

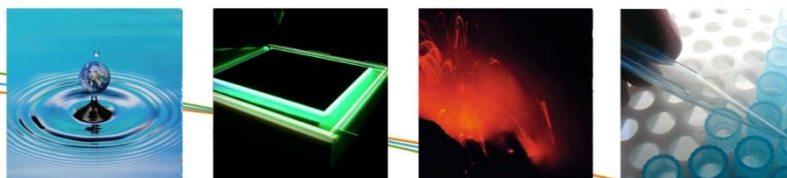
EINDRAPPORT

Opbouw van een geologisch 3D-lagenmodel: Quartair - exclusief de Kempen Groep en de Merksplas Formatie

J. Matthijs

Studie uitgevoerd in opdracht van Albon
2011/SCT/R/06

januari 2011



VITO NV

Boeretang 200 – 2400 MOL – BELGIE
Tel. + 32 14 33 55 11 – Fax + 32 14 33 55 99
vito@vito.be – www.vito.be

BTW BE-0244.195.916 RPR (Turnhout)
Bank 435-4508191-02 KBC (Brussel)
BE32 4354 5081 9102 (IBAN) KREDBEBB (BIC)



VERSPREIDINGSLIJST

Albon : 5 exemplaren
BGD : 2 exemplaren
VITO : 1 exemplaar

SAMENVATTING

Binnen de referentieopdracht VLAKO maakt VITO voor de Vlaamse Overheid een geologisch 3D lagenmodel aan van de Vlaamse ondergrond. Als afsluitende laag van dit 3D-model werd het DEM-VLAKO aangemaakt. Het grensvlak dat de verbreiding en het voorkomen "aan de oppervlakte" van de verschillende Tertiaire en oudere geologische lagen bepaalt, is evenwel het basisvlak van de Quartaire sedimenten.

Na een analyse van alle mogelijke beschikbare data, al dan niet digitaal, wat betreft het Quartair van Vlaanderen, werd er geopteerd om een 3D-model van de basis van het Quartair te maken vertrekkende van een diktemodel van deze sedimenten. Het rekenkundig verschil tussen het DEM-VLAKO en dit diktemodel resulteert in het 3D-model voor de basis van het Quartair. Het diktemodel zelf wordt opgebouwd aan de hand van isopachen of lijnen van gelijke dikte. Deze worden getekend op basis van waarnemingspunten van het Quartair, geleid door een GIS-onderlegger, die de relaties weergeeft tussen de dikte van het Quartair enerzijds en de topografie en het substraat anderzijds. Ondanks de beperkte hoeveelheid waarnemingen, zijn geologisch realistische interpolaties en extrapolaties mogelijk omwille van deze GIS-onderlegger.

Het 3D-model voor de basis van het Quartair werd vergeleken met het model voor hetzelfde vlak gemaakt tijdens de HCOV-kartering. Het verschil tussen beide werd ruimtelijk in kaart gebracht. De standaarddeviatie bedraagt 3.90 meter. De grootste verschillen ($> 2 \times$ standaarddeviatie) bevinden zich in de valleien van het waterloppennetwerk, op het Kempisch Plateau, in de Roerdalslenk en op de interfluvia waar weinig of geen Quartair aanwezig is. Het nieuwe model accentueert het reliëf van de basis van het Quartair en geeft het bovendien meer detail. Dit zal zich bijgevolg weerspiegelen in een groter detail voor wat betreft het voorkomen van de verschillende geologische pakketten onder het Quartair, wat uiteindelijk het beoogde doel is voor het geologisch 3D lagenmodel.

INHOUD

Verspreidingslijst	I
Samenvatting	II
Inhoud	III
Lijst van figuren	IV
Hoofdstuk 1 Inleiding	1
Hoofdstuk 2 Beschikbare data	2
2.1 Puntdata	2
2.2 Kaartmateriaal	4
2.3 Digitale rasterdata	6
Hoofdstuk 3 Werkwijze	8
3.1 Algemene werkwijze	9
3.2 De geologische kennis	9
3.3 Isopachenkaarten van het Quartair	15
3.4 3D-model voor de basis van het Quartair	17
3.5 De lithostratigrafische grens van het Quartair	19
Hoofdstuk 4 Vergelijking	21
Hoofdstuk 5 Besluit	23
Literatuurlijst	24

LIJST VAN FIGUREN

Figuur 1: De verdeling van de beschikbare puntdata horende bij de Quartairkartering.	2
Figuur 2: De verdeling van de beschikbare puntdata horende bij de Tertiairkartering.	3
Figuur 3: Het verschil tussen de isohypsen van de basis van het Quartair uit de Tertiairkartering en het DHM-Vlaanderen, met de voorstelling van de zones waar de basis van het Quartair boven het maaiveld ligt.	5
Figuur 4: De heterogeniteit van de verschillende isopochenkaarten uit de Quartairkartering.	6
Figuur 5: Het 3D-model van de basis van het Quartair uit de HCOV-kartering onder de vorm van een raster.	7
Figuur 6: Een voorbeeld van de relatie tussen de dikte van het Quartair en het reliëf.	10
Figuur 7: Een voorbeeld van de relatie tussen de dikte van het Quartair en de lithologie en permeabiliteit van het substraat.	11
Figuur 8: De grote genetisch structurele eenheden van het Quartair in Vlaanderen.	12
Figuur 9: Een voorbeeld van een rasterbestand met de voorstelling van de relatieve dikte attribuutwaarden toegekend aan elke cel overeenkomstig de voorgestelde relatie tot de dikte van het Quartair.	13
Figuur 10: De GIS-onderlegger of het combinatiebestand van de verschillende rasterbestanden met relatieve dikte attribuutwaarden overeenkomstig de verschillende relaties tot de dikte van het Quartair.	13
Figuur 11: Schematische voorstelling van de verschillende geologische processen die aan de basis liggen van de beschreven relaties tot de dikte van het Quartair.	14
Figuur 12: De voorstelling van de waarnemingen uit de Quartair- en Tertiairkartering op een topografische achtergrond.	16
Figuur 13: De isopachen van het Quartair.	17
Figuur 14: Het 3D-model van de dikte van het Quartair onder de vorm van een raster.	17
Figuur 15: Het 3D-model van de basis van het Quartair onder de vorm van een raster.	18
Figuur 16: Het 3D-model van de topografie onder de vorm van een raster of het DEM-VLAKO.	18
Figuur 17: Schematisch overzicht van de lithostratigrafie gebruikt tijdens beide karteringen.	19
Figuur 18: De verdeling van het verschil tussen het nieuwe 3D-model van de basis van het Quartair en het model uit de HCOV-kartering uitgedrukt in standaarddeviatie.	21

HOOFDSTUK 1 INLEIDING

De Quartaire sedimenten in Vlaanderen vormen een laag die alle oudere afzettingen bedekt. De basis van het Quartair is dus het subcropvlak voor alle onderliggende lithostratigrafische eenheden en bijgevolg het vlak dat vastlegt hoe de afgedekte geologische kaart er uitziet. De vorm van dit vlak bepaalt of een formatie al dan niet voorkomt of “dagzoomt” (eigenlijk subcrop) onder de Quartaire deklaag. In dit opzicht vormt het 3D-model van het basisvlak van het Quartair één van de belangrijkste onderdelen van het geologisch 3D-lagenmodel. Het spreekt dan ook voor zich dat er voldoende aandacht aan de Quartaire laag dient besteed te worden om deze zo nauwkeurig mogelijk in 3D voor te stellen.

HOOFDSTUK 2 BESCHIKBARE DATA

De volgende datasets zijn beschikbaar voor wat het Quartair in Vlaanderen betreft:

- Puntdata
 - o De Quartaire interpretatie van alle boorbeschrijvingen in DOV horende bij de Tertiairkartering
 - o De Quartaire interpretatie van alle boorbeschrijvingen in DOV horende bij de Quartairkartering
- Kaartmateriaal
 - o De isohypsenkaarten van de basis van het Quartair horende bij de Tertiairkartering
 - o De isohypsenkaarten van de basis van het Quartair horende bij de Quartairkartering
 - o De isopachenkaarten van het Quartair horende bij de Tertiairkartering
 - o De isopachenkaarten van het Quartair horende bij de Quartairkartering
- Digitale rasterdata
 - o Het diepteraster van de basis van het Quartair horende bij de HCOV-kartering
 - o Het dikteraster van het Quartair horende bij de HCOV-kartering

Bovenstaande data worden kort toegelicht. Voor een uitgebreide analyse van de documenten wordt verwezen naar Matthijs 2008.

2.1 Puntdata

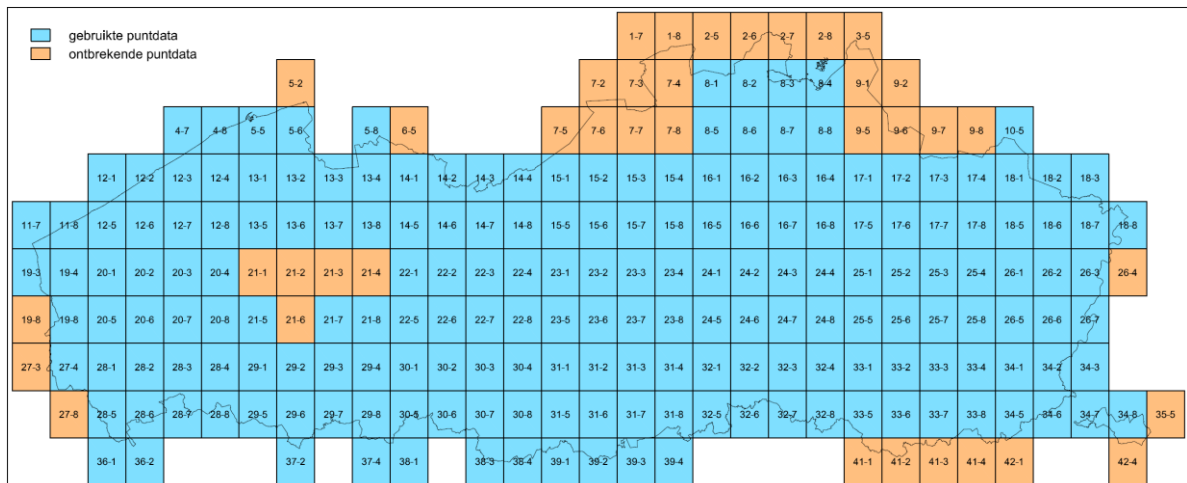
Tijdens de recente Tertiairkartering en de Quartairkartering van Vlaanderen zijn alle boorbeschrijvingen voornamelijk uit het archief van de Belgische Geologische Dienst (opnieuw) lithostratigrafisch geïnterpreteerd en digitaal overgemaakt aan DOV. Bij de Quartairkartering gebeurde deze interpretatie binnen het Quartair tot op het niveau van lithosoom, bij de Tertiairkartering werd het Quartair als één geheel aanzien.



Figuur 1: De verdeling van de beschikbare puntdata horende bij de Quartairkartering.

Bovenstaande figuur geeft weer voor welke topografische kaartbladen puntdata met een interpretatie uit de Quartairkartering beschikbaar zijn en voor welke bladen deze ontbreken. Deze laatste bevinden zich voornamelijk langs de grenzen van Vlaanderen en beslaan maar een heel klein deel van het Vlaams grondgebied. Hierop zijn 3 uitzonderingen terug te vinden, namelijk kaartbladen 25 (Hasselt) en 32 (Leuven) en een deel van kaartblad 30 (Geraardsbergen). De data zijn opgeslagen in een aantal met elkaar verbonden dbf-tabellen. Het ontbreken van data is deels te wijten aan het ontbreken van tabellen of data in tabellen en deels aan het ontbreken van de (juiste) verbanden tussen de verschillende tabellen.

De Quartaire interpretatie is in de dbf-tabellen per lithosoom met diepte van voorkomen opgegeven. Wanneer een grens tussen 2 of meerdere lithosomen niet vast te stellen is aan de hand van de boorbeschrijving, dan worden deze lithosomen samen met de einddiepte, waarop de basis van het oudste lithosoom voorkomt, opgegeven. Alle sedimenten met een ouderdom groter dan het Quartair worden aangeduid als substraat. Voor sommige kaartbladen is dit niet gebeurd en stopt de interpretatie met het laatst voorkomende Quartaire lithosoom. Deze interpretaties zijn niet te onderscheiden van waarnemingen die het substraat niet bereiken. Bijgevolg ontbreekt hier een belangrijke aanwijzing naar de diepte waarop de basis van het Quartair zich bevindt. In geval de grens tussen het Quartair en het substraat op basis van de boorbeschrijving niet kan vastgesteld worden (lithologisch geen of weinig onderscheid tussen het Quartair en het substraat), dan wordt het laatst herkende Quartaire lithosoom samen met het substraat en de aanvangdiepte waarop het substraat zeker herkend wordt, opgegeven. Met andere woorden, er is niet steeds voor alle beschikbare waarnemingen een diepte gekend, waarop de basis van het Quartair aangetroffen kan worden. Bovendien zijn de dbf-tabellen geregeld niet correct ingevuld. Klassieke fouten zijn, lithosomen die in een lithostratigrafisch foute volgorde voorkomen of het substraat dat minder diep aangetroffen wordt dan een Quartaire eenheid of begindieptes waarop lithostratigrafische eenheden voorkomen die groter zijn dan einddieptes, om er maar enkele te noemen. Het spreekt voor zich dat dit het gebruik van de data bemoeilijkt.



