van de HCOV-eenheden*

Het bestek liet de uitvoerders de mogelijkheid tot het kiezen van een eigen methodologie per deelgebied toe. Doordat de uitvoerders de werkwijze kozen waarmee ze meest vertrouwd waren, leidde dit tot verschillende methodes voor het opstellen van de voorkomingsgrenzen.

De eindrapporten van de deelgebieden vermelden dikwijls niet meer dan een algemene werkwijze. De uitvoerders beschrijven bijvoorbeeld dat de oude geologische kaarten van Wallonië zijn gedigitaliseerd. Ook stellen ze dat de verschillende basisgegevens zijn gecombineerd en verder aangevuld. Hoe die basisgegevens nu zijn gecombineerd en waarmee die zijn aangevuld is niet steeds duidelijk. Alle relevante informatie uit de eindrapporten is samengebundeld. Daarbij kan een goede beschrijving voor een HCOV-eenheid in het ene rapport bijvoorbeeld ook valabel zijn voor dezelfde HCOV-eenheid in een aangrenzend deelgebied (maar daar minder goed is beschreven).

Een kwalitatieve set van voorkomingsgrenzen van de HCOV-codering moet aan verschillende criteria voldoen:

- Realistische hydrogeologische beschrijving van de ondergrond;
- Hiërarchie binnen de HCOV-codering naleven, d.i. het voorkomen van de hoofdeenheid kan maar zo groot zijn als de unie van de voorkomens van zijn subeenheden;
- Makkelijk aanpasbaar: door het gebrek aan informatie zijn heel wat voorkomingsgrenzen onzeker. Als nieuwe informatie ter beschikking komt, moeten deze makkelijk aan te passen zijn. Oorsprong en referenties waarmee ze werden opgesteld zijn daarbij essentieel om hydrogeologisch verantwoorde keuzes te maken;
- Aanduiding van onzekerheid: sommige HCOV-eenheden zijn goed beschreven. Voor andere bestaat tegenstrijdige literatuur, weer andere zijn dan weer slechts deels beschreven. Samen met een aanduiding van de oorsprong van de voorkomingsgrenzen verhoogt de kwaliteit als de per 'lijnstuk' van de voorkomingsgrens de 'onzekerheid' of 'kwaliteit' is aangeduid.

Dit project had tot doel om de voorkomingsgrenzen op te stellen als deel van de Databank Ondergrond Vlaanderen (DOV). De voorkomingsgrenzen moesten een beeld scheppen van het voorkomen van elke HCOV-eenheid. Het is niet tot doel geweest om de voorkomingsgrenzen te kunnen gebruiken als 'mask' bij de interpolaties, d.i. de zone waarbinnen numerische berekeningen moeten uitgevoerd worden. Daarom is ervoor gekozen om de hiërarchie binnen de voorkomingsgrenzen meer prioritair te maken dan de aanpasbaarheid of de aanduiding van de onzekerheid. Bijgevolg zijn de voorkomingsgrenzen, zoals voorgesteld in paragraaf 5.5, verschillend van de 0-isopachen.

Een ander doel was ook de literatuur met voorkomingsgrenzen te inventariseren. Hieraan is dan ook voldaan. De aanduiding van de onzekerheid (criterium 4) was echter niet mogelijk binnen het tijdsbestek van het project. Een voorstel is om binnen de GIS-bestanden in de attribuuftabellen een extra kolom toe te voegen waar per lijnstuk, of groep van lijnstukken, een referentie kan opgenomen worden. Een verdergezette gedetailleerde studie, vnl. voor de basiseenheden, is hiervoor nodig. Verder is het nodig de correlatietabellen tussen de Belgische HCOV-codering en het Franse en Nederlandse classificatiesysteem te verbeteren.

De voorkomingsgrenzen, opgeleverd in dit project, zijn te gebruiken om het voorkomen van een bepaalde HCOV-eenheid in Vlaanderen na te gaan. Deze voorkomingsgrenzen vormen deel van een eerste globale hydrogeologische schematisering van de ondergrond in Vlaanderen. Zij kunnen enkel gebruikt worden in numerieke modellen of in GIS, mits het vooraf kritisch analyseren van de gegevens.

Gezien de grote onzekerheid en het gebrek aan informatie zijn sommige voorkomingsgrenzen of delen ervan arbitrair opgesteld of het resultaat van de verticale modellering die uitgevoerd is in deeltaak 4. Voor andere HCOV-eenheden is geen voorkomingsgrens opgeleverd. Toch een voorkomingsgrens opleveren zou geen hydrogeologische waarde hebben. Hierdoor zijn voorkomingsgrenzen in sommige deelgebieden wel opgeleverd en in andere niet, ondanks het voorkomen van die HCOV-eenheid. Binnen het tijdsbestek van dit project was het niet mogelijk de resterende voorkomingsgrenzen op te stellen. Hier is gekozen om enkel de resultaten van de deelgebieden op te leveren.

## **6. Deeltaak 3: Opstellen van een grondparameterbestand**

### **6.1 Doelstelling**

De doelstelling van deeltaak 3 is het inventariseren van de beschikbare grondparameters. Hoofdzakelijk is de hydraulische geleidbaarheid geïnventariseerd, maar daarnaast zijn ook waarden voor de porositeit, de transmissiviteit en de bergingscoëfficiënt verzameld.

### **6.2 Werkwijze**

Een literatuurstudie is uitgevoerd en de mogelijke eigenaars van meetgegevens over deze grondparameters zijn aangeschreven (zelfde contacten als beschreven in paragraaf 4.3). Belangrijk hierbij is dat een losstaande waarde voor een bepaalde parameter op zich weinig betekenis heeft. Deze waarde is immers sterk afhankelijk van de plaats, de diepte van de filter, de meetmethode, de berekening en de interpretatie.

Daarom moet voldoende meta-informatie beschikbaar zijn. Naast de waarde van de parameter zijn daarom door de onderaannemers zoveel mogelijke gegevens over de gegevens, verzameld. Indien een boorbeschrijving beschikbaar is, is deze ook toegevoegd, aan de databank van deeltaak 1.

Volgende meta-data zijn verzameld:

- Lambert-coördinaten (XY, in m);
- Diepte-interval (waarover de parameter gemeten is, van-tot, in m);
- Hydrogeologische laag (HCOV-code);
- Lithologie (bijv. fijn zand, zandsteen, krijt, ...);
- Type grondparameter (bv. geleidbaarheid, porositeit, bergingscoëfficiënt, ...);
- Type proef (bijv. pompproef, recovery test, ...);
- Interpretatiemethode (bijv. invers model, Theis, ...);
- Bron (referenties, artikels, studies, ...) met inbegrip van het volgnummer van de eigenaar;
- Betrouwbaarheid (goed, matig, twijfelachtig, slecht).

### 6.3 Gebruikte bronnen

Via de coördinator zijn parameters verkregen bij BGD, PIDPA, VMW en IWVA. Voor de metagegevens zijn de uitvoerders zelf verantwoordelijk. Andere waarden verzamelden de uitvoerders o.a. uit wetenschappelijke publicaties, toelichtingen bij de geologische kaart van België, Milieu- effectrapporten (MER) en studies uitgevoerd door studiebureaus, in opdracht van overheidsinstellingen, of studies van drinkwatermaatschappijen.

### 6.4 Inventaris van Grondparameters: Resultaten

**Tabel 8 Aantal opgeleverde grondparameters per deelgebied**

deelgebied totaal		Kh	Kv	T	n	S	Ss	c	anisotropie
		(m/d)	(m/d)	(m <sup>2</sup> /d)	(%)	(-)	(mm)	(d/m)	
1	65	49	12	20	3	23	0	5	0
2	23	17	5	14	0	11	0	9	0
3	23	16	5	20	0	8	0	0	0
4	49	45	0	39	0	18	0	6	0
5	52	45	5	41	9	15	0	0	0
6	63	51	0	63	0	23	0	0	0
7	27	17	6	4	0	14	0	2	2
8	68	56	9	43	8	0	44	25	2
9	40	26	13	15	0	6	10	0	0
totaal	410	322	55	259	20	118	54	47	4

Hierbij is:

Kh	horizontale hydraulische geleidbaarheid	(m/d)
Kv	verticale hydraulische geleidbaarheid	(m/d)
T	transmissiviteit = K*D	(m <sup>2</sup> /d)
n	porositeit	(%)
S	bergingscoëfficiënt	(-)
Ss	specifieke berging	(mm)
c	hydraulische weerstand	(d/m)

Voor meer details betreffende de individuele parameters wordt verwezen naar de respectievelijke eindrapporten van de verschillende deelgebieden.

## **7. Deeltaak 4: Verticaal afbakenen van de modellagen (basis en dikte)**

### **7.1 Doelstelling**

De opdracht was het verticaal afbakenen van de basis en de dikte van de voornaamste HCOV-eenheden in een GIS. Digitale GIS-kaarten dienden opgesteld te worden op basis van 'grids' opgebouwd uit cellen van 100 bij 100 meter.

### **7.2 Algemene werkwijze voor verticale afbakening van de modellagen**

#### **7.2.1 Integreren van gegevens in één GIS-dataset**

De gevolgde werkwijze kan afwijkend zijn per uitvoerder, maar globaal zijn de gevolgde werkwijzen toch overeenkomstig. Als basisgegevens gebruikten de uitvoerders de geselecteerde boringen en beschikbare kaarten en literatuur. Meer specifiek zijn volgende basisgegevens en hun afgeleide producten gebruikt:

- Boringen uit deeltaak 1 waarbij dieptes en diktes van de verschillende eenheden is aangegeven;
- Voorkomingsgrenzen uit deeltaak 2;
- Dagzoom- en subcropgrenzen van de eenheden van de geologische kaart;
- Isohyps- en isopachenkaarten van de geologische kaart;
- Profielen van de geologische kaart;
- Voorkomingsgrenzen, isohypsen (isolijnen van gelijke diepte) en isopachen (isolijnen van gelijke dikte) uit de literatuur;
- Maaiveld-DEM (topografiebestand van deeltaak 5).

Naast de basisgegevens zijn voor digitale verwerking ook afgeleide gegevens gebruikt:

- Interpolatie van de dieptes / diktes van de lagen die voorkomen in de boringen;
- Dieptes onder subcrop (of dagzoom) bepaald door snijding van subcropgrenzen met isohypsen van de basis van het Quartair (of de Top van het Tertiair);
- Gevectoriseerde isohypsen / isopachen / voorkomingsgrenzen van de geologische kaart en uit literatuur;
- Uitsnijdingen / dikten bepaald met digitale terreinmodellering.

Het belang dat iedere uitvoerder hecht aan elk van deze gegevens verschilt. Bij Haskoning bijvoorbeeld zijn de boringen meer prioritair dan de geologische kaarten, want boringen geven de realiteit weer, terwijl kaarten afgeleide informatie bevat. Bij Haecon, Ecolas, GSC is de geologische kaart meer prioritair, daar ze gebaseerd is op meer boringen dan er in de gegevensbank van deeltaak 1 zitten.

Ook de manier waarop de afgeleide gegevens bepaald zijn, verschilt. Uitgaande van een puntenbestand van boringen, interpoleert Haecon de diepte en dikten van de lagen die voorkomen in deze boringen door 'triangulatie'. Haskoning en Ecolas-GSC gebruiken 'Kriging' op een puntenbestand. Bij Haskoning bestaat dit puntenbestand uit de boringen. In het breukengebied zijn extra manueel ingebrachte punten toegevoegd. Het puntenbestand bij Ecolas-GSC omvat naast de boringen ook punten die op regelmatige afstand zijn uitgezet op de contourlijnen en flexuren (ruggen en/of vallei-assen). Ecolas-GSC stelt hiermee de topografische variabiliteit maximaal te behouden en afvlakking te minimaliseren.