Figuur 2: De verdeling van de beschikbare puntdata horende bij de Tertiarkartering.

Bovenstaande figuur geeft weer voor welke topografische kaartbladen puntdata met een interpretatie uit de Tertiarkartering beschikbaar zijn en voor welke bladen deze ontbreken. Deze laatste bevinden zich voornamelijk langs de grenzen van Vlaanderen en beslaan maar een heel klein deel van het Vlaams grondgebied. Hierop zijn enkele uitzonderingen terug te vinden, namelijk kaartbladen 7 (Kapellen), 9 (Maarle) en 21 (Tielt). Ook tijdens de Tertiarkartering werden de data opgeslagen in een reeks met

elkaar verbonden dbf-tabellen. Het ontbreken van data is deels te wijten aan het ontbreken van tabellen of data in tabellen en deels aan het ontbreken van de (juiste) verbanden tussen de verschillende tabellen.

De Quartaire sedimenten worden hier als één geheel geïnterpreteerd en met begin en einddiepte in de tabellen opgegeven. Het onderliggende substraat wordt stratigrafisch verder opgedeeld, dit is natuurlijk voor zover het substraat in de waarneming bereikt wordt. In geval de grens tussen het Quartair en het substraat op basis van de boorbeschrijving niet kan vastgesteld worden (lithologisch geen of weinig onderscheid tussen het Quartair en het substraat), dan wordt het Quartair samen met het substraat en met de aanvangdiepte waarop de eerstvolgende lithostratigrafische eenheid binnen het substraat herkend wordt, opgegeven. Bijgevolg is ook hier niet steeds voor alle waarnemingen een diepte gekend, waarop de basis van het Quartair voorkomt.

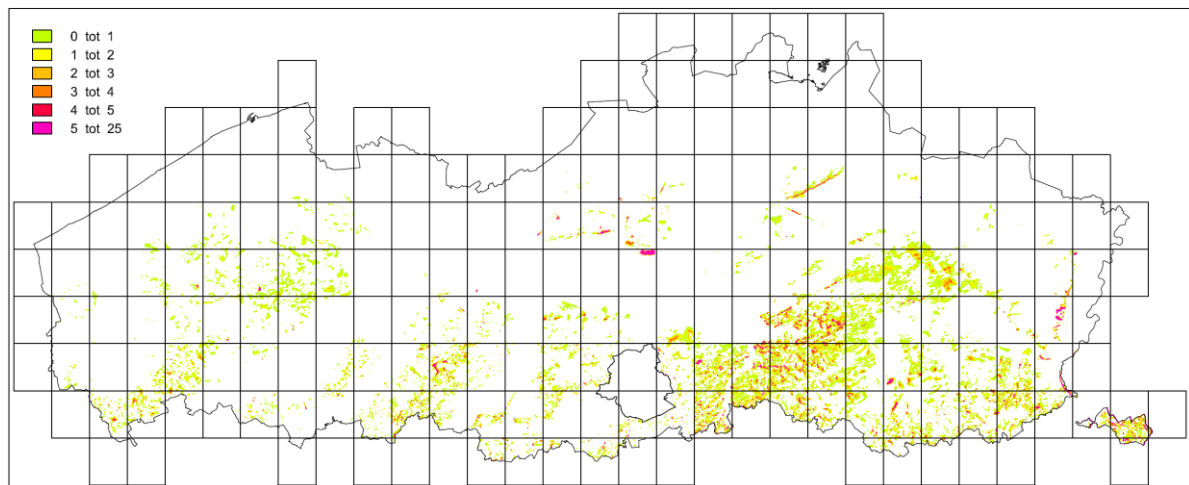
Voor de Quartairkartering zijn er ongeveer 53.500 waarnemingen in de tabellen opgeslagen, waarvoor er een Quartaire interpretatie bestaat. Voor de Tertiarkartering gaat het om 62.000 waarnemingen. Voor Vlaanderen komt dit neer op respectievelijk 4 waarnemingen/km² en 4.5 waarnemingen/km². De data zijn evenwel niet gelijkmatig verspreid over het Vlaamse grondgebied. Bovendien is één waarneming op een oppervlak van 500 bij 500 meter, gezien de sterke variabiliteit van de Quartaire lithologie op korte afstand, zeer weinig. Verder blijkt uit een analyse van de tabellen, dat voor de Quartairkartering 27.000 waarnemingen de basis van het Quartair bereiken, 23.000 binnen het Quartair stoppen en 3.500 waarnemingen ofwel weinig of geen informatie leveren over het Quartair ofwel onbetrouwbaar zijn omwille van het niet correct ingevuld zijn van de dbf-tabellen. Voor de Tertiarkartering gaat het respectievelijk om 35.000 waarnemingen die de basis van het Quartair bereiken, 23.000 waarnemingen die binnen het Quartair stoppen en 4.000 waarnemingen zonder noemenswaardige informatie over het Quartair. Gemiddeld gezien, zijn er bijgevolg 2 waarnemingen/km², die effectief een dieptewaarde geven voor de basis van de Quartaire sedimenten. Hieruit mag in eerste instantie geconcludeerd worden dat er veel te weinig puntwaarnemingen beschikbaar zijn, waarmee een gedetailleerd geologisch realistisch 3D-model voor de basis van het Quartair kan opgesteld worden.

2.2 Kaartmateriaal

Zowel tijdens de Quartair- als tijdens de Tertiarkartering is er een aantal kaartdocumenten aangemaakt voor wat het Quartair betreft. Belangrijk hierbij is in het achterhoofd te houden dat deze kaarten aangemaakt zijn met als doel het gebruik ervan op papier op schaal 1/50.000. Onder andere omwille van de manier waarop ze aangemaakt zijn, beschikken deze kaarten dan ook niet over de nodige nauwkeurigheid om zonder ingrijpende aanpassingen tot een realistisch digitaal 3D-model omgezet te worden (Matthijs, 2008).

De isohypsenkaarten van de basis van het Quartair, zoals opgeleverd bij beide karteringen worden ook wel de isohypsenkaarten van de top van het Tertiair genoemd. Dit is niet geheel juist aangezien er in Vlaanderen onder de Quartaire sedimenten, naast Tertiaire afzettingen, ook gesteenten van Mesozoïsche en Paleozoïsche ouderdom kunnen voorkomen. Deze kaarten vertonen geen eenduidige relatie met de isopachenkaarten van het Quartair en met de topografie. Het is te zeggen, de dikte van het Quartair tussen het maaiveld en de isohypsen van de basis van het Quartair, komt niet overeen met de dikte van het Quartair zoals voorgesteld op de isopachenkaarten. Beide kaartdocumenten (isohypsen- en isopachenkaarten) zijn immers los van elkaar tot stand gekomen. Daarnaast doet zich ook het euvel voor dat op verschillende plaatsen de isohypsen van de basis van het Quartair boven maaiveld uitkomen. Het verschil tussen topografie en isohypsen van de basis van het Quartair vertoont in die

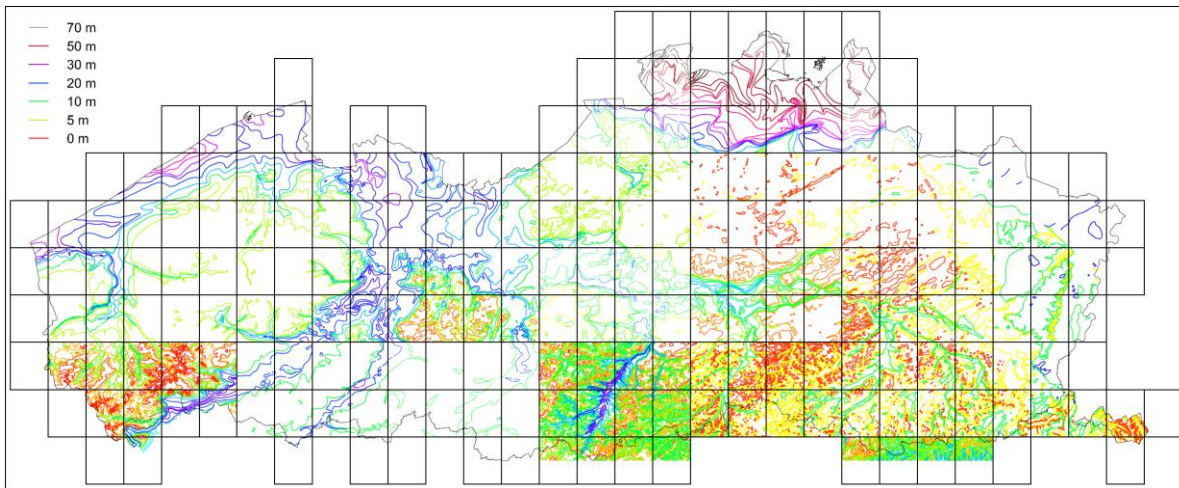
gevallen negatieve Quartaire diktes. Dit is niet zozeer een gevolg van de gebruikte equidistantie voor de isohypsen, als wel een gevolg van de wijze waarop de isohypsenkaarten van de basis van het Quartair tijdens de verschillende karteringen aangemaakt zijn. Tekenwerk gebeurde hoofdzakelijk op papier. Dit diende dan nadien gedigitaliseerd en gegeorefereerd te worden. Zowel de nauwkeurigheid van het tekenwerk als van de digitalisatie en van de georeferentie speelt hierbij een belangrijke rol. Enkele millimeters afwijking in planimetrie op een tekening op schaal 1/50.000 geeft al snel tientallen meters afwijking in werkelijkheid. Op papier valt dit niet op, aangezien een lijn hier op zich al een dikte van 1 millimeter heeft. Digitaal daarentegen valt het des te harder op. Op plaatsen met een geaccentueerd reliëf kan dit snel leiden tot verschillen in hoogte van 5 meter en meer. Ter illustratie werd het rekenkundig verschil gemaakt tussen de isohypsen van de basis van het Quartair uit de Tertiarkartering en het maaiveld zoals voorgesteld in het DHM-Vlaanderen (100 x 100). Eenzelfde oefening werd gedaan met het maaiveld uit het DEM-VLAKO (100 x 100) (Matthijs, 2010). In beide gevallen werd een gelijkaardig beeld verkregen, zoals weergegeven onderstaande figuur. Deze toont de plaats waar en de hoeveelheid waarmee de isohypsen van de basis van het Quartair boven de topografie uitsteken. Het is duidelijk dat dit vooral een probleem is in de heuvelachtige gebieden met steile taluds in het zuiden van Vlaanderen. Over het algemeen blijft het verschil, zijnde de plaats waar het Quartair aldus een negatieve dikte vertoont, beperkt tot 5 meter, maar lokale uitschieters tot 25 meter zijn mogelijk. Naar het noorden toe komt dit probleem minder tot uiting, aangezien de topografie er minder sterk geaccentueerd is. Hierbij dient nog vermeld te worden dat de onnauwkeurigheden wat betreft het Quartair alleen traceerbaar zijn waar het om negatieve diktes gaat. Plaatsen waar het Quartair, als gevolg van het bovenstaande, te dik is, zijn niet traceerbaar aangezien er geen referentieoppervlak beschikbaar is, aan de hand waarvan dit kan afgetoetst worden.



Figuur 3: Het verschil tussen de isohypsen van de basis van het Quartair uit de Tertiarkartering en het DHM-Vlaanderen, met de voorstelling van de zones waar de basis van het Quartair boven het maaiveld ligt.

De isopachenkaarten van het Quartair beschrijven de dikte van het Quartair aan de hand van lijnen van gelijke dikte. Deze kaarten zijn voor gans Vlaanderen opgeleverd bij de Quartair- en de Tertiarkartering. Bij de Tertiarkartering werden hoofdzakelijk isopachenkaarten aangemaakt met een equidistantie van 2.50 meter of van 5.00 meter of zelfs 10.00 meter, afhankelijk van het kaartblad, de auteur en de beschikbare data. Tijdens de Quartairkartering werden een aantal van deze isopachenkaarten verfijnd, andere werden integraal overgenomen uit de Tertiarkartering. De verfijning bestond erin gebruik te maken van een andere opdeling van isopachen, het is te zeggen er werd geen constante equidistantie gebruikt. De isopachen volgen de rekenkundige reeksen

1, 4, 10, of 0, 1, 3, 6, 10, 15, die gebaseerd waren op een evenredige verdeling van de hoeveelheid data tussen de isopachen (voor zover dit na te streven was). Uiteindelijk resulteerde dit ook in een zeer heterogeen geheel aan Quartaire isopachenkaarten voor gans Vlaanderen, zoals uit de onderstaande figuur is af te lezen.



Figuur 4: De heterogeniteit van de verschillende isopachenkaarten uit de Quartairkartering.

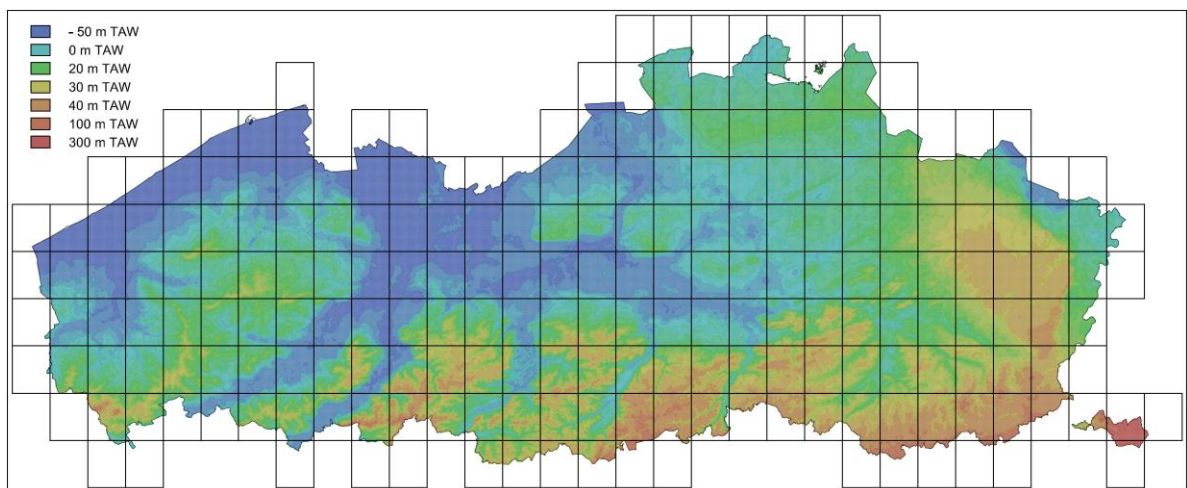
Wil men gebaseerd op deze isopachenkaarten een 3D-model van de basis van het Quartair aanmaken, dan spreekt het voor zich dat deze kaartenset op zijn minst dient gehomogeniseerd te worden. Zoniet wordt er een model verkregen waarbij de nauwkeurigheid varieert per kaartblad. Dit wil zeggen dat de kaartbladen waar de isopachen een equidistantie van 5 of 10 meter hebben, dat deze van extra isopachen dienen voorzien te worden, vooral in het lage bereik tussen 0 en 5 meter. De kaartbladen waarbij de 10 meter isopache de bovengrens van alle isopachen vormt, dienen dan weer verder aangevuld te worden in het hoge bereik (in zoverre het Quartair op die kaartbladen ook effectief dikker is).

2.3 Digitale rasterdata

Tenslotte zijn er nog de rasterdata van het Quartair aangemaakt tijdens de HCOV-kartering. Deze data bestaan uit puntenbestanden opgebouwd volgens een regelmatig raster van cellen van 100 bij 100 meter. Elke cel wordt gekarakteriseerd door de x-, y- en z-coördinaat van het centrale punt. Afhankelijk van het soort raster stelt de z-coördinaat de dikte van het Quartair of de diepte van de basis van het Quartair (in TAW) voor.

Het raster van de basis van het Quartair is gebaseerd op de isohypsenkaarten van de basis van het Quartair, aangemaakt tijdens de Tertiarkartering. Hierbij werd er getracht een aantal van de problemen die zich bij deze isohypsenkaarten stellen op een pragmatische manier op te lossen. Zo werd er bijvoorbeeld in de zones waar de basis van het Quartair boven de topografie ligt, als aangepaste basis voor het Quartair, de hoogte van de topografie genomen, verminderd met 1 meter (Matthijs, 2008). Het raster van de dikte van het Quartair werd bekomen door het rekenkundig verschil te maken tussen het raster van de topografie en het raster van de basis van het Quartair. Aanvankelijk was het raster van de topografie bij de HCOV-kartering voor ongeveer 75% van Vlaanderen gebaseerd op het DTED niveau 2 van het NGI, ook wel gekend als het DTED Lambert. Dit DTED is gebaseerd op de hoogtelijnen uit de topografische kaarten op schaal 1/50.000 en vertoont slechts een beperkte nauwkeurigheid. Vandaar

dat dit later vervangen werd door het raster van het DHM-Vlaanderen (100 x 100). Bijgevolg diende het raster van de basis van het Quartair hieraan aangepast. Dit werd gedaan door het rekenkundig verschil te maken tussen het raster van het DHM-Vlaanderen en het HCOV-raster van de dikte van het Quartair (dat op zich bekomen was uit het oude HCOV-raster voor de topografie). Aan dit nieuwe raster voor de basis van het Quartair werden nog een aantal correcties uitgevoerd. Onder andere dienden de menselijke artefacten, aanwezig in het DHM-Vlaanderen, en nu ook als gevolg van de gebruikte werkwijze in dit nieuwe raster aanwezig, verwijderd te worden (Vancampenhout et al., 2007). De relatie tussen het 3D-model voor de basis van het Quartair, als resultaat van de voorgaande bewerkingen, en de oorspronkelijke waarnemingen van het Quartair uit de beschrijvingen van de ontsluitingen en boringen, kan in dat opzicht toch in vraag gesteld worden. Onderstaande figuur stelt het HCOV-raster van de basis van het Quartair voor. Verderop, in hoofdstuk 4, wordt er een beknopte vergelijking gemaakt tussen het HCOV-raster voor de basis van het Quartair en het 3D-model voor de basis van het Quartair, zoals het in deze studie werd opgesteld.



Figuur 5: Het 3D-model van de basis van het Quartair uit de HCOV-kartering onder de vorm van een raster.

HOOFDSTUK 3 WERKWIJZE

Het doel van de studie is een zo realistisch mogelijk geologisch 3D-model op te stellen voor de basis van het Quartair. Met "realistisch" wordt hier bedoeld, enerzijds dat er naar gestreefd wordt om de relatie met de waarnemingen zo optimaal mogelijk te behouden, zodanig dat het model op die plaatsen aan de realiteit voldoet. En anderzijds dat op plaatsen waar geen observaties aanwezig zijn een geologisch verantwoorde of geologisch realistische waarde voorgesteld wordt. Uit de analyse van de beschikbare data kan de volgende conclusie getrokken worden. Voor de aanmaak van een geologisch realistisch 3D-model voor het basisvlak van de Quartaire sedimenten:

- zijn er te weinig waarnemingen beschikbaar (2 observaties/km²), gezien de hoge variabiliteit van de Quartaire lithostratigrafische opbouw op korte afstand.
- is het bestaande kaartmateriaal te heterogeen van kwaliteit.
- hebben de bestaande rasterdata te weinig relatie met de oorspronkelijke waarnemingen.

De bestaande rasterdata nogmaals bewerken om ze in overeenstemming te brengen met de oorspronkelijke waarnemingen, lijkt niet onmiddellijk de meest aangewezen manier van werken om tot een goed 3D-model te komen. Het homogeniseren van het kaartmateriaal is al evenmin evident, toch zeker als het gaat om de isohypsenkaarten van de basis van het Quartair. Vertrekkend van gemiddeld 2 waarnemingspunten/km² is het weinig zinvol een nieuwe isohypsenkaart voor het basisvlak van het Quartair te tekenen. Met uitzondering van de plaatsen waar in het bestaande kaartmateriaal de isohypsen van de basis van het Quartair boven het maaiveld lagen, zal deze nieuwe kaart slechts weinig meerwaarde hebben. De isopachenkaarten van het Quartair opwaarderen, is op het eerste zicht ook geen oplossing. Immers zoals meermaals in de begeleidende teksten van de nieuwe geologische kaarten voor Vlaanderen opgeworpen wordt, is het wetenschappelijk niet verantwoord gedetailleerde isopachenkaarten aan te maken op basis van interpolaties tussen zo'n beperkt aantal waarnemingen.

Er kan evenwel voor gezorgd worden dat de waarde van het beperkt aantal waarnemingen opgewaardeerd wordt aan de hand van de reeds bestaande geologische kennis. En wel op zo'n manier dat er geologisch verantwoorde extrapolaties kunnen uit voortvloeien. Volgende geologische kennis kan hierbij van pas komen:

- de relatie tussen het huidige reliëf en het reliëf van de basis van het Quartair
- de relatie tussen de topografische locatie en de dikte van het Quartair aldaar
- de relatie tussen de steilte van het huidige reliëf en de dikte van het Quartair
- de relatie tussen de lithologie van het substraat en de dikte van het Quartair
- de relatie tussen de lithologie van het Quartaire sediment en de dikte van het Quartair
- de relatie tussen de aanwezigheid/afwezigheid van waterlopen en de dikte van het Quartair
- de relatie tussen de permeabiliteit van het substraat en de dikte van het Quartair

Waarschijnlijk kan deze lijst nog verder uitgebreid worden. Verschillende van deze relaties zijn bovendien onderling met elkaar verbonden. Wat deze relaties juist inhouden wordt verder uitgeklaard. Op basis van alle waarnemingen en deze kennis kan er een geologisch realistisch 3D-model van de dikte van het Quartair aangemaakt worden. Door het rekenkundig verschil te maken tussen het 3D-model van de

topografie, het DEM-VLAKEO (Matthijs, 2010), en dit diktemodel van het Quartair, wordt het 3D-model voor het basisvlak van de Quartaire sedimenten verkregen. Wat uiteindelijk het beoogde doel is.

3.1 Algemene werkwijze

De basisgedachte bestaat erin dat het 3D-model van de basis van het Quartair bekomen wordt uit het rekenkundig verschil van een 3D-model van de topografie en een 3D-model van de dikte van de Quartaire afzettingen. De achterliggende redenen hiervoor zijn:

- op die manier wordt er een vlak gecreëerd dat zeker nergens boven het maaiveld uitsteekt.
- voor de dikte van het Quartair kan een geologisch realistisch 3D-model aangemaakt worden op basis van de beperkte hoeveelheid waarnemingen in combinatie met bestaande de geologische kennis wat betreft het Quartair, die zoals blijkt uit bovenstaande opsomming, meestal terug te voeren is tot een relatie met de dikte.

Er wordt vertrokken van een 3D-model van het reliëf. Er bestaan verschillende topografische modellen, maar uiteindelijk werd er gekozen om zelf een model aan te maken, namelijk het DEM-VLAKEO (Matthijs, 2010). Vervolgens wordt er een 3D-model aangemaakt van de dikte van het Quartair. Hiervoor wordt er gesteund op de Quartaire interpretaties van alle waarnemingen uit DOV en de isopachenkaarten van het Quartair uit de Quartair- en de Tertiairartering en op de bestaande geologische kennis al dan niet vervat in literatuur. Met andere woorden de bestaande isopachenkaarten worden gehomogeniseerd of beter gezegd de isopachenkaarten met voldoende detail en gebaseerd op dezelfde manier van werken als hier beschreven (kaarten 27, 28, 31, 36, 39 en 41), blijven behouden en de andere worden opnieuw aangemaakt, maar nu met voldoende detail. Eenmaal een volledige set aan isopachenkaarten van het Quartair voor handen, worden deze omgezet naar een puntenbestand. Dit puntenbestand wordt door middel van de 'kriging' interpolatietechniek naar een rasterbestand omgezet met een celgrootte van 25 bij 25 meter. Vervolgens wordt het rekenkundig verschil gemaakt tussen het rasterbestand van DEM-VLAKEO en het rasterbestand met de dikte van het Quartair. Omwille van de verwerkbaarheid wordt uit dit laatste rasterbestand een raster met een celgrootte van 100 bij 100 meter geëxtraheerd. Het 3D-model door dit laatste raster beschreven, wordt opgeleverd. Rasterbewerkingen ter bepaling van dagzoomgrenzen of subcropgrenzen zullen uitgevoerd worden met de rasterbestanden van 25 bij 25 meter.