Verder voert Haskoning en Haecon een controle uit op de boorpunten gebaseerd op een 'ruwe' interpolatie volgens de bovenstaande methodes. Hiermee zijn in eerste plaats de 'bull's eyes' of anomalieën op te sporen. Boorpunten die bijvoorbeeld een veel hogere basis blijken te hebben dan de nabijgelegen boorpunten of verkeerdelijk ingevoerde HCOV-interpretaties. Ook stelt Haecon, is het mogelijk om op basis van de beschikbare literatuur na te gaan of de vastgestelde variatie mogelijk is of niet. Ecolas-GSC daarentegen plaats een georeferereerd vectorbestand van de beschikbare isohypsenkaarten als achtergrond bij het puntenbestand van de boringen. Hierop is nagegaan of de puntenbestanden in overeenstemming zijn met de bestaande isohypsenkaarten. De methode van controleren verschilt wel. Elke uitvoerder gaat wel na of de HCOV-codering en diepte en dikte van de boorpunten juist is of niet. Zo nodig is ofwel de HCOV-codering aangepast ofwel de isohypsen aangepast.

Om de basis en dikte van een HCOV-eenheid op representatieve wijze te kunnen karteren, kunnen niet alle dikteveranderingen worden opgenomen in de modellaag. In werkelijkheid is bv. de top van de Sokkel veel grilliger dan gekarteerd is in de modellaag.



### 7.2.2 *Van isolijnen op kaart naar een grid van de basis en dikte*

Een andere gelijkens tussen de werkwijzen van de uitvoerders is de algemene werkwijze om de bestaande isohypsen- of isopachenkaarten te vectoriseren. Eerst zijn ze ingescand tot een gegeoreferencieerd raster. Dit is vervolgens gevectoriseerd tot isolijnen en omgezet naar een grid. Met een 'raster' wordt een figuur bedoeld die is opgebouwd uit pixels. Aan deze pixels hangt enkel een kleurwaarde vast. Ze hebben op zich geen x, y of z-waarde en ze bezitten geen vectoriële informatie. Met een raster kan men geen rekenkundige bewerkingen uitvoeren. Een 'grid' is een puntenverdeling, waarbij de punten op een regelmatige afstand van elkaar gelegen zijn. Elke punt heeft een x, y en z coördinaat. Hiermee kunnen dan ook rekenkundige bewerkingen uitgevoerd worden.

### 7.2.3 *Isopachenkaart (dikte): afgeleid van de isohypsenkaart (basis) of andersom?*

Om consistentie tussen de modellen van de dikte en de basis te verzekeren, is er niet voor gekozen om afzonderlijk de isohypsenkaart en de isopachenkaart om te zetten naar een grid van respectievelijk de basis en de dikte van die HCOV-eenheid. Wel is de dikte van een eenheid bepaald als het verschil tussen zijn top en basis of vice versa.

Welke van deze opties gekozen is, verschilt per uitvoerder. Schematisch kunnen deze twee werkwijzen beschreven worden als volgt:

- **Eerst isohypsen, dan isopachen:** de isohypsen worden gevectoriseerd en omgezet naar grids. De laagdiktes worden bepaald als het verschil tussen de top en de basis van de laag. De top wordt vervolgens gelijk gesteld aan de basis van de eenheid die er bovenop ligt. Om deze rekenkundige berekeningen uit te voeren zijn grids nodig.

Schema:

Isohypsen → vectoriseren → omzetten naar dieptegrid → verschil tussen grids = diktegrid  
→ omzetten van diktegrid naar isopachen

Gebruikt bij:

- Tertiair en ouder: alle deelgebieden
- Quartair, op Vlaamse kaartbladen: deelgebieden 1, 5, 6 en 7

- **Eerst isopachen, dan isohypsen:** de isopachen worden gevectoriseerd en omgezet naar grids. De isohypsen worden vervolgens berekend door de diktes van een eenheid opeenvolgens af te trekken van de basis van het Quartair. Gezien deze gelijk is aan de top van het Tertiair, kan de beschikbare GIS-data over de top van het Tertiair hiervoor gebruikt worden. Indien de basis van het Quartair niet digitaal beschikbaar is, kan die bepaald worden als het verschil tussen het maaiveld-DEM en de dikte van het Quartair. Gezien de complexe relatie tussen de topografie en de basis van het Quartair, levert het gebruik van de dikte hier meer accurate resultaten op. Indien de basis van het Quartair digitaal beschikbaar was, is die gebruikt. De dikte van het Quartair is hiervan afgeleid.

Schema:

Isopachen Quartair → vectoriseren → omzetten naar diktegrid → bepalen van basis Quartair → opstellen grids van de basis van de andere eenheden → omzetten van grids van de basis naar isohypsen

Gebruikt bij:

- Quartair: bij alle deelgebieden (behalve Vlaamse kaartbladen in deelgebieden 1, 5, 6 en 7)

#### 7.2.4 *Verdeelschema voor de subeenheden van de Quartaire Aquifersystemen*

De Quartaire Aquifersystemen zijn zeer complex. Om hiaten en overlappingen in de interpretaties van de HCOV-codes te voorkomen, is in onderling overleg onderstaand schema bekomen, voor meer details wordt verwezen naar de respectievelijke eindrapporten van de verschillende deelgebieden.

De Ophogingen (HCOV 0110) werden enkel gekarteerd in deelgebied 1. Het betreft hoofdzakelijk het Antwerps havengebied. De dikte is bepaald als het verschil tussen de maaiveldhoogte en het oorspronkelijke polderniveau.

Ook de Duinen (HCOV 0120) werden slechts in enkele deelgebieden gekarteerd. Dit gebeurde voornamelijk op basis van interpolatie van gegevens uit deeltaak 1. Dit leverde echter zelden bruikbare resultaten op. Voor meer details wordt naar de eindrapporten van de deelgebieden verwezen.

De dikte van de Alluviale deklagen (HCOV 0140) is arbitrair vastgelegd. De HCOV 0140 krijgt binnen zijn voorkomingsgrenzen een dikte van 4 meter toegewezen of daar waar de Quartaire Aquifersystemen minder dan 4 meter dik zijn, wordt de dikte van de Alluviale deklagen gelijkgesteld aan deze van de Quartaire Aquifersystemen.

De top van de Pleistocene afzettingen (HCOV 0160) is bepaald als het laagste punt van de dwarssectie van de valleien (thalweg). Gezien de Alluviale deklagen (HCOV 0140) en de Deklagen (HCOV 0150) slechts enkele meters dik zijn en deze (holocene) afzettingen meestal lateraal liggen van de Pleistocene afzettingen is dit een redelijke aanname. De top van de Pleistocene afzettingen is geïnterpoleerd tussen de verschillende rivier- en beekdalen. Hierbij is aangenomen dat punten op eenzelfde peil boven de erosiebasis een gelijkaardig erosie/sedimentatieregime kennen. Waar de HCOV 0140 voorkomt, wordt de dikte ervan van de top van de HCOV 0160 afgetrokken.

De basis van de Deklagen (HCOV 0150) is bepaald als het maximum van de top van het Tertiair en de top van de Pleistocene afzettingen (HCOV 0160). De dikte van HCOV 0150 werd bepaald als DTM verminderd met het maximum van de top van het Tertiair en de top van de HCOV 0160. Daarvan werd nog de dikte van HCOV 0140 afgetrokken.

<b>HCOV</b>	<b>Benaming</b>	<b>Voorkomen</b>	<b>Dikte</b>
0140	Alluviale dekklagen	Afbakening volgens "alluvions modernes" van de oude geologische kaart	4 meter of de totale dikte van het Quartair indien kleiner dan 4 meter
0150	Dekklagen	Alles wat niet tot HCOV 0140 of HCOV 0130 behoort, indeling naar zand/zandleem/leem volgens kaart van Maréchal (1992)	DEM - Maximum (top Tertiair, top HCOV 0160) – dikte HCOV 0140
0162	Pleistoceen van de Vlaamse Vallei	Afbakening volgens Maréchal (1992)	dikte van het pleistoceen wordt afgeleid uit de boorbeschrijvingen (top pleistoceen - top Tertiair), dikte van 0140 = DEM -top pleistoceen)
0163	Pleistoceen van de riviervalleien	Afbakening volgens "alluvions modernes" van de oude geologische kaart, maar daarenboven ook voorkomend op de kaart van Maréchal (1992) (code 8 en code 16). De voorkomingsgrens in de richting loodrecht op de rivier (de breedte van de afzetting) wordt dus bepaald door de oude geologische kaart. De grens van het stuk van de rivier waarlangs de afzetting voorkomt wordt bepaald door waar Maréchal (1992) zijn grens getrokken heeft.	<b>Optie 1</b> : Bovenloop van de rivieren (zoals Winge, Velpe, Weesbeek, ...) : (HCOV 0140) is overal 4 meter, Pleistoceen : onder 4 meter tot aan de top van het Tertiair. (opmerking indien het holoceen duidelijk meer dan 4 meter dik is kan hiervan afgeweken worden) <b>optie 2</b> : Benedenloop of "hoofdloop" van de rivieren (Dender, Demer, Zenne,...) : dikte van het pleistoceen wordt afgeleid uit de boorbeschrijvingen (top pleistoceen - top Tertiair), dikte van (0140) = top maaiveld – top pleistoceen)

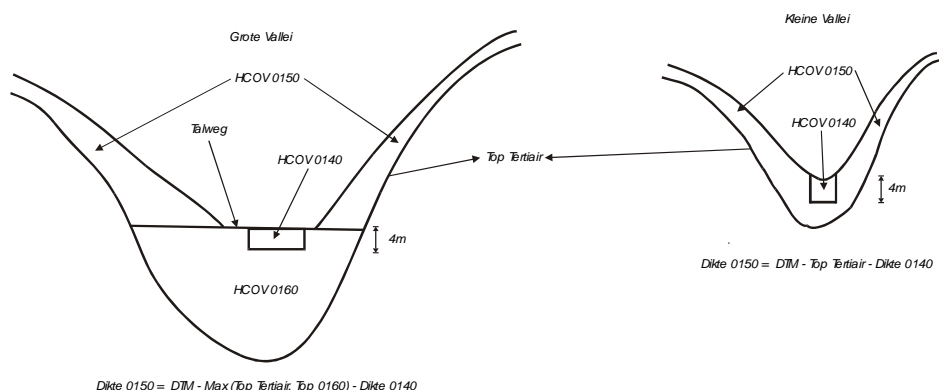
Schematisch kan het verdeelschema gezien worden als:

Dikte (HCOV 0100) = DEM - top Tertiair;

Dikte (HCOV 0140) = 4 meter of indien < 4 meter = dikte Quartair;

Dikte (HCOV 0150) = DEM - Maximum (top Tertiair, top HCOV 0160) - dikte HCOV 0140;

Dikte (HCOV 0160) = top HCOV 0160 - top Tertiair.



### **7.3 Werkwijze voor de verticale afbakening per deelgebied**

De werkwijzen zijn overgenomen uit de eindrapporten. De HCOV-eenheden waarvoor onvoldoende informatie beschikbaar is, zijn reeds beschreven bij het opstellen van de voorkomingsgrenzen (hoofdstuk 5).

#### *7.3.1 Methode gebruikt voor deelgebied 5*

##### *7.3.1.1 3-D polylines verminderen afvlakking door interpolatie*

Voor de Tertiaire lagen is gestart met de gevectoriseerde isohypsen (2-D polylines) en beschikbare boorpunten. Om flexuren, dit zijn ruggen en/of assen in het basisvlak van een eenheid, beter te kunnen modelleren zijn 3-D polylines aangebracht. Dit zijn lijnen die manueel zijn aangebracht in de assen van flexuren. Elk punt van deze lijnen heeft een andere z-waarde. Het gebruik van deze 3-D lijnen voorkomt afvlakkingen in het model.

Ook de omzettingen van lijnstukken naar knooppunten, of vertices, veroorzaakt afvlakking. Het is klassiek dat op de lange rechte stukken van een kromme slechts enkele vertices voorkomen en op plaatsen waar de grootste kromming zich voordoet, op korte afstand veel vertices aanwezig zijn. Dit heeft voor gevolg dat er langs de rechte stukken eigenlijk een tekort aan gegevens is en ter hoogte van de kromming meestal een teveel aan gegevens. Hoe langer nu de lijnstukken des te groter de afvlakkingen die gebeuren tijdens het interpoleren.

Door de isolijnen en 3-D polylines op regelmatige afstand te voorzien van punten voorkomt deze uitvoerder een tweede oorzaak van afvlakking. Een afstand rond 130m blijkt in deelgebied 5 de beste resultaten te geven.