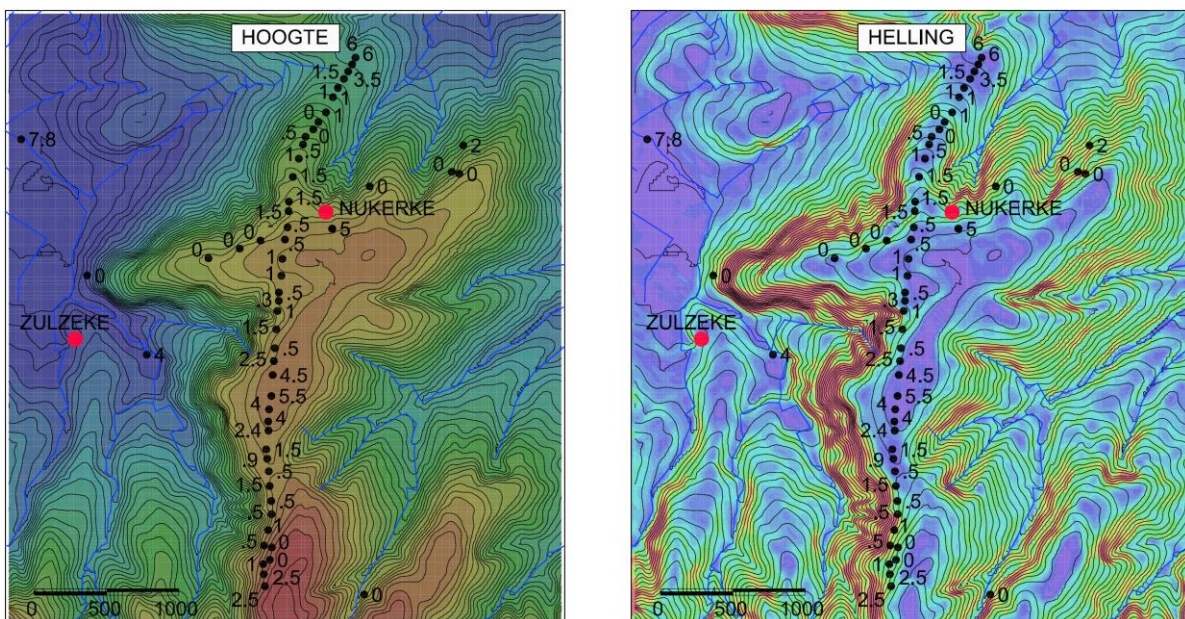
3.2 De geologische kennis

Het aanmaken van de isopachenkaarten van het Quartair steunt op de bestaande Quartaire interpretaties van de waarnemingen uit DOV. Zoals reeds gezegd is het aantal waarnemingen te beperkt in vergelijking met de variabiliteit van de Quartaire lithostratigrafische opbouw op korte afstand om een betrouwbaar model op te stellen. Er zijn regels nodig die het interpoleren tussen en het extrapoleren van Quartaire interpretaties op een zodanige manier kunnen gidsen, dat er een geologisch realistische isopachenkaart ontstaat. Deze regels zitten vervat in de geologische kennis die er bestaat met betrekking tot het Quartair in Vlaanderen (Matthijs, 2004 en 2010).

Een eerste vaststelling is dat het basisvlak van het Quartair in grote lijnen het huidige reliëf volgt. Zij het dan wel op een zekere diepte onder dit oppervlak, met andere woorden de basis van het Quartair kan nooit boven het maaiveld liggen. Zo ligt de basis van het Quartair hoog daar waar ook de topografie hoog gelegen is. Is de topografie

eerder aan de lage kant dan ligt de basis van het Quartair daar ook laag. Bij een steile helling in het reliëf hoort over het algemeen ook een steile helling in het basisvlak van het Quartair. Er zijn natuurlijk gevallen bekend waar deze relatie niet meer opgaat, maar deze zijn eerder schaars. Zo bestaan er bedolven valleien, het is te zeggen de basis van het Quartair vertoont een insnijding, terwijl deze in de topografie niet meer aangetroffen wordt als gevolg van opvulling met loess of zand. Een ander voorbeeld kan gevonden worden in loessduinen in het zuiden van Haspengouw. Het basisvlak van het Quartair kent er geen noemenswaardige reliëfverschillen, het is te zeggen deze basis helt zachtjes naar het noorden. De topografie daarentegen vertoont er duidelijk noordoost-zuidwest georiënteerde heuvelruggen. Maar dit zijn eerder uitzonderingen dan de regel.

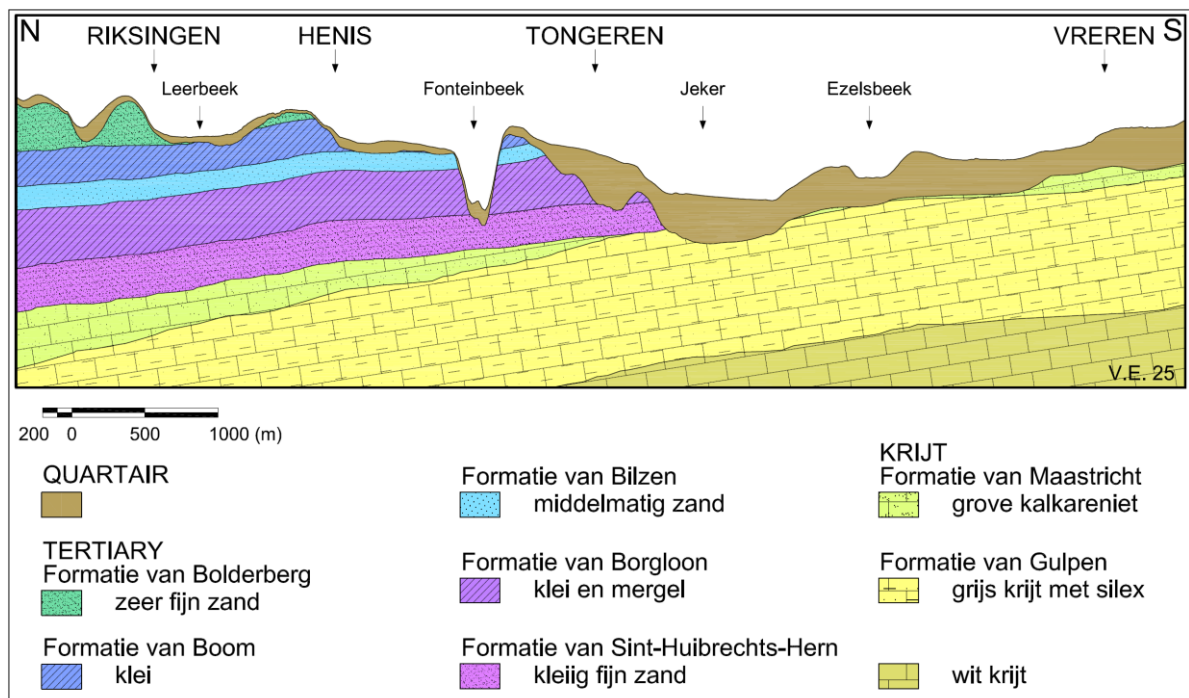
Een volgende vaststelling is dat de dikte van het Quartair in relatie staat tot de topografie. Hierbij kunnen verschillende waarnemingen gedaan worden. Een eerste vaststelling is dat dikte van het Quartair verschilt naargelang de locatie van de waarneming in het reliëf. Zo is de dikte van het Quartair over het algemeen groot in valleien, iets minder groot op interfluvia en klein op hellingen. Rechtstreeks in verband hiermee staat de tweede vaststelling, namelijk dat de dikte van het Quartair afneemt naarmate het reliëf steiler wordt. Worden er een reeks waarnemingen gedaan vertrekkend vanuit de vallei, langs de helling tot op het interfluvium, dan wordt er aanvankelijk een zeer dik pakket Quartaire afzettingen aangetroffen. De dikte van het sediment neemt vervolgens helling opwaarts stelselmatig af tot op het punt waar de helling het steilst is. Mogelijk komt er daar geen Quartair sediment voor. Vanaf dan neemt de dikte van het Quartair weer geleidelijk aan toe. Op de top van het interfluvium wordt opnieuw een relatief dik pakket Quartaire afzettingen aangetroffen. Onderstaande figuur geeft een voorbeeld uit het uiterste zuidwesten van de provincie Oost-Vlaanderen, langs de weg van Oudenaarde naar Ronse, die het interfluvium tussen de Schelde en de Rone opklimt. De puntwaarnemingen geven de dikte van het Quartair weer, in de linkse figuur geven de kleuren het reliëf weer (blauw = laag, rood = hoog), in de rechtse figuur geven de kleuren de steilte van de helling weer (blauw = vlak, rood = steil).



Figuur 6: Een voorbeeld van de relatie tussen de dikte van het Quartair en het reliëf.

Een derde vaststelling hierbij is dat het al dan niet aanwezig zijn van waterlopen in de valleien ook bepalend is voor de dikte van het Quartair. Zo is de dikte van het Quartaire sediment over het algemeen groter in valleien met een waterloop dan in droge valleien. Verder zal de dikte van het Quartair in de valleien over het algemeen stroomafwaarts toenemen. Met andere woorden de basis van het Quartair dient stroomafwaarts steeds dieper te liggen. Water stroomt in normale omstandigheden immers niet bergop.

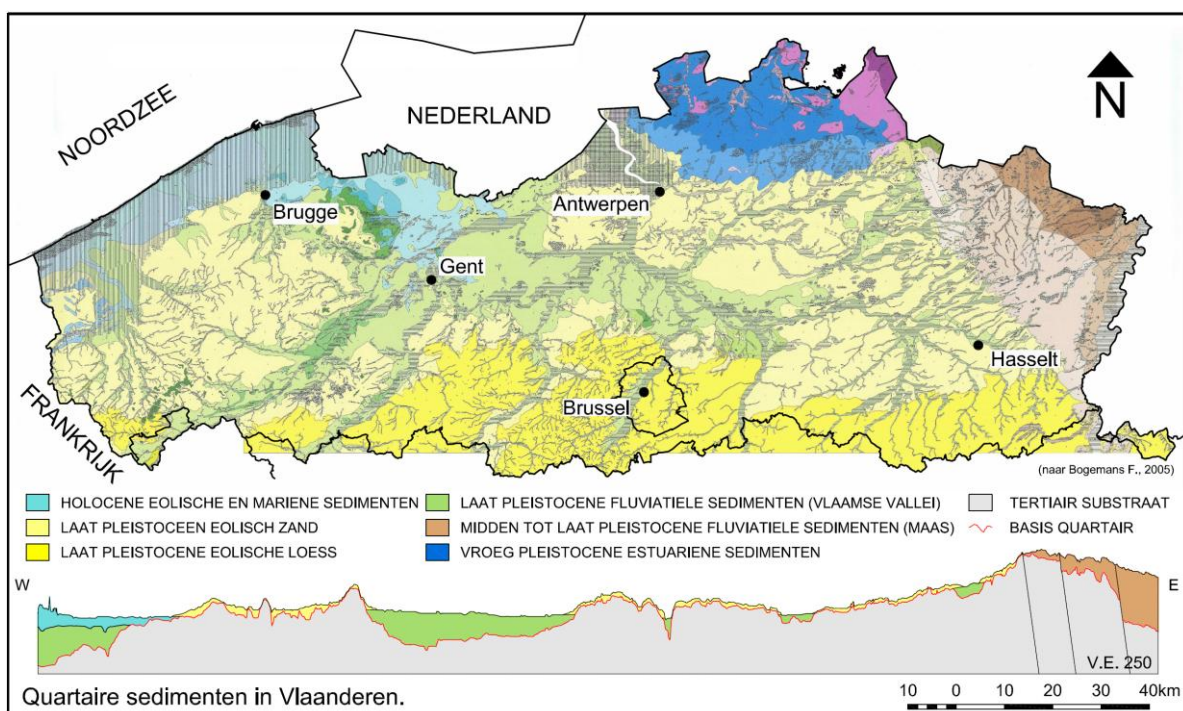
Er wordt ook vastgesteld dat er een relatie bestaat tussen het substraat en de dikte van het Quartair. De lithologie van het substraat evenals de permeabiliteit speelt hier een belangrijke rol. Beide eigenschappen van het substraat zijn natuurlijk nauw met elkaar verbonden. Algemeen kan gesteld worden dat bij eenzelfde topografische locatie de dikte van het Quartair varieert met de lithologie van het onderliggend substraat. En hetzelfde kan gezegd worden van de permeabiliteit. Zo zal het Quartair gewoonlijk dikker zijn op een permeabel zand substraat dan op een weinig permeabel hard zandsteen substraat of op een niet permeabel klei substraat. Er zijn gevallen bekend waar de relatie tussen het substraat en de dikte van het Quartair niet opgaat. Als voorbeeld kan er hier het Hallerbos aangehaald worden. Dit is gelegen op het interfluvium tussen de Zenne, de Haine en de Meerbeek. Het substraat bestaat er uit permeabele zanden van de Formatie van Brussel. Desondanks is het Quartair er quasi onbestaande. Weerom zijn dit eerder uitzonderingen dan de regel. Onderstaande figuur geeft een voorbeeld van de relatie tussen de dikte van het Quartair en de lithologie en permeabiliteit van het substraat weer, gesitueerd in het zuiden van de provincie Limburg ter hoogte van Tongeren. Het onderscheid tussen "Vochtig Haspengouw" en "Droog Haspengouw" trekt zich duidelijk door tot in (de dikte van) het Quartaire dek.