##### *7.3.1.2 Quartair: diktes bewaren complexe relatie met topografie beter*

Voor de verticale afbakening van de Quartaire Aquifersystemen (HCOV 0100) is uitgegaan van de dikte van het Quartair. Om de complexe relatie tussen de basis van het Quartair en de topografie te behouden, is de uitvoerder uitgegaan van de diktes van het Quartair.

Voor het deel van Wallonië en Nederland gelegen binnen deelgebied 5 zijn de isopachen, bij gebrek aan beschikbare isopachenkaarten, enkel op basis van de boringen uit deeltaak 1 aangemaakt.

##### *7.3.1.3 Van een onregelmatig lijn- en puntenmodel naar een grid-model*

Met behulp van de Kriging techniek werd uit de bekomen puntenset het diepte-gridmodel van de verschillende HCOV-eenheden aangemaakt. Kriging wordt hier niet in de klassieke manier gebruikt, niet om uitgaande van een beperkt aantal “random” verspreide punten een model van een basisvlak op te stellen. De techniek wordt hier gebruikt om, uitgaande van een bestaand onregelmatig lijnen- en puntenmodel naar een grid-model over te gaan.

#### 7.3.1.4 *Alternatieve diepte-modellen: een technische ingreep*

Voor het bepalen van de voorkomingsgrenzen en het dikte-model van de verschillende HCOV-eenheden<sup>9</sup> werd er, naast het gewone diepte-model, ook gebruik gemaakt van alternatieve dieptemodellen. Dit zijn modellen met lokaal een te hoge of te lage basis, met als doel het simuleren van een snijding met de onder- of bovenliggende eenheden. Door snijding van twee lagen te forceren worden eenduidige voorkomingsgrenzen of 0-diktelijnen bekomen. Om bij deze bewerking een werkelijke snijding tussen de grids te bekomen, werden voor de oudere eenheden in het grid de bestaande trend van het basisvlak binnen de dagzoomgrenzen, buiten de dagzoomgrenzen doorgezet. Dit is louter een technische aangelegenheid om de voornoemde snijding, zijnde de 0-contour van het nieuw bekomen grid, mogelijk te maken. Iets gelijkaardigs wordt gedaan met de insnijdende of uitstekende eenheden, zoals bv. Zand van Brussel (HCOV 0620) en de Sokkel (HCOV 1300). Deze alternatieve grids hebben enkel tot doel een éénduidige voorkomingsgrens te bekomen en worden dus enkel als tussenstadium gebruikt. Verder zijn ze nuttig voor het bepalen van de dikte van een eenheid en vooral voor de 0-diktelijs met zijn onmiddellijke omgeving.

Voor het Krijt Aquifersysteem (HCOV 1100) onmiddellijk op de Sokkel (HCOV 1300) kan gesteld worden dat de zone, waarover het Zand van Brussel (HCOV 0620) en de Sokkel eenzelfde grid of dezelfde isohypsen hebben, de zone van niet voorkomen is. De grens van deze zone is dus de subcropgrens of de 0-diktelijs van het Krijt Aquifersysteem (HCOV 1100). Willen we deze grens effectief bepalen dan moeten we de grens van de zone bepalen waarover het Zand van Brussel en de Sokkel elkaar raken. Dit betekent logischerwijs dat het rekenkundig verschil van het grid van het Zand van Brussel en het grid van de Sokkel op die plaats in "0" moet resulteren. De zone waar het nieuwe grid een 0-waarde heeft is bijgevolg de zone van niet voorkomen van het Krijt Aquifersysteem. Dit is ook effectief zo, maar de meeste software is niet in staat hiervoor de 0-contour te tekenen. Een 0-0 contour kan enkel getekend worden wanneer er waarden groter EN kleiner dan "0" aanwezig zijn. Hoe wordt dit nu opgelost. Voor het Zand van Brussel wordt een grid gemaakt dat ter hoogte van de raakzone met de Sokkel, iets dieper is dan in werkelijkheid. Omgekeerd kan natuurlijk ook het grid van de Sokkel plaatselijk iets opgehoogd worden.

---

<sup>9</sup> Een alternatief dieptemodel is opgesteld voor de Alluviale deklagen (HCOV 0140), Pleistocene afzettingen (HCOV 0160), Maas- en Rijnafzettingen (HCOV 0170), Oligoceen Aquifersysteem (HCOV 0400), Ledo-Paniseliaan-Brusseliaan Aquifersysteem (HCOV 0600), Paleoceen Aquifersysteem (HCOV 1000), Heersiaan en Opglabbeek Aquifersysteem (HCOV 1030), Krijt Aquifer (HCOV 1110) en Afzettingen van Vaals (Smectiet van Herve) (HCOV 1120)

Wordt nu opnieuw het voorgaande rekenkundige verschil van de twee grids gemaakt dan verkrijgen we zowel positieve als negatieve waarden en kan de 0-contour wel getekend worden. Er is in dit geval dus een snijding van beide eenheden gesimuleerd. Zoals reeds gezegd gaat het hier enkel om een louter technische aangelegenheid om bepaalde grenzen, zones of lijnen éénduidig te kunnen voorstellen.

### 7.3.2 *Methode gebruikt voor deelgebieden 1, 6 en 7*

De werkwijze is gebaseerd op deze voor het opstellen van gebalanceerde dwarsprofielen in de structurele geologie (Adams en Vandenberghe 1999, Adams 1994). Uitgaande van, in kwaliteit of kwantiteit, beperkte gegevens wordt een zo reëel mogelijk model van de ondergrond opgebouwd. Startend van een basisprincipe zijn systematisch interpretatie-technieken gebruikt, verbeterd en toegevoegd om te komen tot een algemeen werkschema. Dit basisprincipe stelt dat de unie van de diktes van de onderscheiden lagen van een lagenpakket gelijk is aan de totale dikte van het lagenpakket.

#### 7.3.2.1 *Opbouw van de modellagen*

Om de consistentie in de dikte maximaal na te streven, heeft Haecon zich gebaseerd op de isohypsen van de basis uit het Tertiair of ouder. De dikte van een hoofdeenheid is vervolgens bepaald als het verschil tussen de top en zijn basis. Eens de dikte en de basis van alle hoofdeenheden zijn bepaald, wordt vervolgens de dikte van de subeenheden bepaald op basis van een percentage van de dikte van de hoofdeenheid. Die dikteverdelingspercentages zijn bepaald in de boringen. Deze werkwijze garandeert de verdeling van de volledige dikte. Indien een laag niet voorkomt is zijn procentueel aandeel 0%. Bovendien vermijd je hiermee het kruisen van de basis van de subeenheden. Een kleine fout op de soms geringe dikte van subeenheden, kan immers leiden tot een andere positie t.o.v. de onder- of bovenliggende lagen.

Om de Quartaire Aquifersystemen (HCOV 0100) te karteren, is voor de kaartbladen uit Vlaanderen, gestart van de isohypsenkaart van de basis van het Quartair, zoals bijgevoegd bij de nieuwe geologische kaart. De dikte van het Quartair kon afgeleid worden uit het verschil van het maaiveld-DEM en de top van het Tertiair.

De Quartair geologische kaart voor Wallonië is gebruikt daar waar ze digitaal beschikbaar is. Elders zijn de contouren en de representatieve quartaire diktes van de “alluvions modernes” van de oude geologische kaart overgetekend, ingescand en gevectoriseerd. Die zijn dan samen met de gegevens van de boringen uit deeltaak 1 en de voorkomingsgrenzen uit deeltaak 2 verwerkt.

Op basis van de interpolatie van de diktes verkregen uit de boringen uit deeltaak 1 van de Deklagen en de diktes van het leemdek overgenomen van de oude geologische kaarten (deze diktes komen goed overeen met de geïnterpoleerde diktes) zijn de 2, 5 en 10 meter isopachen getekend voor de deklagen. Daarop zijn de isopachen van de deklagen gedigitaliseerd en geïnterpoleerd. Tenslotte zijn de deklagen en de alluvia gecombineerd waarbij de hoogste waarde als dikte van het Quartair is weerhouden. Om de isohypsen van de basis van het Quartair te bekomen is vervolgens het verschil gemaakt tussen het maaiveld-DEM en de eerder bepaalde dikte van het Quartair.

De zo bekomen isohypsen voor Vlaanderen en Wallonië zijn samen afgedrukt waarna gelijke isohypsen handmatig zijn aaneengesloten. Vervolgens zijn die isohypsen ingescand, gevectoriseerd en omgezet naar gridformaat.

#### *7.3.2.2 Omzetting van isolijnen naar grids via TINs*

Om de geologische interpretatie te respecteren, opteert Haecon ervoor om een TIN-model (Triangulated Irregular Network) op te bouwen. Deze werkwijze heeft als voordeel dat de getekende isolijnen of de interpretatie gerespecteerd blijven. Verder wordt, tussen elke vertex van de bepaalde TIN-driehoeken, het model bepaald door lineaire interpolatie.

Deze werkwijze heeft echter als nadeel dat ze leidt tot afvlakking van de heuvelruggen en dalbodems, toppen en kommen. Dit probleem is echter opgevangen door de hoekpunten van de TIN-driehoeken te plaatsen op een plaatselijk berekende kubische polynoom. Dit betekent dat in situaties met morfologisch bepaalde dikteveranderingen (geulen, ruggen e.d.) een aslijn berekend wordt.

#### *7.3.3 Methode gebruikt voor deelgebieden 2, 3, 4, 8 en 9*

Als basis voor het opmaken van de isohypsen- en isopachenkaarten van de HCOV-eenheden heeft Haskoning voornamelijk gebruik gemaakt van de interpretaties van de boringen in de gegevensbank uit deeltaak 1. Om anomalieën in de boringen te verwijderen is met Kriging een eerste ruwe interpolatie uitgevoerd. Boorpunten die veel hogere basis voor een bepaalde eenheid blijken te hebben dan de boorpunten in de buurt, verkeerdelijk ingevoerde interpretaties van de HCOV-code enzovoort zijn verwijderd.



Na het uitzetten van een regelmatig grid met kriging zijn op sommige plaatsen geen waarnemingspunten meer aanwezig doordat de laag niet voorkomt of niet meer aangeboord is (te diep). In deze zones wordt een extrapolatie gedaan van de gegevens, ervan uitgaand dat het ruimtelijk verband, komende uit het variogram, nog steeds geldig is voor deze zone. Door het toevoegen van imaginaire boorpunten, op basis van een geologische inschatting, werd het interpoleren in zones zonder gegevens verbeterd. Zo worden afwijkingen eigen aan de interpolatie vermeden.

#### 7.3.3.1 *Quartaire lagen snijden in Tertiair*

Initieel zijn isohypsenkaarten gemaakt van de basis van de voornaamste HCOV-eenheden. Bij de definitieve opmaak van de isohypsenkaarten is rekening gehouden met de insnijding van het Quartair in de bovenste lagen van het Tertiair. Verder zijn sommige lagen ook ingesneden door bovenliggende Tertiaire lagen. In extreme gevallen verdwijnt de laag zelfs. Daarom werd bij elke laag ook rekening gehouden met de isohypsenkaart van de bovenliggende laag. Ten slotte werden de isopachenkaarten gemaakt door isohypsen van twee lagen van elkaar af te trekken.

#### 7.3.3.2 *Modellagen van de Quartaire Aquifersystemen: een blokkendoos*

De quartaire afzettingen worden meer gekarakteriseerd door hun dikte dan door het peil van hun basis. Daarom werd de dikte van de lagen met behulp van de standaard Kriging methode geïnterpoleerd en op de voorkomingsgrens geknipt. Deze methodiek vormt dus per laag een uit blokjes samengestelde balk, die beperkt is tot zijn voorkomingsgrens. De dikte van deze balk heeft een reële dikte op de plaats van de boringen voor de beschouwde eenheid.

Deze methode is niet gebruikt voor de Pleistocene afzettingen (HCOV 0160). Bij deze subeenheid werd de top geïnterpoleerd tot een vlak dat werd vergeleken met de basis van het Quartair. Door deze methodiek toe te passen, kan men in het heuvelachtig gebied de pleistocene valleien afbakenen en wordt er meteen een dikte aan de HCOV 0160 toegekend. Waar de HCOV 0160 de Maas- en Rijnafzettingen (HCOV 0170) zou overlappen, werd de grens van de HCOV 0160 afgeknipt op de voorkomingsgrens van de HCOV 0170. Bij de Maas- en Rijnafzettingen werd de dikte wel geïnterpoleerd.

Vervolgens is gekeken naar het onderlinge, geologische verband tussen de verschillende eenheden van de Quartaire Aquifersystemen (HCOV 0100). Zo komen de basiseenheden van de Polderafzettingen (HCOV 0130), dit zijn Kleiige polderafzettingen van de Kustvlakte (HCOV 0131), Kleiige polderafzettingen van het Meetjesland (HCOV 0132), Kleiige polderafzettingen van Waasland-Antwerpen (HCOV 0133), naast elkaar voor terwijl deze samen bovenop de Veen-kleiige poelgronden (HCOV 0135) kunnen voorkomen. Het opbouwen van het Quartair boven het Pleistoceen kan bijgevolg worden voorgesteld als het op elkaar zetten van blokken uit een blokkendoos. Voor de interpolatie van de Duinen (HCOV 0120) werd gebruik gemaakt van de voorkomingsgrens (deeltaak 2) en de basis van de boringen uit deeltaak 1. De Alluviale deklagen (HCOV 0140) werden geïnterpoleerd in hun voorkomingsgebied (deeltaak 2) aan de hand van dikte in de verschillende valleien. De Deklagen (HCOV 0150) zijn uiteindelijk als laatste, als resteenheid, bepaald. Vermits de totale dikte van de Quartaire Aquifersystemen gelijk moet zijn aan de som van de diktes van zijn subeenheden is de resterende dikte toegekend aan de deklagen.

Indien de som van de diktes van de eenheden groter was dan de totale dikte zijn de sub- en basiseenheden verhoudingsgewijs aangepast door de uitvoerder. Hierbij is voorkeur gegeven aan de consistente opbouw van het model. Voor eenheden waar de dikte onzeker is, kan deze methode gerechtvaardigd worden. Indien echter accurate modellagen verhoudingsgewijs zijn aangepast, waren de originele modellagen kwalitatief beter. Het rapport van de uitvoerder doet hier echter geen uitspraken over.

#### 7.3.3.3 *Een model voor breuken*

Het oosten van het studiegebied wordt gekenmerkt door het voorkomen van breuken. De meeste bekende is de Feldbissbreuk. Hierdoor vormen de watervoerende en -scheidende pakketten geen continue eenheden meer, maar vertonen ze sprongen in zowel de basis als de dikte.

Het opstellen van de GIS-kaarten voor het breukengebied vereist dan ook een andere aanpak. In een eerste fase zijn de lagen van het breukengebied volledig handmatig geïnterpreteerd en uitgekarteerd. Vervolgens zijn deze kaarten gedigitaliseerd en omgezet naar een puntenbestand.

In een tweede fase is het gebied opgedeeld in 'zones' aan de hand van de voorkomende breuken. Aan elke zone zijn, naargelang de grootte van de zone, één of meerdere 'centrumpunten' toegevoegd. In de gebiedjes waar meerdere centrumpunten toegekend werden, wordt aan elk gedigitaliseerd punt het dichtstbijzijnde centrumpunt gekoppeld. Aan elk centrumpunt is een variogram toegekend. Via Kriging zijn dan alle zones geïnterpoleerd.

#### ***7.4 Basis Quartaire Aquifersystemen (HCOV 0100) verschillend van Top Tertiair***

De top van het Tertiair, opgesteld bij de nieuwe geologische kartering van het Vlaams Gewest, bevat fouten. Volgens het eindrapport van deelgebied 5 ligt de basis van het Quartair, berekend met de top van het Tertiair, een paar meter hoger dan de berekende basis van het Quartair (= DEM – dikte Quartair). Lokaal ligt de basis van de Quartaire Aquifersystemen (HCOV 0100) hoger dan het maaiveld. De fouten zijn het gevolg van de gebruikte werkwijze en de toenmalige, minder sterke, computertechnologie. In het eindrapport van deelgebied 5 is dit uitvoerig beschreven.

Vermits deze kaarten destijds met de hand zijn ingetekend en vervolgens gedigitaliseerd, zijn de fouten het grootst waar het reliëf het sterkst is. Daar liggen de hoogtelijnen immers dicht bij elkaar. Ook is de variabiliteit er groter. Om de leesbaarheid van de kaart op die plaatsen te verbeteren zijn immers een aantal hoogtelijnen weggelaten. Kleine manuele fouten worden daardoor uitvergroet. De grootte van de fouten in het overlappende gebied blijft beperkt tot een maximum van 6 meter. Op het kaartblad 24 (Aarschot) kan de fout tot 15 meter oplopen.

Ecolas-GSC stelt dat de fouten weldegelijk in het ANRE-bestand zitten. Immers, waar in het overlappende gebied geen ANRE-gegevens bestaan (nl. in het Waals Gewest), vertoont de voor beide deelgebieden aangemaakte basis van de Quartaire Aquifersystemen (HCOV 0100) die fouten niet. Ecolas-GSC wijst er wel op dat de nieuwe geologische kaarten van het Vlaams Gewest gemaakt zijn om als een op 1/50.000 gedrukt eindproduct gebruikt te worden en geenszins als een digitaal precisie document.

#### ***7.5 Aanpassingen van de modellagen door de uitvoerders vóór aansluiting***

De modellagen per deelgebied zijn onafhankelijk van elkaar aangemaakt aan de hand van verschillende methoden en basisgegevens. Gezien deze werkwijze niet resulteert in een vloeiende overgang van de modellagen naar de aangrenzende deelgebieden, is de basis ervan per deelgebied door de uitvoerders, in onderling overleg, aangepast. Gezien de modellagen van deelgebieden 2, 3 en 4 laattijdig zijn opgeleverd, was het niet mogelijk om door onderling overleg tot een vloeiende overgang te komen. Opdat toch een vloeiende overgang, bereikt zou worden, is overeengekomen dat de uitvoerder van deze deelgebieden verantwoordelijk is om hun resultaten aan te passen aan de modellagen van de aangrenzende deelgebieden.

Enkel voor de Quartaire Aquifersystemen (HCOV 0100) is, gezien de complexiteit van zijn sub- en basiseenheden een gezamenlijk werkwijze afgesproken (zie paragraaf 6.2.4).

##### ***7.5.1 Werkwijze voor aanpassingen tussen deelgebieden 5 en 6***

De aansluiting verschilt naargelang de HCOV-hoofdeenheid.

1. Voor de HCOV-eenheden behorend tot het Kempens Aquifersysteem (HCOV 0200) zijn de isohypsen van deelgebied 6 behouden (en overgenomen in deelgebied 5). Uitgezonderd de Klei van Veldhoven (HCOV 0256) is het voorkomen van deze eenheden in deelgebied 5 immers beperkt tot het gebied dat overlapt met deelgebied 6;
2. Voor de Boom Aquitard (HCOV 0300), Oligoceen Aquifersysteem (HCOV 0400), Ruisbroek-Berg Aquifer (HCOV 0430), Onder-Oligoceen Aquifersysteem (HCOV 0450), Ieperiaan Aquitardsysteem (HCOV 0900) en Afzettingen van Kortrijk (HCOV 0920) zijn in het overlappende gebied tussen de isohypsen “rechte lijnen” getekend. Dit betekent dat de isohypsen uit het overlapgebied zijn gewist. Vervolgens zijn de uiteinden van de isohypsen aan beide zijden van het overlapgebied verbonden met een rechte lijn. Het verschil tussen de interpretaties van beide percelen was te verschillend om op een andere manier tot sluitende overlapping te komen. Dit heeft meestal een plaatselijke verhoging van de basis van deze eenheden tot gevolg;
3. De isohypsen van het Zand van Kerniel (HCOV 0410), Klei van Kleine-Spouwen (HCOV 0420) en Tongeren Aquitard (HCOV 0440) van deelgebied 5 zijn behouden (en in deelgebied 6 aangepast). In de overlap van de twee deelgebieden zijn ze wel aangepast aan de nieuwe isohypsen van de boven- en onderliggende eenheden;
4. Voor het Ledo-Paniseliaan-Brusseliaan Aquifersysteem (HCOV 0600) en Zand van Brussel (HCOV 0620) is een gemiddelde genomen tussen de isohypsen van beide deelgebieden. Gezien deze HCOV-eenheden voornamelijk op deelgebied 6 voorkomen, is echter minder gewicht gegeven aan de isohypsen van deelgebied 5;
5. Voor de diepere eenheden: Paleoceen Aquifersysteem (HCOV 1000) en het Krijt Aquifersysteem (HCOV 1100) zijn tussen isohypsen in het noordelijke deel van het overlappende gebied rechte lijnen getekend. Dit betekent dat de isohypsen uit het overlapgebied zijn gewist. Vervolgens zijn de uiteinden van de isohypsen aan beide zijden van het overlapgebied verbonden met een rechte lijn. De methode heeft hier minder consequenties dan voor de jongere pakketten. In het zuidelijke deel is een combinatie van de isohypsen van beide deelgebieden gemaakt. De isohypsen van de top van de Sokkel (HCOV 1300) zijn hier voornamelijk bepalend voor het voorkomen van de bovenliggende eenheden, het Paleoceen Aquifersysteem (HCOV 1000) en het Krijt Aquifersysteem (HCOV 1100).

Aanpassingen aan de isohypsen om de aansluiting tussen de deelgebieden te verbeteren zijn door de uitvoerders niet altijd genomen op basis van hydrogeologische argumenten. De uitvoerders van deze deelgebieden zijn zich hiervan bewust. Om de doelstellingen van het project te bereiken waren deze aanpassingen toch noodzakelijk. De impact van deze aanpassingen op het overlapgebied tussen deelgebieden 5 en 6 is nagegaan. De uitvoerders van deelgebieden 5 en 6 kwamen tot de volgende conclusie:

1. De aansluiting heeft tot gevolg dat de topografie lokaal lager ligt dan de basis van de Quartaire Aquifersystemen (HCOC 0100) (de Top van het Tertiair). Omdat het maaiveld noodzakelijk de top van de bovenste laag vormt, is de keuze gemaakt om de topografie lokaal te verhogen met de fout van de top van het Tertiair plus 1 meter. De Quartaire Aquifersystemen krijgen op die plaatsen een arbitraire dikte van 1 meter. Voor al zijn subeenheden is er de reductie in dikte als gevolg van het algemeen iets hoger liggen van de basis van het Quartair, door het gebruik van de top van het Tertiair aangeleverd door het ANRE. Voor de Alluviale dekkingen (HCOV 0140) en de Pleistocene afzettingen (HCOV 0160) heeft dit tot gevolg dat ze zeer sterk gereduceerd worden in de vallei van de Velp en plaatselijk zelfs geheel ontbreken. Een andere optie was om de top van het Tertiair te verlagen. Beide opties leidden echter tot onzekerheden;
2. Voor de eenheden behorend tot het Kempens Aquifersysteem (HCOV 0200), meer bepaald voor het Zand van Diest (HCOV 0252) liggen de isohypsen in het noorden 5 meter te hoog in vergelijking met de gedetailleerde kartering van het Vlaams Gewest, uitgevoerd door het ANRE. In het zuiden daarentegen liggen de isohypsen dan weer enkele meters te laag. Het gevolg hiervan is dat enerzijds ter hoogte van Waanrode het Zand van Diest niet meer voorkomt in tegenstelling tot wat gekend is uit de geologische kartering en anderzijds ten noorden van Attenrode het Zand van Diest dagzoomt terwijl het hier eigenlijk niet meer voorkomt. Hierbij is de voorkeur gegeven om consistentie van het grootschalig lagenmodel te behouden en niet om lokaal precieze informatie te geven;
3. Voor de Boom Aquitard (HCOV 0300), het Oligoceen Aquifersysteem (HCOV 0400), de Ruisbroek-Berg Aquifer (HCOV 0430) en het Onder-Oligoceen Aquifersysteem (HCOV 0450) is de basis in het overlappend gebied als gevolg van de aansluiting een paar meter verhoogd;
4. De aanpassingen aan de grillige basis van het Zand van Brussel (HCOV 0620), hebben gevolgen voor de onderliggende eenheden, het Ieperiaan Aquitardsysteem (HCOV 0900) en het Paleoceen Aquifersysteem (HCOV 1000). Vermits een gemiddelde genomen is tussen de isohypsen van beide deelgebieden verschilt het basisvlak van het Zand van Brussel van wat in de literatuur aangenomen wordt. De insnijding in de onderliggende eenheden is groter en dieper. Het gebied van voorkomen van deze onderliggende

eenheden is bijgevolg verkleind. Een beperkt aantal waarnemingspunten valt buiten de eigenlijke voorkomingsgrenzen;

5. De aanpassingen aan de oudste eenheden, het Paleoceen Aquifersysteem (HCOV 1000) en het Krijt Aquifersysteem (HCOV 1100), hebben slechts geringe gevolgen, aangezien getracht is de vorm van de basis van de Sokkel (HCOV 1300), die bepalend is voor het voorkomen van deze bovenliggende eenheden, te behouden.