Figuur 7: Een voorbeeld van de relatie tussen de dikte van het Quartair en de lithologie en permeabiliteit van het substraat.

Uit een laatste vaststelling blijkt dat ook de genese en de lithologie van het Quartair zelf een invloed hebben op de dikte van de afzetting. Zo kunnen er een vijftal grote genetische structurele eenheden in het Quartair van Vlaanderen onderscheiden worden; de Holocene (hoofdzakelijk) mariene sedimenten van de kustvlakte, de Laat Pleistocene eolische sedimenten verspreid over gans Vlaanderen, de Laat Pleistocene fluviale

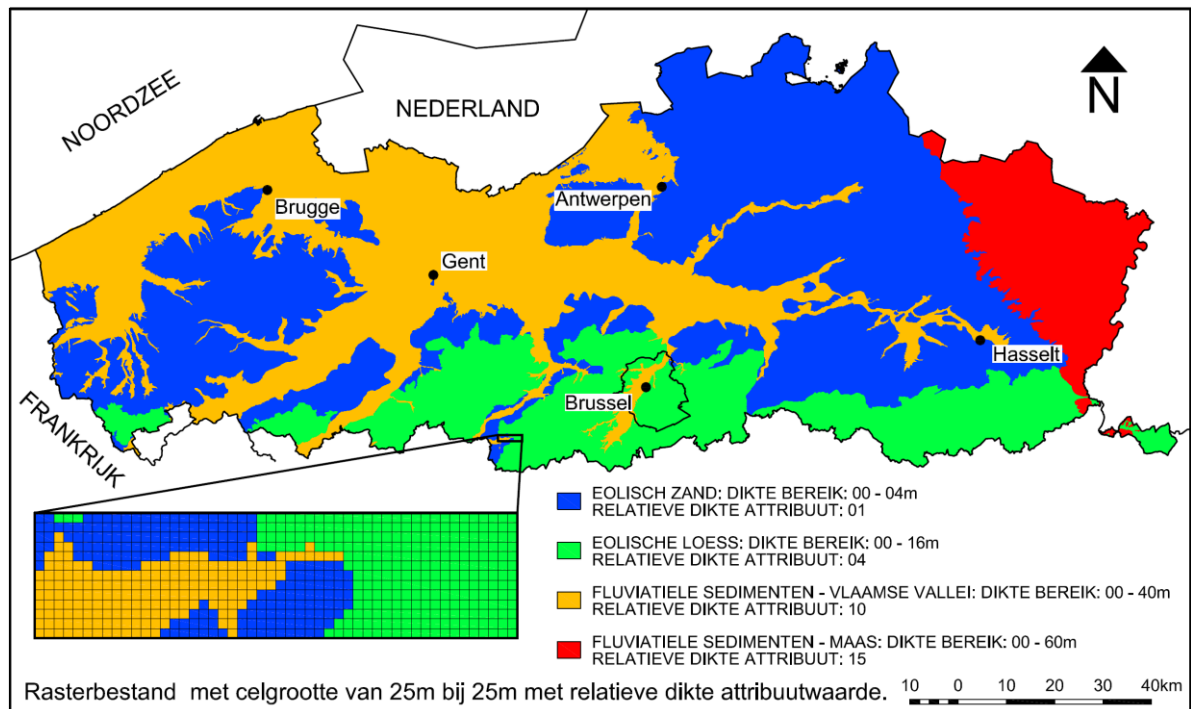
sedimenten van de Vlaamse Vallei, de Midden tot Laat Pleistocene fluviale sedimenten van de Maas en de Vroeg Pleistocene estuariene sedimenten van de Noorderkempen. Elk van deze genetisch structurele eenheden heeft een eigen bereik voor wat de dikte van de Quartaire sedimenten betreft. Binnen de Laat Pleistocene eolische sedimenten kan er nog een opdeling gemaakt worden naar lithologie. Hierbij valt het op dat de dikte van het Quartair toeneemt naargelang de korrelgrootte van het eolisch sediment kleiner wordt. De zandige afzettingen in het noorden van Vlaanderen blijven eerder beperkt in dikte (gemiddeld 2 à 3 meter). Naar het zuiden toe wordt het eolisch sediment stelselmatig fijner en neemt de dikte van het Quartair toe. In Haspengouw in het zuiden van Vlaanderen bestaan de eolische sedimenten uit leem en bereiken deze afzettingen uiteindelijk diktes van 15 meter en meer. Onderstaande figuur geeft een kaartvoorstelling van de genetisch structurele eenheden van het Quartair weer, naar Bogemans (2005). Het west-oost profiel van de kust tot de Maasvallei geeft een inzicht in de dikteverdeling van de Quartaire sedimenten binnen de verschillende genetisch structurele eenheden.



Figuur 8: De grote genetisch structurele eenheden van het Quartair in Vlaanderen.

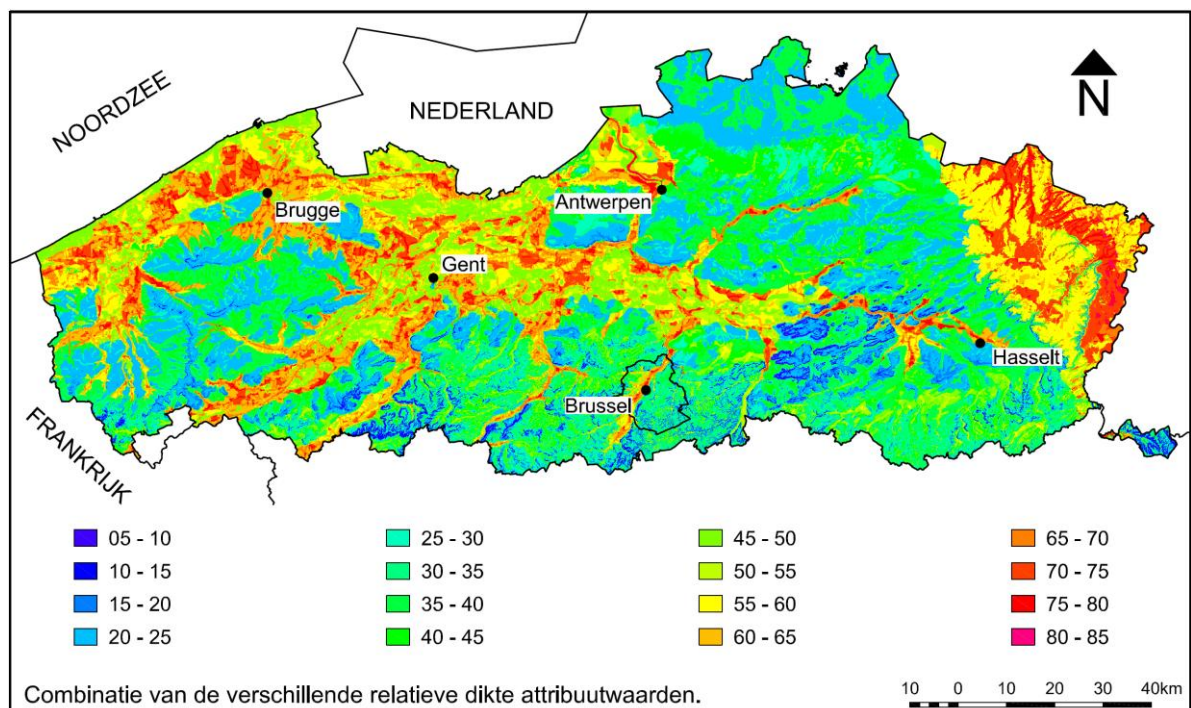
Verder in de studie, voor wat het modelleren van de dikte van het Quartair betreft, wordt er geen rekening meer gehouden met de Vroeg Pleistocene estuariene sedimenten van de Noorderkempen (zie 3.5), worden de Holocene mariene sedimenten van de kustvlakte in de Quartaire structurele eenheid van de Vlaamse Vallei geïncorporeerd en worden de Laat Pleistocene eolische sedimenten opgeplitst naar lithologie in een noordelijke zandige eenheid en een zuidelijke lemige eenheid.

De meeste van deze vaststellingen zijn onderling verbonden en/of zijn gelijktijdig werkzaam. Voor elk van deze vaststellingen werd een rasterbestand aangemaakt met een celgrootte van 25 bij 25 meter, waarbij de z-coördinaat een numerieke attribuutwaarde toegekend krijgt, die aangeeft of de vaststelling voor elke cel leidt tot een grote dan wel een kleine dikte voor het Quartair. De som van deze rasterbestanden geeft dan de combinatie van de verschillende vaststellingen weer en geeft bijgevolg aan of de te verwachten dikte van het Quartaire sediment groot of klein zal zijn (figuur 9).



Figuur 9: Een voorbeeld van een rasterbestand met de voorstelling van de relatieve dikte attribuutwaarden toegekend aan elke cel overeenkomstig de voorgestelde relatie tot de dikte van het Quartair.

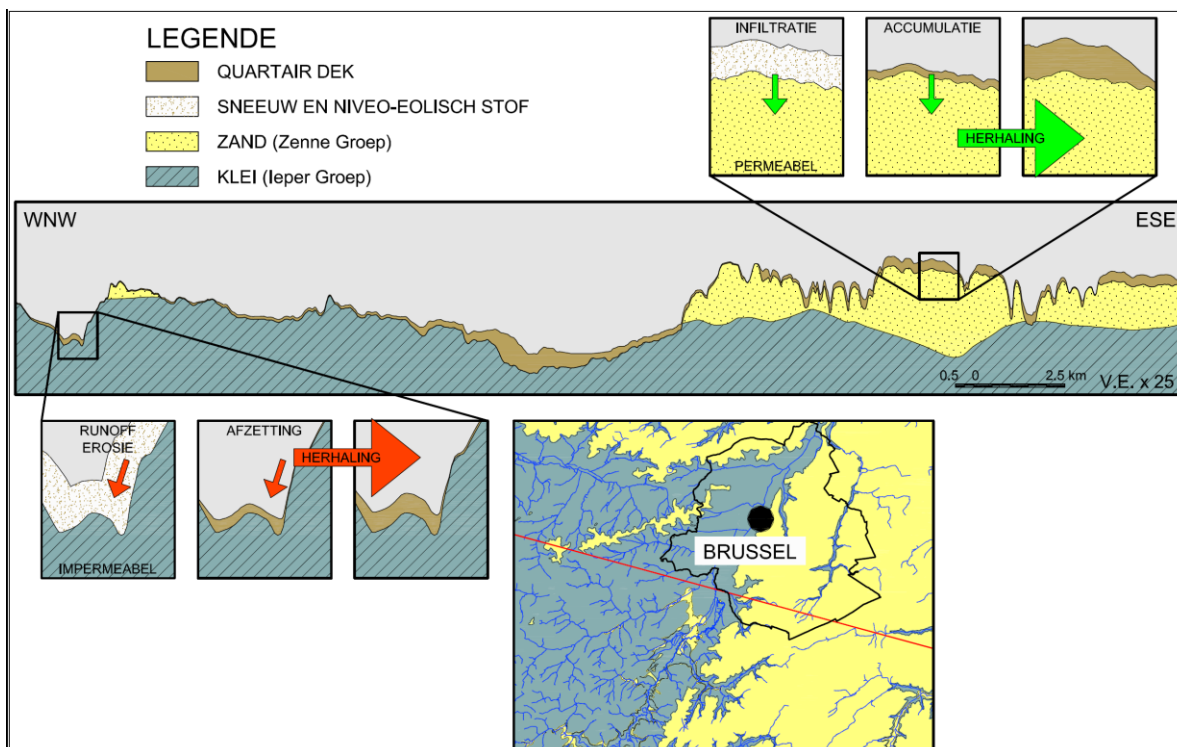
Het combinatiebestand, dat in feite een weergave is van de geologische kennis wat betreft de dikte van het Quartair in Vlaanderen, dient dan als leidraad bij de interpolatie tussen en de extrapolatie van Quartaire interpretaties. Dit rasterbestand wordt verder als de GIS-onderlegger aangeduid (figuur 10).