#### *7.5.2 Werkwijze voor aanpassingen door uitvoerder Haskoning*

Om de overgang met de verschillende aangrenzende deelgebieden vlot te laten verlopen, zijn gegevens van de isohypsen- en isopachenkaarten van het Tertiair samen met de resultaten van de aanliggende deelgebieden meegenomen in de interpolatie. De isohypsenkaarten, die bijvoorbeeld gemaakt zijn door deelgebied 5, zijn omgezet naar een puntenbestand waarna ze mee opgenomen zijn in de Kriging-interpolatie.

## 7.6 *Werkwijze om modellen aaneen te sluiten over verschillende deelgebieden*

### 7.6.1 *Doelstelling*

De doelstelling is de modellen van de HCOV-eenheden over de deelgebieden heen effectief aaneensluiten. Van de verschillende GIS-grids per eenheid is één samengevoegde GIS-grid gemaakt. Per HCOV-eenheid is de basis en dikte opgeleverd in twee formaten, als grid (cellen van 100 bij 100 meter) en als contouren.

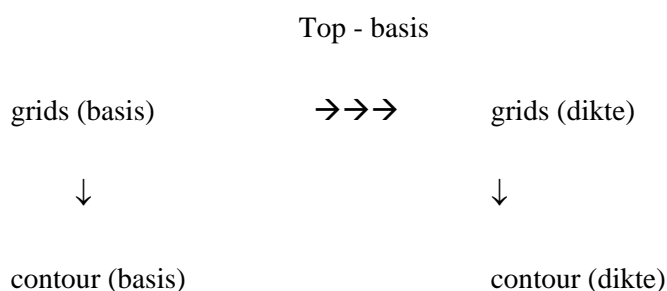
### 7.6.2 *Aaneensluiting gebaseerd op de grids van de basis van de HCOV-eenheden*

De al gemaakte aanpassingen (zie hoofdstuk 6.5) vergemakkelijken het aaneensluiten van de modellen weliswaar, maar de modellen blijven ook ná deze aanpassing opgesplitst per deelgebied.

Om de relatie tussen de top, basis en dikte van een eenheid te behouden, is het effectief samenvoegen van de modellen gebaseerd op de grids van de basis van de modellen. Starten vanaf de grids van de basis heeft volgende voordelen:

- Gedeeltelijke automatisering in Arc/Info mogelijk;
- Smoothing verbetert de aaneensluiting;
- Lokaal aan te passen.

Vervolgens is de dikte van de modellen bepaald als het verschil tussen de top en de basis van die eenheid. Uit de grids zijn uiteindelijk de contourlijnen geëxtraheerd. Met de ArcView 'layout' zijn figuren dan finaal afdrukbaar gemaakt en bewaard als PDF-bestanden. Volgend schema geeft dit weer:



### 7.6.3 *Voorafgaandelijke verwerking van de GIS-gegevens (pre-processing)*

Vooraleer de effectieve aaneensluiting te kunnen starten, is een pre-processing van de gegevens noodzakelijk. Volgende stappen zijn doorlopen:

- Inventaris van de GIS-gegevens per deelgebied;
- Ontbrekende gegevens opvragen bij de uitvoerders;
- GIS-gegevens centraliseren op werkstation; één folder per deelgebied;
- Grids van de basis per file een consistente benaming geven zodat de verwerking van de gegevens geautomatiseerd kan verlopen. De grids per deelgebied noemen 'basis\_x\_hcov'

waarbij x het nummer van het deelgebied aangeeft en hcov staat voor de HCOV-code (bv. basis\_8\_0163). Bij aanvang van het project is dit aan de uitvoerders gevraagd, maar dit is onvoldoende nagevolgd. Een oorzaak kan zijn dat de Arc/Info coverages niet zomaar van naam of plaats te veranderen zijn. Eigen aan de opbouw van Arc/Info files, met onder meer per folder een karakteristieke 'Info'-subfolder, kan dit enkel gebeuren binnen een Arc/Info omgeving. Zonder een correcte 'Info'-folder kan de coverage immers niet geopend worden;

- Het uitfilteren van de verschillende gridversies van eenzelfde HCOV-eenheid voor eenzelfde deelgebied. Dit gebeurde door grid per grid in ArcView te bekijken en te controleren met de afdrucken in de eindrapporten van de deelgebieden;
- 'Update' van gegevens op het werkstation met de extra opgeleverde gegevens door de uitvoerders. Efficiëntie hierbij was zeer laag, daar de gegevens-indeling op de opgeleverde CD's weinig gestructureerd is en de aanduiding van de aanmaakdatum niet klopte. Een beschrijving van de opgeleverde files is, ondanks herhaalde vraag, onvoldoende gebleken;
- Herstructureren van de gegevens: De gegevens zijn opgeleverd per deelgebied, maar uiteindelijk moeten per HCOV-eenheid de grids uit elk deelgebied aan elkaar gesloten worden. Om de dataverwerking te automatiseren, is de datastructuur daarom herwerkt zodat per HCOV-eenheid één folder is aangemaakt met daarin de gegevens van elk deelgebied waarin die HCOV-eenheid voorkomt. Om deze gegevens te herstructureren is een AML (Arc Macro Language) programma geschreven. Hiermee worden repetitieve acties, zoals het kopiëren van een coverage van één folder naar een andere, geautomatiseerd uitgevoerd.

#### 7.6.4 *Samenvoegen tot één grid met MOSAIC*

Met het Arc/Info-commando 'MOSAIC' worden de verschillende grids, zoals in een mozaïek, samengevoegd tot één grid. Twee mogelijkheden bestaan bij het samenvoegen:

1. De grids overlappen elkaar gedeeltelijk;
2. De grids sluiten aan elkaar aan, maar hebben geen overlapzone.

Indien grids elkaar overlappen, bestaan voor eenzelfde locatie, twee gridcellen met een verschillende waarde. Met Mosaic wordt aan de gridcel in het aaneengesloten grid een waarde toegekend volgens een 'inverse distance' gewogen gemiddelde. Hierbij is de afstand tot de rand van het deelgebied genomen als wegingscriterium. Gelegen in een overlapzone, is een gridcel uit 'grid1' bijvoorbeeld gelegen aan rand van het deelgebied terwijl op diezelfde coördinaten een gridcel uit 'grid2' meer naar het centrum van dat deelgebied gelegen is. In dit geval zal de waarde van de gridcel uit 'grid2' harder doorwegen bij de toekenning van de finale waarde aan die gridcel. Hiermee worden randeffecten geminimaliseerd.



Indien er geen overlapzone is, blijft de waarde van gridcellen behouden. De grids worden samengevoegd tot 1 grid. Mosaic interpoleert verder geen 'missing data'.

Vermits de linkeronderhoek van het grid, het aantal rijen en kolommen is opgegeven per deelgebied, passen de randen van het grid precies op mekaar. Zodoende vallen de cellen van een grid precies op mekaar en niet bijvoorbeeld halfweg de cel. In dit geval zou met één gridcel in het ene grid immers tot vier gridcellen – elk met een andere waarde – uit een ander grid kunnen overeenkomen. In deelgebied 5 is dit echter toch misgelopen. De opgegeven coördinaten van de linkeronderhoek kwam in hun initiële grids overeen met het centrum van cel linksonder. Om alvast van start te gaan is de aaneensluiting al uitgevoerd met de 1<sup>ste</sup> versie. Nadien is dit deelgebied vervangen door de aangepaste definitieve versie van de modellen.

#### 7.6.5 Herinterpoleren als finale oplossing

Waar geen vloeiende overgang mogelijk was, zijn zones opnieuw geïnterpoleerd. De verschillen tussen de grids waren hier te groot om te overbruggen met het Mosaic-commando.

In het noordoosten van deelgebied 1, waar het overlapt met deelgebied 2, zijn de Boom Aquitard (HCOV 0300), Oligoceen Aquifersysteem (HCOV 0400), Ruisbroek-Berg Aquifer (HCOV 0430) en Onder-Oligoceen Aquifersysteem (HCOV 0450) slecht geïnterpoleerd. Dit gebied ligt ten noorden van het Albertkanaal, in het bekken van de Schelde. In deze zone zijn enkel gegevens van deelgebied 1 opgeleverd. De uitvoerders van deelgebied 2 waren volgens het projectbestek vrijgesteld om voor deze eenheden GIS-kaarten op te leveren.

Oorzaken voor de slechte interpolatie kunnen zijn:

1. Onvoldoende gegevens in de zone beschikbaar;
2. Een grote sprong is merkbaar tussen isohypsen van gelijke waarde van de Formatie van Boom op de grens tussen de kaartbladen Antwerpen (15) en Mechelen (23) (uit het rapport van deelgebied 1);
3. Voor de Formatie van Zelzate, het equivalent van het Oligoceen Aquifersysteem (HCOV 0400), is door de uitvoerders enkel kaartblad 15 (Antwerpen) gebruikt;
4. De extrapolatie van de trend is onbetrouwbaar (randeffecten).

Voor de onderverdeling van het Oligoceen Aquifersysteem (HCOV 0400) in subeenheden heeft uitvoerder Haecon na studie van de dikte van de subeenheden een diktemodel opgesteld waarin de totale dikte herverdeeld wordt over zijn subeenheden. Vermits de dikte van het Oligoceen Aquifersysteem bepaald is als het verschil tussen de basis van de Boom Aquitard (HCOV 0300) en de basis van het Oligoceen Aquifersysteem, zet de slechte interpolatie zich door in de subeenheden Ruisbroek-Berg Aquifer (HCOV 0430), Tongeren Aquitard (HCOV 0440) en Onder-Oligoceen Aquifersysteem (HCOV 0450).

Een her-interpolatie van dit gebied was noodzakelijk om een betere aaneensluiting van de grids te bekomen. Praktisch gebeurde de her-interpolatie door het noordoosten van deelgebied 1 uit het grid te ‘knippen’ (clip-commando). De omliggende gridcellen (uit deelgebieden 1 en 3) zijn vervolgens omgezet tot een puntenset. Op basis van die puntenset is dan de trend berekend. De puntenset is terug omgezet naar een grid. De cellen in het uitgeknipte gebied krijgen hierbij de waarde die als trend berekend is. Dit nieuwe grid is vervolgens samengevoegd met het al bestaande grid.

Aangezien de Boom Aquitard (HCOV 0300) en het Oligoceen Aquifersysteem (HCOV 0400) in het noord-oosten van deelgebied 1 op grote diepte voorkomen zijn de kennis en gegevens over de diepere lagen onvoldoende. Gezien de grote onzekerheid en het geringe hydrogeologische belang van deze lagen is de impact gering.

#### *7.6.6 Opvullen van ontbrekende gegevens*

Op de grens tussen twee deelgebieden komen bij enkele modellagen ‘missing data’ voor. Hiermee worden de ‘no data’ cellen bedoeld die het gevolg zijn van het omzetten van de grenzen van de deelgebieden naar een grid door verschillende uitvoerders. Voor het breukengebied is een gelijkaardige werkwijze gevolgd.

Praktisch is een buffer van 1 cel gelegd rondom de perceelsgrens en de breuken. Binnen deze bufferzone, is aan de ‘no data’ cellen een z-waarde toegekend die gelijk is aan het gemiddelde van de omliggende cellen. Deze ‘smoothing’ is uitgevoerd met het Arc/Info-commando ‘Focalmean’. Opdat enkel ‘smoothing’ van de cellen gebeurd binnen de bufferzone is in Arc/Info een voorwaarde – of een condition – opgelegd met het ‘con’ –commando.

#### *7.6.7 Bepalen van de dikte van de HCOV-eenheden*

De dikte van een HCOV-eenheid is bepaald door in Arc/Info de basis van de top van de eenheid af te trekken. De top van de eenheid moest echter berekend worden. De top is gelijk aan de basis van de bovenliggende laag. Maar welke eenheid ligt er boven? Gaat het om één eenheid of staan meerdere eenheden in contact met de bedoelde eenheid?

Volgende stappenplan is daarom gevolgd:

- Aanmaken van een *mask* per eenheid. Dit is een *grid* die het voorkomen van een eenheid aangeeft. De *masks* laten toe om de berekeningen enkel uit te voeren waar de eenheid voorkomt;
- Het DEM geldt als de top van de bovenste eenheid, de Quartaire Aquifersystemen (HCOV 0100). De dikte van de Quartaire Aquifersystemen is berekend als het verschil van het DEM met de basis van de Quartaire Aquifersystemen. Waar de eenheid voorkomt, hebben de gridcellen een waarde, elders zijn het 'nodata'-cellen;
- Eerst worden de diktes van de hoofdeenheden bepaald, daarna van de subeenheden en als laatste stap de diktes van de basiseenheden;
- Door de dikte van de bovenste eenheid af te trekken van het DEM, de top van die eenheid, krijg je de top van de onderliggende laag, het Kempens Aquifersysteem (HCOV 0200). Vooraf is eerst een rekenkundig probleem opgelost. De dikte (in meter) min 'nodata' is immers gelijk aan 'nodata'. Daarom zijn vooraf deze 'nodata'-cellen uit de diktegrids omgezet naar '0'-cellen;
- Vermits het Kempens Aquifersysteem (HCOV 0200) niet gebiedsdekkend voorkomt, zal deze eenheid niet overal een dikte hebben. Op deze plaatsen is de top van de HCOV 0200 tegelijk de top van de volgende HCOV-hoofdeenheid, de Boom Aquitard (HCOV 0300). De berekende top is bijgevolg niet de in de realiteit voorkomende top, maar eerder een hulpmiddel bij de berekening van de dikte. Het is te vergelijken met een grote kom pudding. Het oppervlak is gelijk aan het DEM. De bovenste eenheid schep je eruit. Wat overblijft is de top van de volgende laag. Vervolgens kan je de tweede eenheid uitscheppen, enzovoort;
- Waar de dikte negatief is, werd die gelijk gesteld aan nul. Dit zijn de gebieden waar de eenheid dan ook niet voorkomt;
- Vermits de som van de diktes van de subeenheden gelijk moet zijn aan de totale dikte van de hoofdeenheid, is de dikte van de subeenheden gebaseerd op de top van hun hoofdeenheid. De dikte van de eerste subeenheid (bijv. HCOV 0210) is bijgevolg gelijk aan de top van het Kempens Aquifersysteem (HCOV 0200) min de basis van de HCOV 0210. Waarna de top van de volgende subeenheid (HCOV 0220) bepaald wordt, enzovoort;
- Voor de basiseenheden geldt een gelijkaardige werkwijze. De dikte van de HCOV 0211 is bepaald als de top van de Afzettingen ten noorden van de Feldebiss-breukzone (HCOV 0210) min de basis van de HCOV 0211.

### **7.7 Resultaten: basis en dikte per HCOV-eenheid in GIS**

Per HCOV-eenheid, is de basis en de dikte van de hydrogeologisch belangrijkste HCOV-eenheden (overzicht in bijlage 5.1) samen afgedrukt op A3-formaat. De dikte is weergegeven in volle kleuren, de basis als contourlijnen. De kaarten zijn gebundeld in een A3-atlas. Digitaal zijn deze opgeleverd in Arc/Info GIS-formaat. Van basis en de dikte zijn grids en contouren opgeleverd.

De hydrogeologische kenmerken van de modellagen worden in dit project niet besproken. Wel wordt een overzicht gegeven van de kwaliteit van de kaarten en nog resterende problemen en onzekerheden. Waar een eenheid niet voorkomt, hebben de cellen de waarde 'no data'. De resultaten van dit project moeten dan ook gezien worden als een eerste stap in de gedetailleerde GIS-kartering van de hydrogeologische ondergrond van Vlaanderen.

In het algemeen komen volgende problemen frequent voor. De nummering wordt overgenomen in Tabel 9. Hierin wordt elke HCOV-eenheid besproken.

- 1 De eenheid komt wel voor, maar dikte is bepaald aan de hand van de resultaten van de andere eenheden. Oorzaken hiervoor kunnen zijn:
  - 1.1 De lijn waar de eenheid uitwigt is niet precies afgestemd op de andere eenheden. Aan de randen is de dikte negatief. In GIS is de dikte daar gelijkgesteld aan nul;
  - 1.2 De basis is opnieuw geïnterpoleerd gezien de slechte overgang tussen de deelgebieden. De consistentie van het hydrogeologische model kon niet gewaarborgd worden;
  - 1.3 De dikte is afhankelijk van de top van de bovenliggende eenheid(en). De diktes zijn immers bepaald door de bovenste laag uit te snijden uit de topografie met behulp van rekenkundige GIS-bewerkingen. Zo is de top van de onderliggende laag bekomen. Door de basis van de laag af te trekken van zijn top, is de dikte bepaald. Hierdoor bekom je de top van de volgende laag; De kwaliteit van de bovenliggende laag met de kwaliteit van de basis bepaalt bijgevolg de dikte van de onderliggende laag;
  - 1.4 Onvoldoende gegevens zijn aanwezig om de dikte te bepalen. Of de eenheid is moeilijk te onderscheiden van de andere eenheden. De bekomen dikte is het resultaat van GIS-bewerkingen.
- 2 De aanwezigheid van 'bulls eyes'. Dit zijn concentrische cirkels rondom een boorpunt. Dit kan duiden op een berg of een put. In realiteit is dit echter het gevolg van de gekozen interpolatietechniek. In dit geval wogen de diepte of dikte in de boorbekrijving sterk door (bijv. de Klei van Rijkevorsel of de Ruisbroek-Berg Aquifer).

- 3 Het artificieel voorkomen van een eenheid.
  - 3.1 Een eenheid stopt aan de grenzen van de deelgebieden. Dit betekent dat een eenheid niet meer voorkomt in het aangrenzende deelgebied. Twee redenen:
    - Het projectbestek vroeg niet om een oplevering van die eenheid in dat deelgebied (bijv. Ieperiaan Aquifer);
    - Onvoldoende informatie was beschikbaar voor de uitvoerders om een kaart op te stellen (bijv. de Pliocene kleiige laag).
  - 3.2 De kaart is opgesteld op basis van een te klein aantal beschikbare boringen. Deze kaarten hebben hydrogeologisch geen waarde (bijv. het Zand van Beerse).
- 4 Plotse sprongen in diepte van de basis en de dikte. Dit is het gevolg van breuken (bijv. de Boom Aquitard).
- 5 De riviervalleien vormen geen aangesloten gehelen. De vorm van de valleien is wel bewaard, maar de gridcellen sluiten niet op mekaar aan. Dit is een gevolg van de gebruikte interpolatiemethode.
- 6 Verschil in detail van de kartering binnen één HCOV-eenheid.
  - 6.1 Ten gevolge van de werkwijze van de uitvoerders. De werkwijze was vrij te kiezen door de uitvoerders. Ook het detail dat ze opnemen in hun kaarten is hiervan het gevolg. Deelgebieden 5, 6 en 7 bevatten bijvoorbeeld veel detail. De verschillen zijn wel niet volledig toe te schrijven aan een verschil in werkwijze. De eenheden in de Kempen bevatten immers minder reliëf in vergelijking met de complexe afzettingen in de omgeving van Brussel. Ook het breukengebied in deelgebied 3 en 4 is vrij gedetailleerd. Het voorkomen ervan wordt echter vermeld bij punt 4.
  - 6.2 Ten gevolge van het beschikbaar kaartmateriaal. Binnen eenzelfde deelgebied gaat de kartering abrupt over naar een ander patroon. Dit kan het gevolg zijn van beschikbaar kaartmateriaal. De abrupte overgang loopt in dit geval gelijk met de overgang naar een ander kaartblad.

**Tabel 9 Beschrijving van de GIS-kaarten per HCOV-eenheid. De cijfercodes zijn in vorige paragraaf uitgelegd.**

HCOV-eenheid		1				2	3		4	5	6	
		1.1	1.2	1.3	1.4		3.1	3.2			6.1	6.2
0100	Quartaire Aquifersystemen	x				x					x	x
0110	Ophogingen							x				
0120	Duinen				X							
0130	Polderafzettingen	x										
0131	Kleiige polderafzettingen van de kustvlakte											
0132	Kleiige polderafzettingen van het Meetjesland											
0133	Kleiige polderafzettingen van Waasland-Antwerpen	x										
0134	Zandige kreekruigen	x							x			
0135	Veen-kleiige poelgronden											
0140	Alluviale deklagen								x	x		
0150	Deklagen	x			X	x	x			x	x	x
0160	Pleistocene afzettingen				X	x				x		
0161	Pleistoceen van de kustvlakte				X							
0162	Pleistoceen van de Vlaamse Vallei	x			X							
0163	Pleistoceen van de rivieralleen				X					x	x	
0170	Maas- en Rijnaafzettingen	x			X					x		
0171	Afzettingen Hoofdterras	x			X	x						
0172	Afzettingen Tussenterassen	x				x						

HCOV-eenheid		1				2	3		4	5	6	
		1.1	1.2	1.3	1.4		3.1	3.2			6.1	6.2
0173	Afzettingen Maasvlakte	x										
0200	Kempens Aquifersysteem	x							x		x	
0210	Afzettingen ten noorden van Feldbiss- breukzone								x			
0211	Zandige eenheid boven de Brunssum I-klei								x			
0212	Brunssum I- Klei								x			
0213	Zand van Pey								x			
0214	Brunssum II- klei								x			
0215	Zand van Waubach								x			
0220	Klei-zand- complex van de Kempen	x										
0221	Klei van Turnhout	x			X							
0222	Zand van Beerse				X			x				
0223	Klei van Rijkevorsel	x			X	x						
0230	Pleistoceen en Pliocene Aquifer	x							x			
0231	Zanden van Brasschaat en/of Merksplas	x				x						
0232	Zand van Mol	x										
0233	Zandige top van Lillo	x				x						
0234	Zand van Poederlee en/of zandige top van Kasterlee	x							x			

HCOV-eenheid		1				2	3		4	5	6	
		1.1	1.2	1.3	1.4		3.1	3.2			6.1	6.2
0240	Pliocene kleiige laag				X	x	x	x				
0250	Mioceen Aquifersysteem	x							x		x	
0251	Zand van Kattendijk en/of onderste zandlaag van Lillo	x				x	x					
0252	Zand van Diest	x				x					x	
0253	Zand van Bolderberg	x					x		x			
0254	Zanden van Berchem en/of Voort	x										
0256	Zand van Eigenbilzen	x			X				x			
0300	Boom Aquitard	x				x			x			
0400	Oligoceen Aquifersysteem	x	x			x	x		x			
0410	Zand van Kerniel	x							x			
0420	Klei van Kleine-Spouwen	x							x			
0430	Ruisbroek-Berg Aquifer	x	x			x	x		x		x	
0440	Tongeren Aquitard	x	x			x	x		x			
0450	Onder-Oligoceen Aquifersysteem	x	x			x	x		x		x	
0500	Bartoon Aquitardsysteem	x				x	x					
0600	Ledo-Paniseliaan-Brusseliaan Aquifersysteem	x				x	x				x	
0610	Wemmel-Lede Aquifer	x				x	x				x	



HCOV-eenheid		1				2	3		4	5	6	
		1.1	1.2	1.3	1.4		3.1	3.2			6.1	6.2
0620	Zand van Brussel	x		x			x				x	
0630	Afzettingen van het Boven-Paniseliaan	x					x					
0640	Zandige afzettingen van het Onder-Paniseliaan	x		x		x	x					
0700	Paniseliaan Aquitard	x				x	x				x	
0800	Ieperiaan Aquifer (Egem en/of Mont-Panisel)	x				x	x				x	
0900	Ieperiaan Aquitardsysteem	x				x	x				x	
0920	Afzettingen van Kortrijk	x			X		x					
1000	Paleoceen Aquifersysteem	x			X	x	x		x		x	
1010	Landeniaan Aquifersysteem	x			X	x	x		x		x	
1020	Landeniaan en Heersiaan Aquitard	x		x			x		x			
1030	Heersiaan en Opglabbeek Aquifersysteem	x		x			x		x			
1100	Krijt Aquifersysteem	x					x		x			x
1110	Krijt Aquifer	x					x		x			x
1120	Afzettingen van Vaals (Smectiet van Herve)	x					x		x			
1300	Sokkel	x					x		x			

## **7.8 Evaluatie deeltaak 4: verticale afbakening van de modellagen**

### *7.8.1 Verlies aan informatie minimaliseren*

Doordat voor elk deelgebied een aparte werkwijze gebruikt is, is de kwaliteit, de graad van detail, de gebruikte informatie, ... van de HCOV-eenheden verschillend per uitvoerder. Algemeen gesteld is er bij het opstellen van de modellagen uit deelgebieden 1, 5, 6 en 7 uitgegaan van de beschikbare kaarten en literatuur. Pas in tweede instantie is rekening gehouden met basis of dikte zoals beschreven in de boorbeschrijvingen uit deeltaak 1.