Figuur 10: De GIS-onderlegger of het combinatiebestand van de verschillende rasterbestanden met relatieve dikte attribuutwaarden overeenkomstig de verschillende relaties tot de dikte van het Quartair.

De achterliggende geologische processen (eolisch transport, fluviatiel transport, transport door middel van massabeweging, runoff, sedimentatie, ...) kunnen nog best met enkele voorbeelden geïllustreerd worden (figuur 11):

- Een steile helling met een impermeabele klei als substraat zal leiden tot runoff van regen- en smeltwater. Het eolisch aangevoerd sediment zal hierbij weinig of geen kans krijgen tot afzetten, maar zal helling afwaarts spoelen en onderaan in de vallei accumuleren. Het gevolg is dat de dikte van het Quartair sediment op de helling zeer beperkt blijft. De valleien en depressies daarentegen geraken opgevuld met dikke Quartaire afzettingen.
- De top van een interfluvium met een permeabel substraat van krijt zal leiden tot snelle infiltratie van regen- en smeltwater. Er is weinig kans op runoff of massatransport gezien de beperkte helling van het reliëf en het onmiddellijk doorsijpelen van het water naar de ondergrond. Het eolisch aangevoerde sediment zal bijgevolg ter plaatse blijven liggen en zich stilaan opstapelen. Het Quartair zal in dit geval dan ook relatief dik zijn.
- In valleien komen er zowel Quartaire sedimenten van fluviatiel transport, transport door massabeweging als eolisch transport terecht. Op interfluvia komen er enkel Quartaire sedimenten van eolisch transport terecht. Het is dan ook logisch dat de Quartaire sedimenten in de valleien relatief gezien dikker zijn dan deze op de interfluvia.



Figuur 11: Schematische voorstelling van de verschillende geologische processen die aan de basis liggen van de beschreven relaties tot de dikte van het Quartair.

Voorgaande processen verklaren waarom er in sommige regio's veel en in andere weinig waterlopen zijn of waarom sommige waterlopen juist op die plaats liggen waar ze nu lopen en niet elders op een honderdtal meter afstand (figuur 11). Deze processen zijn ook vandaag aan het werk. Dat wil zeggen dat het pakket Quartaire sedimenten nog steeds onderhevig is aan verandering. Alle geologische waarnemingen gedaan sinds de oprichting van de Belgische Geologische Dienst zijn, voor wat het Quartair

betreft, slechts een momentopname geweest. Bijgevolg is elk model van het Quartair, op het moment dat het aangemaakt wordt, reeds achterhaald.

3.3 Isopachenkaarten van het Quartair

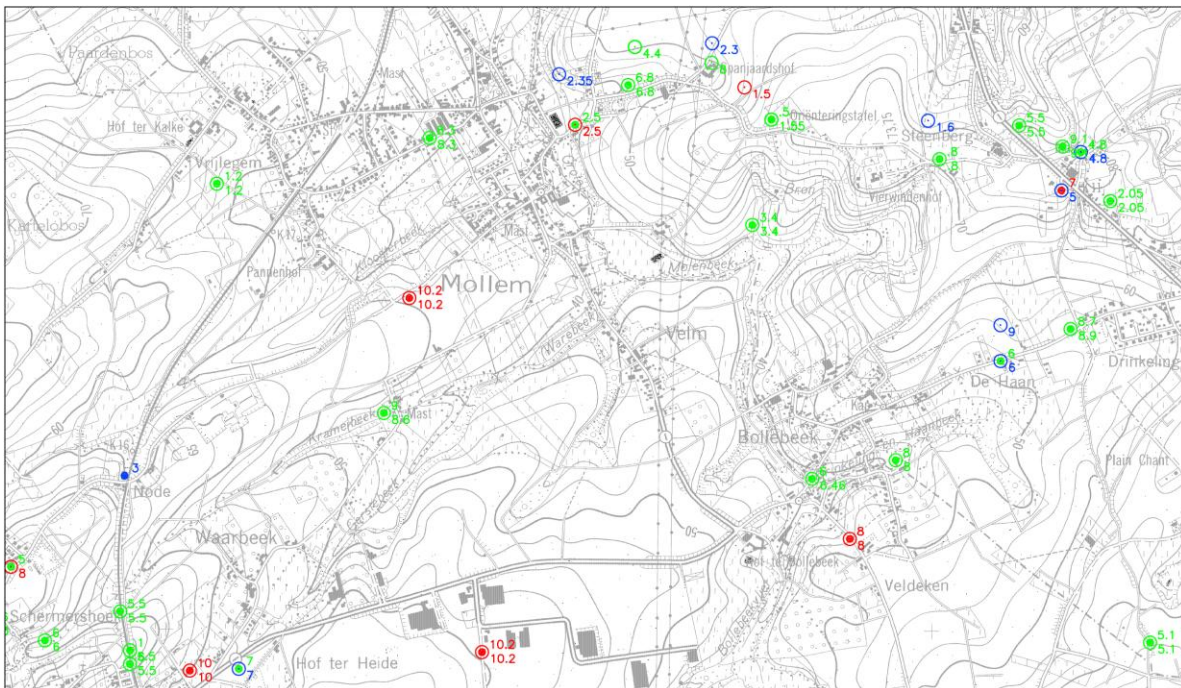
Uit de oorspronkelijk dbf-tabellen opgeleverd aan DOV tijdens de Quartair- en de Tertiairkartering worden de puntdata gefilterd. Voor de Tertiairkartering gebeurde dit op basis van het al dan niet voorkomen van de lithostratigrafische code Q voor Quartair en het al dan niet voorkomen van andere lithostratigrafische codes voor de oudere sedimenten. Verder werd er gebruik gemaakt van een vergelijking tussen de diepte waarop de basis van het Quartair voorkwam en de einddiepte van de boring. Zo werd er een opdeling gemaakt in:

- Waarnemingen waar het Quartair volledig doorboord werd, de basis van het Quartair werd bereikt:
 - o Geen code Q, met andere woorden er komt geen Quartair voor of de dikte van het Quartair is gelijk aan 0.
 - o Code Q gevolgd door andere codes, met andere woorden de dikte van het volledige Quartair is gekend.
- Waarnemingen waar het Quartair niet volledig doorboord werd, de basis van het Quartair werd niet bereikt:
 - o Code Q niet gevolgd door andere codes, met andere woorden de dikte van het Quartair is gedeeltelijk gekend en stelt een minimumwaarde voor de dikte van het Quartair.
- Problematische waarnemingen:
 - o Code Q niet gevolgd door andere codes, maar de diepte waarop Q aangetroffen wordt is kleiner dan de einddiepte van de waarneming.
 - o Code Q gevolgd door een andere code waarbij de einddiepte van het Quartair niet gekend als gevolg van weinig of geen lithologisch onderscheid met het onderliggende substraat.

Voor de Quartairkartering gebeurde de filtering van puntdata op het al dan niet voorkomen van de lithostratigrafische code \$ voor substraat. Verder werd er gebruik gemaakt van een vergelijking tussen de diepte waarop het substraat al dan niet bereikt werd en de einddiepte van de boring. Zo werd er een opdeling gemaakt in:

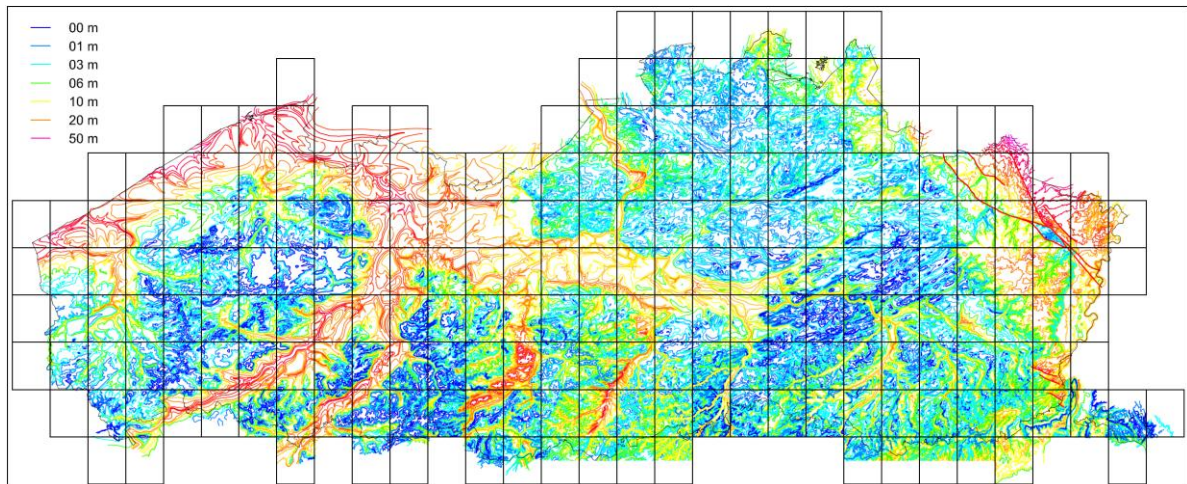
- Waarnemingen waar het Quartair volledig doorboord werd, de basis van het Quartair werd bereikt:
 - o Code \$ niet voorafgegaan door andere Quartaire codes, met andere woorden er komt geen Quartair voor of de dikte van het Quartair is gelijk aan 0.
 - o Code \$ voorafgegaan door andere codes, met andere woorden de dikte van het volledige Quartair is gekend.
- Waarnemingen waar het Quartair niet volledig doorboord werd, de basis van het Quartair werd niet bereikt:
 - o Code \$ niet aangetroffen, andere Quartaire codes wel, met andere woorden de dikte van het Quartair is gedeeltelijk gekend en stelt een minimumwaarde voor de dikte van het Quartair.
- Problematische waarnemingen:
 - o Code \$ niet aangetroffen, andere Quartaire codes wel, maar de diepte waarop de laatste code aangetroffen wordt is kleiner dan de einddiepte van de waarneming.
 - o Code \$ voorafgegaan door andere codes waarbij de einddiepte van het Quartair niet gekend als gevolg van weinig of geen lithologisch onderscheid met het onderliggende substraat.
 - o Code \$ komt lithostratigrafisch gezien niet in de juiste volgorde voor ten opzichte van de andere Quartaire codes, het is te zeggen code \$ komt voor of tussen Quartaire codes voor.

De waarnemingen werden met symbool, kleur en dieptewaarde in kaart gebracht. Hierbij werden de Tertiairwaarnemingen als een lege cirkel afgedrukt en de Quartairwaarnemingen als (kleinere) volle cirkel met de kleuren groen, rood en blauw, respectievelijk voor waarnemingen die de basis van het Quartair bereiken, die in het Quartair stoppen en waarnemingen die problematisch zijn. De dieptewaarde voor de Tertiairwaarnemingen werd rechts onderaan de cirkel weergegeven, die van de Quartairwaarnemingen rechts bovenaan (figuur 12). Zodoende was er steeds een onderlinge controle mogelijk tussen de dieptewaarden afkomstig uit beide karteringen. Bij sterk verschillende waarden werd er in eerste instantie voorrang gegeven aan de interpretatie uit de Quartairkartering, voor zover de omliggende waarnemingen niet het tegendeel aangaven.



Figuur 12: De voorstelling van de waarnemingen uit de Quartair- en Tertiairkartering op een topografische achtergrond.

De kaarten werden ingetekend met isopachen volgens de rekenkundige reeks 0, 1, 3, 6 en 10 voor de kleinere diktes van het Quartair. Hierbij blijft er min of meer een gelijke verdeling van het aantal waarnemingen tussen de isopachen bestaan. Bij hogere diktes wordt er overgegaan op isopachen met een equidistantie van 5 meter, dus 15, 20, 25, 30, 35, enzovoort. Vanaf deze dieptes is er zo'n sterke afname in het aantal waarnemingen dat het gebruik van isopachen met een oplopende equidistantie (ter behoud van een evenredige verdeling aan waarnemingen) weinig zinvol wordt. Door het gebruik van de equidistantie van 5 meter is er een goede aanknoping met de vorige isopachenreeks die eindigde met een dikteverschil van 4 meter. De overgang tussen beide isopachenreeksen is bijgevolg normaal en wordt op kaart niet als een breuk ervaren. Op sommige kaartbladen werd er vanwege de data of als gevolg van lokale maxima en minima in Quartaire dikte gebruik gemaakt van hulplijnen, isopachen van 2, 4, 8, 12.5, 17.5 of 27.5 meter. Het intekenen van de isopachen vertrekt vanuit de diktewaarden bij de puntwaarnemingen en wordt geleid door de geologische kennis vervat in de GIS-onderlegger. Dit laatste is hoofdzakelijk daar het geval waar observaties zeer schaars in aantal zijn.