Bij de omzetting van gevectoriseerde contouren naar een grid – of vice versa – wordt nauwkeurigheid verloren. Tussen twee contourlijnen in, is enkel het hoogteinterval gekend. Een grid, in dit project, bestaat dan weer uit cellen van 100 bij 100 meter. Elke cel heeft slechts één hoogtewaarde. Alle variabiliteit op de oppervlakte van een cel wordt hierbij uitgemiddeld. Het verlies aan informatie is bijgevolg het grootst waar de variabiliteit het grootst is (bij sterk reliëf) of waar de beschikbare gegevens schaars zijn (contourlijnen ver uit mekaar).

Afvlakking van heuvelruggen of valleien is het meest opvallende gevolg. Om de interpolator te dwingen de heuvelruggen en vallei-assen op te nemen, stelde uitvoerder Ecolas-GSC een netwerk van ‘3-D polylines’ op. Haecon vermeed afvlakking door, aanvullend op de triangulatie, plaatselijk een kubische polynoom te berekenen. Haskoning interpoleerde de boringen uit deeltaak 1 met Kriging. Bestaand kaartmateriaal gebruikte Haskoning enkel ter ondersteuning. Hierdoor is enerzijds veel informatie over de lokale variabiliteit verloren gegaan. Anderzijds hebben de boringen een té dwingende rol gekregen bij de interpolatie. Het voorkomen van ‘bulls eyes’ in de GIS-kaarten is hierdoor veel voorkomend (zie ook 7.7). Haskoning ontwikkelde echter wel een methode om het breukengebied, vnl. in deelgebieden 3 en 4, te modelleren.

### *7.8.2 Karteren met onzekere of onbestaande gegevens*

De modellagen zijn enkel met de nodige voorzichtigheid te gebruiken. Grote onzekerheid bestaat immers over de basis van de diepere HCOV-eenheden. Gezien de beperkte hydrogeologische rol van deze zeer diepe lagen, stelde het projectbestek dat enkel de bovenste, belangrijke HCOV-eenheden moesten gekarteerd worden. Tabel 10 geeft weer welke de diepst te karteren eenheid per deelgebied is.

**Tabel 10 Diepst gekarteerde HCOV-eenheid per deelgebied. De basis van de bovenliggende laag is de onderste eenheid**

Deelgebied	1	2	3	4	5	6	7	8	9
diepst gekarteerd	0700	0300	0900	1300	1300	1300	1300	1300	0900

Het gevolg is wel dat het voorkomen van de aaneengesloten modellagen artificieel is. De HCOV 0800 bijvoorbeeld komt voor in alle deelgebieden (uitgez. 4 en 5). Gezien de diepte, is voor deelgebieden 1 en 2 geen HCOV 0800 opgeleverd, terwijl deze eenheid wel is opgesteld in de aanliggende deelgebieden. Het mee-interpoleren van de ‘gaten’ biedt echter geen hydrogeologische meerwaarde en zou de resultaten enkel ‘visueel’ verbeteren.

### 7.8.3 Heropbouw van de lagen

Tussen het DEM en de basis van de Quartaire Aquifersystemen (HCOV 0100) bestaat een complexe relatie. Om die relatie te behouden is een diktemodel van de HCOV 0100 aangemaakt. Het verschil tussen het DEM en het diktemodel geeft vervolgens de basis van de HCOV 0100. De dagzoomgrenzen en het voorkomen van andere eenheden wordt vervolgens bekomen door insnijding van de dieper gelegen modellagen met de basis van de HCOV 0100.

Wanneer een preciezer DEM en/of dikte van het Quartair beschikbaar is, zijn volgende pistes mogelijk om het lagenmodel terug op te bouwen:

- Er wordt gewerkt met de beschikbare Quartairdikte, deze wordt afgetrokken van het nieuwe maaiveld, waarna zoals hoger beschreven het model herbepaald wordt; de basissen van de quartaire lagen dienen volledig herbepaald te worden. Een herziening van de basis van de Quartaire Aquifersystemen gaat echter steeds gepaard met een heropbouw van de lagen die er door ingesneden worden.;
- De beschikbare basis van het Quartair (top van het Tertiair) wordt aangehouden, het nieuwe maaiveld wordt aangepast waar het verschil kleiner is dan een vooraf bepaalde minimumdikte; dit heeft geen implicaties voor het onderliggende lagenmodel; de quartaire lagen dienen herbepaald te worden;
- De beschikbare basis van het Quartair (top van het Tertiair) wordt aangehouden, maar geërodeerd waar het maaiveld eronder duikt, met een vooraf bepaalde minimale scheidingsdikte; zowel het onderliggende lagenmodel als het Quartairmodel dient herbepaald te worden.

## 8. Deeltaak 5: Opstellen van een topografiebestand

### 8.1 Doelstelling

Het opstellen van een gebiedsdekkend topografiebestand in een GIS, d.i. een digital elevation model (DEM). Het DEM geldt als de top van de bovenste eenheid. Ook het grid van het DEM heeft cellen van 100 bij 100 meter. Een nauwkeuriger DEM, met hoger resolutie (kleinere celgrootte) is momenteel in ontwikkeling bij het NGI en AMINAL, afdeling Water. De doelstelling daarom is het basis DEM, het 1/50.000 interpolatiemodel van het NGI, te verbeteren waar de fouten het grootst zijn of waar dit basismodel niet beschikbaar is.

### 8.2 Werkwijze

Als basis is het DEM 1/50.000 (het DTED-model) van het NGI gebruikt. Het DTED is beschikbaar voor gans België en wordt in het kader van deze opdracht door de opdrachtgever aan de opdrachthouders 'ter verbetering' verstrekt. Dit is het minst nauwkeurige vectoriële product. De nauwkeurigheid varieert van 3,8 meter in Laag-België over 7,8 meter in Midden-België tot 10,2 meter in Hoog-België. Dit model is gebaseerd op de hoogtelijnen van de analoge topografische kaarten op 1/50.000. Deze hoogtelijnen werden gevectoriseerd en dan naar een grid-model van ongeveer 40 meter (dx) op 30 meter (dy) omgezet.

Meer accurate producten bestaan. Het NGI stelt momenteel een DEM 1/10.000 op en 3-D DEM. De NGI website ([www.ngi.be](http://www.ngi.be)) bevat een kaart met reeds beschikbare DEM's in Vlaanderen. De Vlaamse Gemeenschap is bovendien bezig met het opstellen van detail DEM's voor grote gebieden. Deze waren echter niet beschikbaar op het moment van de kartering van de verschillende percelen. Een optie is zelf de contouren van de topografische kaarten te digitaliseren. Volgens Haecon en Haskoning levert dit slechts een DEM op dat bestaat of minderwaardig is aan het DEM van het NGI.

Aan de Vakgroep Hydrologie en Waterbouwkunde van de VUB zijn volgende DEM's ontwikkeld door digitalisatie van de contourlijnen op de 1:10.000 topografische kaart. Deze zijn ter beschikking gesteld van de uitvoerders:

- Barebeek;
- Doode Bembe/Vorsdonkbos;
- Ijse;
- Walenbos;
- Dijle/Demer/nete (Dijdene-DEM);
- A-beek;
- Zwarte Beek;
- Veurne-Ambacht.

### 8.2.1 *Werkwijze alle deelgebieden, uitgezonderd deelgebied 5*

Alle vrij beschikbare gegevens met een minimumresolutie van 100 bij 100 meter zijn in het grid geïntegreerd. Toetsing van de kwaliteit gebeurde door vergelijking van contourbestanden van het NGI met de contouren van het basismodel. Waar contouren systematisch ontbreken (bijv. in stedelijk gebied) is de kwaliteit van het basismodel als ontoereikend beschouwd en minstens vervangen door een interpolatiemodel van maaiveldgegevens uit DOV.

Het DEM 1/50.000 is gebiedsdekkend voor België. Het studiegebied omvat echter ook delen van Nederland en Frankrijk. Vermits enkel informatie uit het openbaar domein is gebruikt, zijn geen DEM's of delen ervan aangekocht. Om het DEM buiten België op te bouwen zijn de beschikbare maaiveldgegevens van de beschikbare boringen uit Nederland en Frankrijk geïnterpoleerd. Haskoning gebruikte voor interpolatie het 'inverse distance weighted algoritme', Haecon creëerde een TIN van de contouren. Dit is vervolgens omgezet naar een grid.

De topografische opmetingen, hetzij gedigitaliseerde hoogtelijnen, hoogtepunten of rasterkaarten zijn allen omgezet tot een grid met een celgrootte van 100 bij 100 meter en vervangen de oorspronkelijke maaiveldgegevens van het DTED. Volgende DEM's zijn geïntegreerd:

- DEM Laak: opdrachtgever: AMINAL, afdeling Water (deelgebied 3);
- DEM Demer: Demermodel OWKM (deelgebied 3);
- DEM Westelijke Mijnverzakkingen: luchtfotogrammetrie, 40 bij 40 meter, AMINAL, afdeling Natuur (2000); (deelgebieden 3 en 4);
- DEM A-beek: gedigitaliseerde contourlijnen van de topografische kaart 1:10000, opdrachtgever: VUB (1999-2000); (deelgebieden 3 en 4);
- DEM Winterbeek: gedigitaliseerde contourlijnen van de topografische kaart 1:10000, opdrachtgever: AMINAL, afdeling Water (2000).(deelgebied 3);
- DEM-Ranst, Laserscanning, 3 bij 3 meter, Terra-imaging, opdracht: AMINAL, afdeling Natuur (2001) (deelgebied 3);
- DEM-Veurne-Ambacht, Laserscanning, 3 bij 3 meter, Eurosense, opdracht: AWZ (1999) (deelgebied 8);
- DEM-Kalkenvaart, Laserscanning, 3 bij 3 meter, Eurosense, opdracht: AMINAL, afdeling Water (2000) (deelgebieden 8 en 9);
- DEM-Uitkerkse Polder, Luchtfotogrammetrie, 20 bij 20 meter, opdracht: VLM Brugge (2000) (deelgebied 9);

- DEM Grensmaas: digitalisatie van topografische kaarten, veldopmetingen en luchtfoto's, minimum 1 punt per hectare en maximum 40 punten per hectare, Maaswerken, Rijkswaterstaat Nederland, dienst Maas- en Albertkanaal en Bodemkundige Dienst van België;
- DEM Westelijke Mijnverzakkingen: luchtfotogrammetrie, 40 bij 40 meter, AMINAL, afdeling Natuur (2000);
- Gevectoriseerd hoogtelijnen van de kaarten 1/5.000 van het Ministerie van Openbare Werken voor de stad Luik (deelgebied 5);
- Waar de Ophogingen (HCOV 0110) voorkomen, is het topografiebestand met deze HCOV-eenheid in overeenstemming gebracht (deelgebied 1);
- Bathymetrie van de contouren van de Schelde – Vlaamse Gemeenschap, Afdeling Maritieme Schelde;
- Digitalisatie van de topografische kaart van Nederland (1/25.000 en 1/50.000), bijv. voor de polders. Via een TIN zijn de contouren omgezet naar een grid (deelgebied 1).

Omwille van de sterke vereenvoudiging van het basis DEM 1/50.000 en fouten in de top van het Tertiair (geologische kaart), snijdt het model van het Tertiairoppervlak op meerdere plaatsen het maaiveld (eindrapport deelgebied 5 en 6). Om negatieve dikten te vermijden is, waar de top van het Tertiair zich op minder dan 0,5 meter onder het maaiveld bevindt, de top van het Tertiair geherdefinieerd als maaiveldhoogte min 0,5 meter.

Wanneer gebruik gemaakt wordt van meer gedetailleerde DEM's, zoals de modellen ontwikkeld aan de VUB, treden er belangrijke verschillen op in enkele valleien, in het bijzonder voor het Kaartblad (32) Leuven. In deze valleien zijn de contouren van de top van het Tertiair te hoog ingetekend. Omwille van homogeniteit van het eindproduct is geopteerd om de top Tertiair te gebruiken, en het maaiveld niet te detailleren met deze detail-DEM's.

In de overlapzone tussen deelgebied 5 en 6, is het maaiveld-DEM van deelgebied 5 wel overgenomen in deelgebied 6. Als aansluitingsconventie werd waar negatieve verschillen voorkomen tussen eerder geherdefinieerde top Tertiair en maaiveld, het maaiveld verhoogd tot top Tertiair plus 1 meter. Deze bewerking is doorgevoerd in heel deelgebied 6.

### 8.2.2 *Werkwijze voor deelgebied 5*

Gezien het beperkt aantal aan betrouwbare gegevens in te brengen in het bestaande DEM 1/50.000 besliste Ecolas-GSC om een volledig nieuw DEM op te bouwen op basis van de georeferende rasterbestanden (tif-formaat) met de hoogtelijnen op schaal 1/50.000 van het NGI. Natuurlijk was dit ook het vertrekpunt van het weinig nauwkeurige DTED. De bestaande hoogtelijnen op 1/50.000 zijn, aldus Ecolas-GSC, weldegelijk een goede basis. Het is alleen een kwestie van de wijze van verwerking tot DEM die de kwaliteit van het resultaat bepaalt. De hoogtelijnen vormen samen met de boringen en sonderingen een basis die verder aangevuld is met *3-D polylines*.

## 9. Referenties

### 9.1 *Referenties van de eindrapporten van de verschillende deelgebieden*

- Haecon i.s.m. Universiteit Gent, 2002. Hydrogeologische detailstudie van de ondergrond in Vlaanderen, deelgebied 1, eindrapport. Studie in opdracht van AMINAL, afdeling Water, 79 pag. + bijlagen.
- Haskoning, 2003. Hydrogeologische detailstudie van de ondergrond in Vlaanderen, deelgebied 2, eindrapport. Studie in opdracht van AMINAL, afdeling Water, 33 pag. + bijlagen.
- Haskoning, 2003. Hydrogeologische detailstudie van de ondergrond in Vlaanderen, deelgebied 3, eindrapport. Studie in opdracht van AMINAL, afdeling Water, 36 pag. + bijlagen.
- Haskoning, 2003. Hydrogeologische detailstudie van de ondergrond in Vlaanderen, deelgebied 4, eindrapport. Studie in opdracht van AMINAL, afdeling Water, 38 pag. + bijlagen.
- Ecolas i.s.m. Geological Service Company, 2002. Hydrogeologische detailstudie van de ondergrond in Vlaanderen, deelgebied 5, eindrapport. Studie in opdracht van AMINAL, afdeling Water, 114 pag. + bijlagen.
- Haecon i.s.m. Geological Service Company, 2002. Hydrogeologische detailstudie van de ondergrond in Vlaanderen, deelgebied 6, eindrapport. Studie in opdracht van AMINAL, afdeling Water, 90 pag. + bijlagen.
- Haecon i.s.m. Universiteit Gent, 2002. Hydrogeologische detailstudie van de ondergrond in Vlaanderen, deelgebied 7, eindrapport. Studie in opdracht van AMINAL, afdeling Water, 77 pag. + bijlagen.
- Haskoning, 2003. Hydrogeologische detailstudie van de ondergrond in Vlaanderen, deelgebied 8, eindrapport. Studie in opdracht van AMINAL, afdeling Water, 36 pag. + bijlagen.
- Haskoning, 2003. Hydrogeologische detailstudie van de ondergrond in Vlaanderen, deelgebied 9, eindrapport. Studie in opdracht van AMINAL, afdeling Water, 38 pag. + bijlagen.



## 9.2 Referenties

- Batjes, D.A.J., 1958. Foraminifera of the Oligocene of Belgium - Koninklijk Belgisch Instituut voor Natuurwetenschappen, Verhandelingen, nr 143
- Buffel, F., 1997. Holostratigrafie en sequentie-analyse van het Laat-Eoceen en Vroeg-Oligoceen in België, Licentiaatsverhandeling, KULeuven
- De Breuck, W., 1989. Diepte van het grensvlak tussen zoet en zout water in de freatische watervoerende laag van noordelijk Vlaanderen (1974-1975). Universiteit Gent
- De Geyter, G., 1981. Contribution to the lithostratigraphy and the sedimentary petrology of the Landen Formation in Belgium - Meded. Kon. Acad. Wet. Lett. Schone Kunsten België, Kl. Wet., 43, pp 111-153
- Demyttenaere, R., 1988. De post Paleozoïsche geologische geschiedenis van Noord-België - Doctoraatsverhandeling aan de KULeuven
- Felder, W.M. en P.W. Bosch, 1984. Geologische kaart van Zuid-Limburg en omgeving – Afzettingen van de Maas – Rijks Geologische Dienst
- Felder, P. et al., 1985. Upper Cretaceous to Early Tertiary deposits (Santonian-Paleocene) in northeastern Belgium and south Limburg (the Netherlands) with reference to the Campinian-Maastrichtian - Prof. Paper, nr 214
- Felder, P.J., 1994. Bioklastenonderzoek van BovenKrijt en DanoMontiaan afzettingen uit de boringen in de Belgische Kempen - Prof. Paper, nr 275
- Geets, S., 1996. Geologie van België. Lesmateriaal RUG
- Goossens, D., 1984. Inleiding tot de geologie en geomorfologie van België
- Gulinck, M., 1973. Note sur l'extension des facies fluviolagunaire du Landénien de la Belgique - Toelichtende Verhandelingen voor de Geologische kaart en de Mijnkaart van België, nr 13
- Gullentops, F. et al., 1988. The Cenozoic Southern North sea - Excursion Guidebook Leuven, Belgium, I.A.S. 9th European Regional Meeting, Field Trip B3, pp 225-260
- Gullentops, F. en L. Wouters, 1996. Delfstoffen in Vlaanderen. EWBL
- Houthuys, R., 1990. Een vergelijkende studie van de afzettingstructuur van getijdzanden uit het Eoceen en van de huidige Vlaamse banken - Aardkundige Mededelingen, nr 5
- Lebbe, L. en A. Vandenbohede, 2004. Ontwikkeling van een lokaal axi-symmetrisch model op basis van de HCOV kartering ter ondersteuning van de adviesverlening voor grondwaterwinningen. Studie in opdracht van AMINAL, afdeling Water, 23 pag. + bijlagen.
- Legrand, R., 1968. Le Massif de Brabant - Toelichtende Verhandelingen voor de Geologische kaart en de Mijnkaart van België, nr 9
- Marechal, R., 1961. Isohypsen van de top van het Krijt. Ministerie van openbare werken en wederopbouw

- Marechal, R. en P. Laga, 1988. Voorstel Lihostratigrafische Indeling van het Paleogeen - Nationale Commissies voor Stratigrafie, Commissie Tertiair
- Marechal, R., 1992. Kwartairgeologie en Lithologie van de oppervlakkige lagen - Tweede Atlas van België, blad II.3
- Meyus, Y., S.T. Woldeamlak, O. Batelaan en F. De Smedt, 2004. Opbouw van een Vlaams Grondwatervoedingsmodel: Eindrapport. Rapport in opdracht van AMINAL, afdeling Water, Brussel, 81 pag.
- Ministerie van Vlaamse aangelegenheden en Ministerie van Volksgezondheid, 1980 – Hydrogeologische studie van het Kempisch Plateau en de Limburgse Maasvallei. 120 pag.
- Paulissen, E., 1973. De morfologie en de Kwartairstratigrafie van de Maasvallei in Belgisch Limburg. Kon. Acad. Wet. Let. Schone Kunsten België
- Steurbaut, E. en D. Nolf, 1986. Revision of Ypresian Stratigraphy of Belgium and Northwestern France - Mededelingen Werkgroep Tertiaire en Kwartaire Geologie, 23 (4), pp 115-172
- Steurbaut, E., 1992. Integrated stratigraphic analysis of Lower Rupelian deposits (Oligocene) in the Belgian Basin - Annales de la Société Géologique de Belgique, T. 115 (fascicule 1), pp 287-306
- Vandenberghe, N. en P. Laga, 1996. De aarde als fundament. Een inleiding tot de geologie voor ingenieurs. Leuven. Acco, 2<sup>de</sup> uitgave
- Vandenberghe, N., 1998. Geologie van België, Lesmateriaal Kuleuven;
- Walraevens, K. en M. Van Camp, 2003. Grondwatermodellering voor Landeniaan, Krijt en Sokkel: Modelleren van een aantal scenario's. Rapport in opdracht van AMINAL, afdeling Water, Brussel, 73 pag.
- Wouters, L. en N. Vandenberghe, 1994. Geologie van de Kempen, een synthese – NIRAS

### 9.3 *Aanvullende referenties: interne rapporten en publicaties over het project*

- Batelaan, O. en F. De Smedt, 2001. WetSpa: a flexible, GIS based, distributed recharge methodology for regional groundwater modelling. In: Gehrels, H., Peters, J., Hoehn, E., Jensen, K., Leibundgut, C., Griffioen, J., Webb, B. and Zaadnoordijk, W-J. (Eds.). Impact of Human Activity on Groundwater Dynamics, IAHS Publ. No. 269, pp11-17
- Cools, J., Y. Meyus, O. Batelaan en F. De Smedt, 2002a. A large-scale hydrogeological database and groundwater model for Flanders: a tool for integrated groundwater management. In: Ramirez, J.A. (Ed.) Hydrology Days 2002. Twenty second Annual American Geophysical Union, Proceedings, Colorado State University, Fort Collins, Colorado, USA, pp46-55
- Cools, J., Y. Meyus, O. Batelaan en F. De Smedt, 2002b. Building data-bases in view of the large-scale hydrogeological modelling of Flanders. Proceedings of Geologica Belgica International Meeting, Leuven 11-15 September 2002, Aardk. Mededel., 12, pp193-195
- Cools, J., Y. Meyus, J. Matthijs en F. De Smedt, 2002c Enhanced representation of local elevation extremes in a regional DEM. ECO-Geowater Workshop, Oxford, 9-13 Juli 2002. European Commission, High-level Scientific Conferences
- Meyus, Y., O. Batelaan en F. De Smedt, 2000c. Concept Vlaams Grondwater Model (VGM), Technisch concept van het VGM, Deelrapport 1, Hydrogeologische Codering van de Ondergrond van Vlaanderen (HCOV): Rapport in opdracht van AMINAL, afdeling Water, Brussel, 57 pag.
- Meyus, Y., D. De Smet, F. De Smedt, K. Walraevens, O. Batelaan en M. Van Camp, 2000a. Hydrogeologische codering van de ondergrond in Vlaanderen. @wel 8 - water. <http://www.wel.be>
- Meyus, Y., T. Van Daele, O. Batelaan en F. De Smedt, 2000b. Concept Vlaams Grondwater Model (VGM): Eindrapport. Rapport in opdracht van AMINAL, afdeling Water, Brussel, 90 pag.