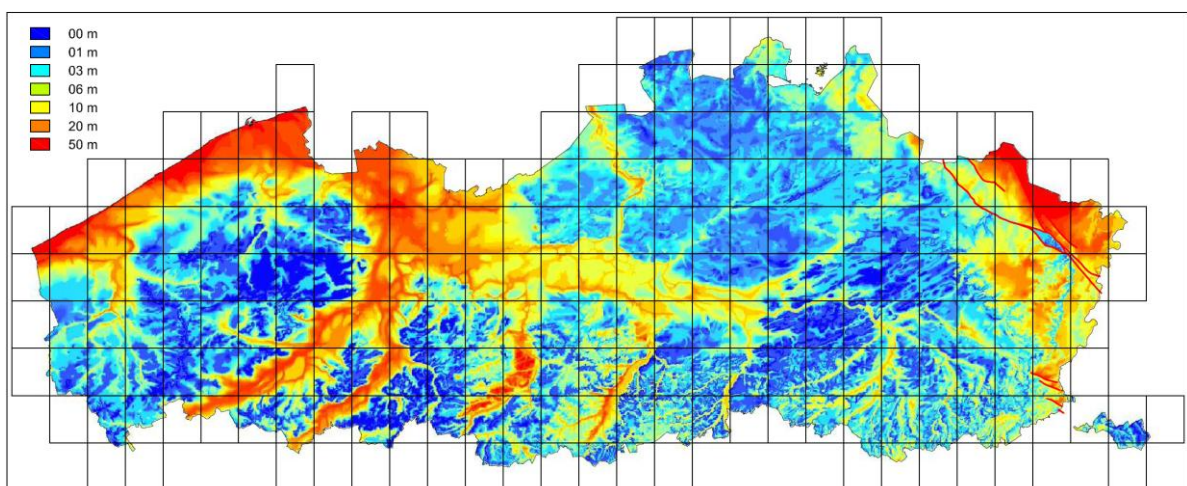


Figuur 13: De isopachen van het Quartair.

Waar de GIS-onderlegger en de puntwaarnemingen elkaar tegenspreken, blijven de puntwaarnemingen primeren. Bijvoorbeeld, in geval de GIS-onderlegger aanwijzingen geeft voor relatief gezien dun Quartair en de puntwaarnemingen daarentegen juist dikke Quartaire sedimenten aantonen, dan wordt er natuurlijk een dik Quartair pakket ingetekend. Dit is meestal het geval bij grote colluviale lobben. Bovenstaande relaties tussen reliëf en Quartair gaan in deze gevallen slechts ten dele op. Bovenstaande figuur 13 geeft de isopachenkaart van het Quartair voor Vlaanderen weer.

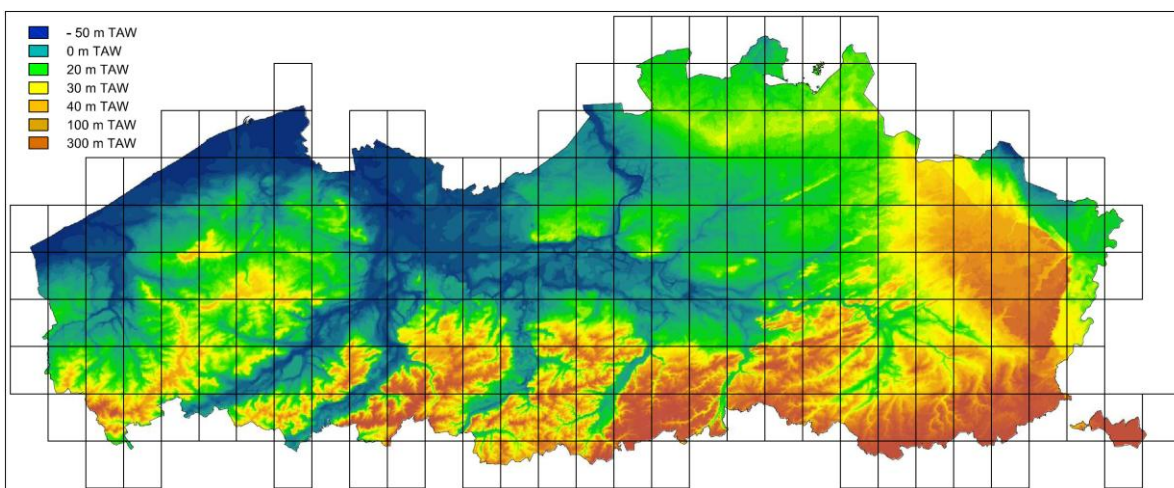
3.4 3D-model voor de basis van het Quartair

Om tot een 3D-model van de basis van het Quartair te komen, moeten er nog een aantal technische bewerkingen uitgevoerd worden met de isopachen van het Quartair. Vooreerst wordt er een 3D-model van de dikte van het Quartair aangemaakt. Hierbij worden de isopachen voorzien van punten, die op regelmatige afstand (25 meter) van elkaar gelegen zijn. Deze punten worden weggeschreven als een ASCII-bestand. Dit laatste bestand stelt een onregelmatige puntwolk voor, die door middel van interpolatie naar een regelmatig raster met een celgrootte van 25 bij 25 meter wordt omgezet.

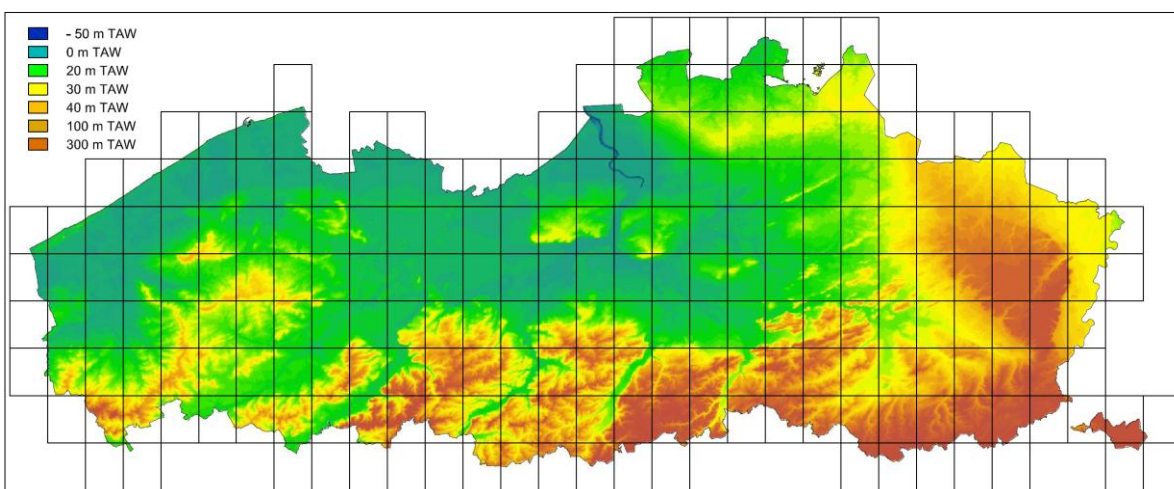


Figuur 14: Het 3D-model van de dikte van het Quartair onder de vorm van een raster.

Zowel de 'kriging', de 'radial basis function', als de 'dgi' methode werd getest bij het interpoleren. Vertrekkend van isolijnen resulteren de eerste 2 methoden geregeld in vervlakkingen (zie Matthijs, 2010), de laatste methode creëert dan weer extreme toppen en dalen, vooral nabij plaatsen waar een sterke diktegradiënt aanwezig is. Uiteindelijk werd de 'kriging' methode gebruikt, maar er wordt nog nagegaan in hoeverre een combinatie van de 3 methoden de negatieve effecten niet zou beperken of zelfs in sommige gevallen zou opheffen. Hierbij zou dan gewoon het rekenkundig gemiddelde van de 3 methoden als eindresultaat genomen worden of zou desnoods aan één of andere methode een groter gewicht kunnen gegeven worden. Eenzelfde redenering zou het DEM-VLAKE in dat opzicht ook nog kunnen verbeteren. Na deze interpolatie dienen nog alle rasterpunten met een waarde kleiner dan 0, de waarde 0 toegekend te worden. Dit rasterbestand beschrijft dan het 3D-model van de dikte van het Quartair (figuur 14). Een volgende bewerking bestaat er in het rekenkundig verschil te maken tussen het DEM-VLAKE (figuur 16) en het diktemodel. Als resultaat wordt dan een rasterbestand met een celgrootte van 25 bij 25 meter bekomen dat het 3D-model van de basis van het Quartair voorstelt. Uit dit rasterbestand wordt dan finaal het rasterbestand met een celgrootte van 100 bij 100m geëxtraheerd (figuur 15).



Figuur 15: Het 3D-model van de basis van het Quartair onder de vorm van een raster.



Figuur 16: Het 3D-model van de topografie onder de vorm van een raster of het DEM-VLAKE.

3.5 De lithostratigrafische grens van het Quartair

In het uiterste noorden van Vlaanderen op de kaartbladen Essen (1), Meerle (2), Arendonk (3), Kapellen (7), Turnhout (8) en Maarle (9) bevinden zich de lithostratigrafische eenheden waarbinnen of waartussen zich de chronostratigrafische overgang tussen het Pliocene en het Pleistoceen voordoet. Met andere woorden hier situeert zich de overgang van het Tertiair naar het Quartair. Klassiek werd het Gelasiaan, een tijd tussen 2.6 en 1.8 miljoen jaar geleden, tot het Pliocene gerekend. Recent (september 2009) evenwel werd de grens tussen het Tertiair en het Quartair ongeveer 800.000 jaar naar onder verschoven (Gibbard, Head & Walker, 2010, Gibbard & Head, 2010). Het Gelasiaan behoort nu tot het Pleistoceen en dus tot het Quartair. Dit geldt bijgevolg ook voor alle lithostratigrafische eenheden afgezet gedurende deze tijd.

Tijdens de Tertiair- en de Quartairkartering werden verschillende chronostratigrafische grenzen en verschillende lithostratigrafische modellen gebruikt. De Quartairkartering heeft getracht de grens van tussen het Quartair en het Tertiair zo laag mogelijk te leggen (naar 2.6 miljoen jaar – gele lijn op figuur 17). Bij de Tertiairkartering werd er in eerste instantie getracht naar de internationaal aanvaarde grens van 1.8 miljoen jaar te streven (blauwe lijn op figuur 17), maar werd er gekozen om de grens aan de basis van de Kleien van de Kempen te leggen (oranje streeplijn op figuur 17). Na protest van en overleg met de Quartairgeologen werd de grens voor de Tertiairkartering uiteindelijk boven de Formatie van Merksplas gelegd (groene lijn op figuur 17). De zandige eenheid tussen de Kleien van de Kempen en de Zanden van Merksplas werd aanvankelijk nog als Formatie X omschreven en gekarteerd, maar werd uiteindelijk toch bij het Quartair gerekend.

CHRONOSTRATIGRAFIE					LITHOSTRATIGRAFIE					
TIJD		TIJDVAK		ETAGE		QUARTAIKKARTERING			TERTIAIRKARTERING	
		Oud	Nieuw	Internationaal	NW Europa					
0.8		Pleistoceen		Vroeg Pleistoceen	Baveliaan	Formatie van Ravels				
	Menapiaan									
	Waallaan									
	Eburoniaan									
1.8		Pleistoceen		Gelasiaan	Tigliaan	Formatie van Weelde	Kempen Klei	Lid van Turnhout	Grens 3D model	
	Lid van Beerse									
	Lid van Rijkvorsel									
					Formatie van Malle	Lid van Vosselaar	Grens Tertiair			
									Lid van Brasschaat	
2.4					Pretigliaan	Formatie van Merksplas	Formatie van Merksplas			
2.6										
		Pliocene		Piacenziaan	Piacenziaan	Formatie van Lillo	Grens Quartair		Formatie van Lillo / Brasschaat / Mol	
3.6				Zandcraan	Zandcraan					

Figuur 17: Schematisch overzicht van de lithostratigrafie gebruikt tijdens beide karteringen.

Tussen beide karteringen is er bijgevolg een zekere overlapping wat lithostratigrafische eenheden betreft. Meer nog, ze gebruiken elk een ander lithostratigrafisch model voor wat de opeenvolging van de verschillende lagen aangaat. Hierbij wordt zelfs eenzelfde

naam (Brasschaat) gebruikt voor lithostratigrafisch 2 verschillende eenheden. Het geheel wordt nog verder bemoeilijkt door het feit dat alle opeenvolgende lithostratigrafische eenheden binnen het overgangsbereik tussen Pliocéen en Pleistoceen lithologisch vrij gelijkaardig zijn (zand) en gebaseerd op boorbeschrijvingen moeilijk van elkaar kunnen onderscheiden worden. Verder ontbreekt bijna elke biostratigrafische informatie op basis van dewelke deze lithostratigrafische eenheden een éénduidige biostratigrafische en chronostratigrafische positie kunnen toegekend worden.

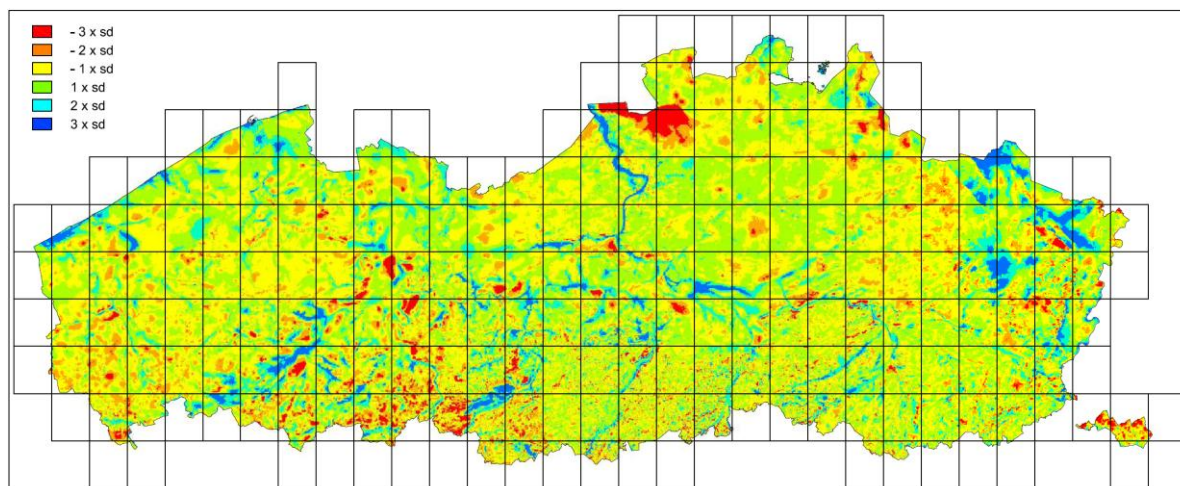
Op zoek naar een éénduidig grensvlak om het 3D-model van het Quartair voor Vlaanderen op die kaartbladen aan te pakken, werd er in eerste instantie gekozen voor de basis van de "Kleien van de Kempen" of de Formatie van Weelde, volgens de Quartaire lithostratigrafische schaal (oranje streeplijn op figuur 17). Dit grensvlak zou duidelijk herkenbaar moeten zijn aangezien het hier gaat om de eerste afzettingen van klei na een lange reeks zandige sedimenten. Deze kleien zijn net als de meeste Tertiaire mariene afzettingen tabulair van vorm. De manier van in kaart brengen en modelleren van dit grensvlak verschilt dan ook volledig van die van de rest van het Quartair. Net als bij de Tertiaire formaties moet er in dit geval gewerkt worden met isohypsen (diepte TAW) in plaats van isopachen (dikte). Na een selectie uit de dbf-tabellen van alle punten waar de Formatie van Weelde aangetroffen werd en een eerste interpolatie tussen deze data, bleek al snel dat de gegevens aan belangrijke controle dienden onderworpen te worden. De dbf-tabellen bleken niet steeds correct ingevuld en in meerdere gevallen waren er problemen met de locatie van de waarnemingen (x-, y- en z-coördinaat). Het weglaten van incorrecte data resulteerde in een belangrijk tekort aan data. Een andere oplossing drong zich op.

Om onder andere problemen met z-coördinaten te omzeilen, werd er terug in termen van isopachen gedacht. Maar isopachen zodanig intekenen, dat het rekenkundig verschil met de topografie resulteert in een tabulair grensvlak, is quasi onmogelijk. Vandaar dat er voor een ander grensvlak gekozen werd, het basisvlak van een Quartaire éénheid of een combinatie van Quartaire eenheden die, net als alle andere Quartaire sedimenten in Vlaanderen, als een dekmantel over het tabulaire substraat ligt. Uiteindelijk werd als grensvlak de combinatie van alle Quartaire éénheden gekozen, die jonger zijn dan de Formatie van Weelde. In tegenstelling tot de Formatie van Weelde gaat het hier om zuiver continentale afzettingen, waarbij er terug een relatie bestaat met het reliëf en het substraat. Zo was het mogelijk dezelfde werkwijze als voor de rest van Vlaanderen te gebruiken. Het is te zeggen, op basis van de waarnemingspunten en geleid door de GIS-onderlegger werden er isopachen getekend. Er dient op gewezen te worden dat, als gevolg van het voorgaande, in het uiterste noorden van Vlaanderen niet de exacte basis van het Quartair (volgens de nieuwe chronostratigrafie) in 3D-model gegoten werd. Het basisvlak dat gemodelleerd werd, is daar jonger en valt per toeval samen met de oude chronostratigrafische grens tussen het Tertiair en het Quartair (blauwe lijn op figuur 17). Volgens de nieuwe chronostratigrafische indeling zou de grens Quartair/Tertiair (rode lijn op figuur 17) ergens ter hoogte van de Formatie van Merksplas gelegen zijn. Het 3D-model stelt bijgevolg de basis van de Quartaire sedimenten voor exclusief de Groep van de Kempen en de Formatie van Merksplas (in termen van lithostratigrafie zoals gebruikt tijdens de Quartairkartering). De Quartaire lithostratigrafische eenheden tussen de oude en de nieuwe chronostratigrafische ondergrens van het Quartair zijn hoofdzakelijk estuarien van oorsprong. Als gevolg daarvan zijn ze, net als de onderliggende Tertiaire mariene afzettingen, eerder tabulair van vorm. Ze zullen dan ook samen met en op gelijkaardige wijze als de Tertiaire lithostratigrafische eenheden gemodelleerd worden.

HOOFDSTUK 4 VERGELIJKING

Bij wijze van test werd het rekenkundig verschil gemaakt tussen het rasterbestand voor het Quartair uit de HCOV-kartering en het rasterbestand aangemaakt in deze studie. Het basisvlak voorgesteld in beide modellen wordt gevormd door de Quartaire sedimenten exclusief de Groep van de Kempen en de Formatie van Merksplas. In de HCOV-kartering gaat het hier om eenheid 0100, zijnde het Quartaire aquifersysteem. De sedimenten van de Groep van de Kempen en van de Formatie van Merksplas worden in eenheid 0200 of het Kempens aquifersysteem ondergebracht. Aangezien beide studies hetzelfde basisvlak behandelen, is een vergelijking verantwoord.

Het gemiddelde verschil tussen beide rasterbestanden bedraagt -0.17 meter. De standaarddeviatie bedraagt 3.90 meter. De maximale verschillen bedragen ongeveer 35 meter zowel in positieve als negatieve zin. Onderstaande figuur geeft de verdeling van het verschil weer in termen van standaarddeviatie. Het meest opvallend is dat het waterloppennetwerk hieruit naar voor komt met een verschil groter dan 2 maal de standaarddeviatie in negatieve zin (blauwe zones). Hetzelfde geldt voor het Kempisch Plateau en de Roerdalslenk. Deze gebieden liggen in het huidige model beduidend lager dan in het HCOV-model. De zones met een verschil groter dan 2 maal de standaarddeviatie in positieve zin zijn minder duidelijk aan topografische of geologische fenomenen te koppelen. Over het algemeen lijken ze wel daar te liggen waar in het nieuwe model op de interfluvia de dikte van het Quartair zeer klein is. Het huidige 3D-model van de basis van het Quartair ligt op deze plaatsen hoger dan het HCOV-model.



Figuur 18: De verdeling van het verschil tussen het nieuwe 3D-model van de basis van het Quartair en het model uit de HCOV-kartering uitgedrukt in standaarddeviatie.

Algemeen kan er gesteld worden dat de reliëfvormen in het nieuwe model van het basisvlak van het Quartair meer geaccentueerd zijn dan in het HCOV-model. Dit mag op zich als zeer positief aanzien worden. Immers, door het gebruik van de isopachenreeksen in vergelijking tot de isopachenkaarten uit de Tertiair- en

Quartairkartering met een equidistantie van 5 en soms zelfs 10 meter, worden grote vervlakkingen voorkomen. Het basisvlak van het Quartair heeft meer detail gekregen. Er kan bijgevolg gesteld worden dat het gewenste resultaat van het homogeniseren van de isopachenkaarten behaald werd.

HOOFDSTUK 5 BESLUIT

Aan de hand van de isopachen van het Quartair werd een 3D-model voor de dikte van de Quartaire afzettingen aangemaakt. Hierbij werd vertokken van de puntwaarnemingen uit DOV horende bij de Tertiair- en Quartairkartering. Omwille van het beperkt aantal waarnemingen in vergelijking tot de variabiliteit van de Quartaire lithostratigrafische opbouw op korte afstand werd er gebruik gemaakt van een GIS-onderlegger, die de relaties weergeeft tussen de dikte van het Quartair enerzijds en de topografie en het substraat anderzijds. Deze GIS-onderlegger zorgt ervoor dat geologisch realistische interpolaties en extrapolaties mogelijk zijn op plaatsen met een gebrek aan data. Door het rekenkundig verschil te maken tussen het DEM-VLAKO (Matthijs, 2010) en het 3D-model van de dikte van het Quartair wordt het 3D-model voor de basis van het Quartair bekomen.

Uit een vergelijking met het reeds bestaande model uit de HCOV-kartering blijkt dat het nieuwe model een meer gedetailleerd en geaccentueerd reliëf voor de basis van het Quartair weergeeft. Dit laatste is belangrijk naar de verdere opbouw van het geologisch 3D lagenmodel toe. Immers, een groter detail in het basisvlak van het Quartair resulteert in een groter detail voor wat betreft de verbreidingsgrenzen van de verschillende onderliggende lithostratigrafische eenheden.

LITERATUURLIJST

Bogemans, F. 2005: *Technisch verslag bij de opmaak van de quartairgeologische overzichtskaart van Vlaanderen*. Opgemaakt in opdracht van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Afdeling Natuurlijke Rijkdommen en Energie.

Gibbard Philip L., Head Martin J. & Walker Michael J. C. 2010: *Formal ratification of the Quaternary System/Period and the Pleistocene Series/Epoch with a base at 2.58 Ma*. Journal of Quaternary Science Volume 25, Issue 2, pages 96–102, February 2010.

Gibbard, P.L. & Head, M.J. 2010: *The newly-ratified definition of the Quaternary System/Period and redefinition of the Pleistocene Series/Epoch, and comparison of proposals advanced prior to formal ratification*. Episodes 33, 00-00 (in press).

Matthijs, J., 2004: *Toelichtingen bij de Quartairgeologische Kaart, deel 41, kaartblad Waremmé*. Studie uitgevoerd door GSC i.o.v. de Vlaamse overheid, Departement LNE, ANRE, GSC-rapport VLA02-4.4.

Matthijs, J., 2008: *Analyse en evaluatie van de bestaande geologische data voor de opbouw van een geologisch 3D-lagenmodel - Opbouw van een geologisch 3D-lagenmodel voor de sedimenten van het Krijt- en pre-Krijt*. Studie uitgevoerd door VITO i.o.v. de Vlaamse overheid, Departement LNE, ALBON, VITO-rapport, 2008/MAT/R/0084.

Matthijs, J., 2010: *Opbouw van een geologisch 3D-lagenmodel: topografie*. Studie uitgevoerd door VITO i.o.v. de Vlaamse overheid, Departement LNE, ALBON, VITO-rapport, 2010/SCT/R/0014.

Matthijs, J., 2010: *The base of the Quaternary in Flanders – geological concepts guiding computer generated 3D modeling*. Schriftenreihe der Deutschen Gesellschaft für Geowissenschaften, 2010, Heft 68, page 377.

Vancampenhout, P., De Ceukelaire M., Duser, M. & Declercq, P. 2007: *Aanpassen van de Hydrogeologische Kartering van de Ondergrond in Vlaanderen (HCOV)*, studie in uitgevoerd in opdracht van AMINAL, Afdeling Water, BGD-rapport WAT/L 2005 S 0007 X, 132p.